

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile
**Dossier de concession d'utilisation du Domaine
Public Maritime en dehors des ports**

CONSULTING

SAFEGE
14 Rue Jules Thirel
Bât A – Bureau 34 – Savanna
97460 SAINT PAUL

Agence de la Réunion

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Île - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safeg.com

Vérification des documents IMP411

Numéro du projet : 18MRU028

Intitulé du projet : Extension du bassin de baignade de Grand Anse à Petite Ile

Intitulé du document : Dossier de concession d'utilisation du DPM en dehors des ports

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
0	Myriam MAHABOT	Maella DREAN		Version initiale
1	Myriam MAHABOT	Sébastien BOUAT		Modifications mineures à la demande du maître d'ouvrage
2	Myriam MAHABOT	Hélène LOUVET		Modifications de l'implantation de la canalisation du talweg

Sommaire

1.....	Préambule.....	7
2.....	Identité du demandeur	9
3.....	Situation, consistance et superficie de l'emprise	10
3.1	Consistance.....	10
3.2	Situation.....	13
4.....	Accidentologie	14
4.1	Identification des sources de danger	14
4.2	Mesures de protection.....	14
5.....	Cartographie du site d'implantation et plans des installations.	15
5.1	Implantation des ouvrages démolis.....	15
5.2	Implantation des ouvrages construits.....	17
6.....	Destination, nature, coût, calendrier des travaux programmés	21
6.1	Destination des ouvrages projetés	21
6.2	Nature des travaux.....	21
7.....	Modalités de maintenance.....	96
7.1	Entretien de l'enrochement	96
7.2	Entretien du poste MNS	96
7.3	L'aménagement hydraulique	96
7.4	La fosse de natation	97
8.....	Etudes d'incidences du projet sur le milieu terrestre et marin .	98
9.....	Modalités de suivi du projet	111
9.1	Suivis du projet	111
9.2	Suivis environnementaux	111
9.3	Suivis règlementaires.....	112

10 ...Nature des opérations en fin de titre ou en fin d'utilisation.... 113

10.1 Nature des opérations après travaux 113

10.2 Nature des opérations en fin d'exploitation..... 113

11 ...Résumé non technique..... 114

11.1 Préambule..... 114

11.2 Identité du demandeur 115

11.3 Situation, consistance et superficie de l'emprise 116

11.4 Accidentologie 117

11.5 Cartographie du site d'implantation 118

11.6 Destination, nature, coût et calendrier des travaux programmés 124

11.7 Etude d'incidences du projet sur le milieu terrestre et marin..... 145

11.8 Modalités de suivi du projet 157

Tables des illustrations

Figure 1: Plan de masse de l'état actuelle de la zone d'étude	11
Figure 2: Plan de masse des futurs aménagements.....	12
Figure 3: Vue panoramique sur le futur talus végétalisé au pied du local de surveillance	22
Figure 4: Plan d'implantation général du local de surveillance.....	23
Figure 5: Vues de détails de l'organisation du poste de surveillance	24
Figure 6: Clichés des boudins cocos et enrochements libres dans le cadre du chantier de l'arrière-plage.....	26
Figure 7: Coupe de principe des fascines en boudins cocos	27
Figure 8: Vues en perspectives du local de surveillance.	28
Figure 9: Plan de masse de la protection en enrochement.....	41
Figure 10 : Vue en plan de la digue.....	43
Figure 11 : Détail d'un pied sur fond rocheux (source : Rock Manuel §6.3.4.1)	45
Figure 12 : Coupe type de la digue – Tronçon de retour.....	46
Figure 13 : Coupe type de la digue – Tronçon Principal	46
Figure 14: Vue depuis le Piton de Grande Anse sur le futur bassin de baignade.....	47
Figure 15 – Vue en plan + coupe de la fosse d'apprentissage	48
Figure 16: Représentation schématique de l'aménagement des différentes zones d'activités dans le bassin de baignade	49
Figure 17: Profil topographique de la plage à l'endroit du muret.....	51
Figure 18: Vue depuis l'arrière-plage sur le cheminement d'accès au local de surveillance.....	52
Figure 19: Photographie du muret au droit du bassin de baignade.....	53
Figure 20: Vue du ponceau sur la petite ravine	54
Figure 21: Profil en long de la petite ravine et de la plage	54
Figure 22: Schéma d'implantation de la canalisation sous la plage et le bassin	55
Figure 23: Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique.....	56
Figure 24: Localisation du bassin versant	56
Figure 25 : Graphiques des vitesses et débits d'écoulement nécessaires au maintien de la capacité d'auto-curage de la canalisation	59
Figure 26 : Localisation des stations de sortie des modèles de vagues ERM-WW3 (Actimar) et MARC IFREMER exploitées dans le cadre de l'étude. Fonds de plan : carte SHOM 7328 ; orthophotographie IGN géoportail.	60
Figure 27 : Sorties du modèle de vagues ERM-WW3 d'Actimar exploitées sur la période 2000-2014 : (a) Séries temporelles de hauteur significative de vagues (H_s en m), période de pic (T_p en s), direction moyenne (Dir_m en °N), les couleurs faisant références aux différents percentiles pour chaque variable ; (b) Analyse directionnelle (en fonction de Dir_m et Dir_p) des H_s et T_p ; (c) et (d) roses des hauteurs de vagues en fonction des directions moyenne et de pic, respectivement.	61
Figure 28 : Images Google Earth exploitées entre 2015 et 2021, et conditions de vagues (H_s , T_p) et de niveaux d'eau déterminées en évaluant l'heure de chaque prise de vue à partir de l'orientation des ombres à terre. Les événements entourés en noir ont été simulés avec le modèle SWASH.	63
Figure 29 : Localisation du profil de modélisation SWASH 1D pour la configuration existante du bassin.	64
Figure 30 : Modèle 1DH SWASH mis en place sur la configuration existante du bassin, avec sa bathymétrie (en m NGR), et la rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de la digue en enrochement sur les franchissements par paquets de mer.	65
Figure 31 : Exemple de résultats du modèle SWASH obtenus pour la configuration existante du bassin, avec un H_s de 2.14 m, une période T_p de 15.4 s et un niveau d'eau de +0.11 m NGR, correspondant aux conditions du 15/08/2019. Le figure du haut permet de visualiser la surface libre au début et à la fin de la simulation d'une heure, et ainsi le remplissage du bassin induit par les franchissements par paquets de mer. La figure du bas présente les séries temporelles des débits instantanés et cumulés au niveau de l'arase, orientés en direction du bassin. Le débit franchissant moyen et les vitesses moyenne et maximale des lames d'eau franchissantes sont indiqués dans le titre.	66
Figure 32 : Facteurs d'atténuation des hauteurs de vagues entre le large ($H_{m0,off}$) et le pied d'ouvrage ($H_{m0,toe}$) obtenus pour les différentes conditions hydrodynamiques (i.e. combinaisons ($H_{m0,off}$, Niveau d'eau)) simulées avec le modèle SWASH.	67
Figure 33 : Comparaison des débits franchissants (Q en l/m/s) estimés à partir de la modélisation SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop pour les différentes images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021. Les conditions hydrodynamiques (H_s , T_p , Niveau d'eau) associées sont également représentées.	68
Figure 34 : Comparaison des débits franchissants (Q en l/m/s) estimés à partir de la modélisation SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop pour les différentes images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021. Les débits franchissants sont ici représentés en fonction de la revanche relative R_c/H_{m0} (représentation classique).69	

Figure 35 : Débits franchissants et vitesses maximales des lames d'eau au niveau de l'arase pour les 22 dates simulées avec le modèle SWASH.....	70
Figure 36 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (Hs et Tp extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées. Les périodes représentées en rouge sont associées à des débits franchissants supérieurs au seuil sécuritaire de 10 l/m/s.	71
Figure 37 : Débits franchissants supérieurs au seuil sécuritaire de 10 l/m/s (Q en l/m/s), calculés à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021, représentés dans un diagramme (Hs, Niveau d'eau). Les traits pointillés verticaux et horizontaux donnent des indications sur les niveaux d'eau de référence et les percentiles de vagues (Hs) associés, respectivement.	72
Figure 38 : Projet d'extension retenu pour bassin de baignade et coupe-type sélectionnée (P06) pour la mise en place du modèle 1DH SWASDH.....	73
Figure 39 : Modèle 1DH SWASH mis en place pour le projet d'extension retenu pour le bassin de Grande-Anse, avec une configuration d'ouvrage caractérisée par une arase de 6 m de large à la cote +1.1 m NGR : localisation du profil, bathymétrie (en m par rapport au niveau moyen, i.e. -0.044 m NGR), et rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de la digue en enrochement sur les franchissements par paquets de mer.	73
Figure 40 : Synthèse des débits franchissants obtenus avec le modèle 1DH SWASH pour la configuration projetée retenue, représentés en fonction de la revanche relative Rc/Hm0, du niveau d'eau et des hauteurs de vagues incidentes, ou de la vitesse maximale des lames d'eau franchissantes au niveau de l'arase (graphes du haut et en bas à droite). En bas à gauche : superposition des débits franchissants SWASH et de la relation exponentielle ajustée à partir de ces derniers en fonction de la revanche relative.	74
Figure 41 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH sur la période 2017-2021 pour la configuration projetée retenue. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (Hs extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées.	75
Figure 42 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s), réalisé à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH, présenté sur une période caractérisée par des hauteurs de vagues moyennes (Hs proches du percentile 50), pour la configuration projetée retenue. Sur les 2 graphes du bas, les volumes franchissants sont intégrés entre 2 basses mers successives sur l'ensemble du linéaire de l'ouvrage directement exposé à la houle (en m³/12h), et ces volumes sont mis en regard avec le volume du bassin (trait violet). Note : % vol. bassin = (volume franchissant / volume bassin)×100.	75
Figure 43 : Conditions des circulation littorales (courants en m/s) sur le site du bassin de Grande-Anse pour différentes conditions de vagues incidentes.....	78
Figure 44 – Zones potentiellement disponibles à proximité du site des travaux.....	81
Figure 45 – Cheminement d'accès à la zone des travaux	82
Figure 46 – Pistes d'accès aux zones d'intervention	83
Figure 47 – Exemple de réalisation de digue à l'avancement.....	85
Figure 48 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport	85
Figure 49 – Principe de l'exutoire de la canalisation.....	88
Figure 50 – Déroctage pour fosse d'apprentissage	90
Figure 51 – Embouchure actuelle du talweg.....	91
Figure 52 – Travaux de fonçage de la canalisation	91
Figure 53 – Muret à démolir	92
Figure 54: Planning prévisionnel	95
Figure 55 : Exemple de dragage hydraulique en situation de faible tirant d'eau dans le port de Saint Leu	97
Figure 212: Vues en perspectives du local de surveillance.	125
Figure 213: Vue panoramique sur le futur talus végétalisé au pied du local de surveillance	126
Figure 214: Plan d'implantation général du local du surveillance.....	127
Figure 215: Vues de détails de l'organisation du poste de surveillance	128
Figure 216 : Coupe type de la digue – Tronçon de retour.....	130
Figure 217 : Coupe type de la digue – Tronçon Principal	130
Figure 218: Plan de masse de la protection en enrochement.....	131
Figure 219: Vue depuis le Piton de Grande Anse sur le futur bassin de baignade	132
Figure 220 – Vue en plan + coupe de la fosse d'apprentissage.....	133
Figure 221: Photographie du muret au droit du bassin de baignade.	134
Figure 222: Vue du ponceau sur la petite ravine	134
Figure 223: Schéma d'implantation de la canalisation sous la plage et le bassin.....	135
Figure 224: Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique.....	135
Figure 225 – Zones potentiellement disponibles à proximité du site des travaux.....	136
Figure 226 – Exemple de réalisation de digue à l'avancement	137
Figure 227 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport	138

Figure 228 – Déroctage pour fosse d'apprentissage	139
Figure 229 – Travaux de fonçage de la canalisation	139
Figure 230 : Exemple de dragage hydraulique en situation de faible tirant d'eau dans le port de Saint Leu.....	141
Figure 231: Planning prévisionnel	143

Table des tableaux

Tableau 1: Annexe III de la circulaire du 20 janvier 2012-modalités de gestion du Domaine Public Maritime naturel	7
Tableau 2 : Identité du demandeur.....	9
Tableau 3 : Volume d'eaux usées produit	31
Tableau 4 : Synthèse du système d'assainissement autonome.....	35
Tableau 5 : Hauteur de la houle H_s considérée pour les périodes de retour du projet.....	43
Tableau 6 : Caractéristiques de l'ouvrage	43
Tableau 7 : Profil en long de l'ouvrage hydraulique	55
Tableau 8: Données hydrologiques du bassin versant de Petite Ravine.....	57
Tableau 9: Note de calcul de perte de charge dans la canalisation d'évacuation de la ravine	58
Tableau 10: Conditions de vagues retenues pour les simulations numériques.	61
Tableau 11 : Niveaux d'eau de référence (RAM, 2020) à Saint-Pierre, qui seront notamment utilisés dans les simulations numériques.....	62
Tableau 12 : Extrait des comparaisons des débits franchissants obtenus avec le modèle SWASH et avec l'outil Eurotop (classés par ordre décroissant d'intensité) associés aux différentes images Google Earth, et caractérisation des conditions de baignade en fonction du niveau d'agitation observé dans le bassin et des valeurs de débit calculées.	69
Tableau 13 : Volumes franchissants V_{fr} (en m^3/m), Volume tidal (V_{tidal}) et <i>in fine</i> des rapports $V_{bassin}/(V_{tidal}+V_{fr})$ du projet d'extension du bassin.....	76
Tableau 14 : Comparaison des temps nécessaires au renouvellement de 50%, 80%, et 98% des eaux du bassin entre l'ancien et le nouveau projet d'extension du bassin.	79
Tableau 15: Synthèse des effets du projet sur le milieu terrestre et marin et des mesures associées	99
Tableau 1 : Identité du demandeur.....	115
Tableau 50 : Caractéristiques de l'ouvrage	130
Tableau 51 : Comparaison des temps nécessaires au renouvellement de 50%, 80%, et 98% des eaux du bassin entre l'ancien et le nouveau projet d'extension du bassin.	136
Tableau 17: Synthèse des effets du projet sur le milieu terrestre et marin et des mesures associées	146

Table des annexes

Annexe : Etude d'impact

1 PREAMBULE

La création de zones de loisirs structurées autour de bassins de baignade est une orientation prioritaire pour l'attractivité touristique de l'île de la Réunion (décision prise en 2013 par le Comité d'Orientations Stratégiques du Tourisme - COST, associant l'État, le Département de la Réunion et la Région Réunion).

Dans le cadre de la mise en œuvre d'une offre de baignade sécurisée, la Commune de Petite-Ile s'est positionnée avec le site touristique exceptionnel de Grande Anse, à très fort potentiel, réputé notamment pour son bassin de baignade. Actuellement, la baignade dans le bassin n'est pas autorisée du fait de l'absence de structure permettant la surveillance.

Le projet de la commune, qui consiste à étendre et à rénover le bassin de baignade existant et à créer un poste de surveillance de la baignade, constitue un équipement d'intérêt général nécessaire à la sécurité des populations en raison du risque requin, et participe à la préservation des espaces et des milieux.

Le programme des études et des travaux pour l'extension du bassin de baignade a été approuvé lors du conseil municipal du 19 septembre 2017.

L'objet de la présente demande est l'autorisation d'occupation du Domaine Public Maritime (DPM) pour une durée de 30 ans, soit jusqu'en 2050, conformément à l'article R2124-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

Le cadre réglementaire régissant la demande de concession du DPM est composé des éléments suivants :

- Articles L. 2124-3 et R. 2124.1 à 2124-12 du code général de la propriété des personnes publiques définissant les modalités d'utilisation et les concessions d'utilisation du Domaine Public Maritime.
- S'il y a lieu de fournir une étude d'impact : Articles L122-1 à L122-3-5 et R.122-1 à R.122-16 du code de l'environnement définissant le contenu et les modalités d'application de l'étude d'impact ;
- La circulaire du 20 janvier 2012 relative à la gestion durable et intégrée du Domaine Public Maritime naturel.

Tableau 1: Annexe III de la circulaire du 20 janvier 2012-modalités de gestion du Domaine Public Maritime naturel

Nature de l'ouvrage	Pétitionnaire	Titre	Dans quel cas appliquer	Durée
Eoliennes off-shore Câbles sous-marins Emissaires en mer, canalisations, prises d'eau et rejets Travaux de défense contre la mer (digues, perrés, enrochements, épis, brise-lames...) Cales publiques Récifs artificiels	Collectivités et leurs groupements Personnes privées si intérêt général	Concession d'utilisation du DPM en dehors des ports (Art L2124-3 et R. 2124-1 à 2124-12 du CGPPP)	Installations ou travaux affectés à l'usage du public, à un service public ou une opération d'intérêt général (au sens d'intérêt collectif).	30 ans maximum renouvelable

L'article R.2124-1 du CG3P précise que *"Pour l'application des dispositions de l'article L. 2124-3, les dépendances du domaine public maritime situées hors des limites administratives des ports peuvent faire l'objet de concessions d'utilisation en vue de leur affectation à l'usage du public, à un service public ou à une opération d'intérêt général ».*

Les aménagements faisant l'objet de cette demande concernent :

- L'aménagement du bassin de baignade comprenant : la pose d'une protection en enrochement pour l'extension du bassin, le creusement d'une fosse d'apprentissage dans l'emprise du bassin;
- l'aménagement d'une canalisation pour la dérivation du rejet des eaux pluviales d'un talweg en mer, hors emprise du bassin de baignade ;
- l'aménagement d'un poste de surveillance la baignade en haut de plage.

Une demande de Déclaration d'Utilité Publique a été soumise en parallèle de la présente demande.

2 IDENTITE DU DEMANDEUR

La présente demande est établie par la Commune de la Petite-Ile.

Tableau 2 : Identité du demandeur

Maitre d'Ouvrage	Commune de Petite-Ile
Représentant	Mr HOAREAU Serge (maire en exercice)
Forme juridique	Collectivité territoriale
Numéro SIRET :	219 740 057 00019
Adresse	192, rue Mahé de Labourdonnais 97429 Petite-Ile
N° de téléphone	02 62 56 79 79
Logo	

3 SITUATION, CONSISTANCE ET SUPERFICIE DE L'EMPRISE

3.1 Consistance

Le projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse comporte les différents aménagements suivants :

- Sur la partie terrestre :
 - Un local de surveillance de la baignade sera construit en haut de plage avec une partie réservée aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR) ;
 - Le mur de soutènement du belvédère sera en partie détruit et remplacé par un talus végétalisé ;
 - L'accès au bassin est actuellement perturbé par la présence d'un muret au niveau de l'estran, rendant le cheminement glissant et parfois dangereux. Il sera démoli lors des travaux afin d'en faciliter l'accès ;
 - L'exutoire d'un talweg débouchant directement sur la plage au droit du bassin de baignade, et pouvant potentiellement être une source de dégradation de la qualité des eaux de baignades en cas d'écoulement, sera redirigé directement en mer par l'aménagement d'une canalisation sous la plage et sous le bassin;
- Sur la partie maritime :
 - La protection en enrochements délimitant le bassin sera renforcée et étendue vers l'ouest. Ainsi, la capacité d'accueil du bassin sera quasiment doublée pour atteindre une surface de 6400 m² ;
 - ▷ Une zone d'apprentissage à la baignade sera creusée dans le bassin d'une surface de 650m² environ et de profondeur variant de 0,00 à 1,50m ;
 - ▷ La canalisation permettant de diriger l'écoulement du talweg sera implantée sous le bassin et un exutoire sera créé côté mer de la protection en enrochement du bassin de baignade.

En considérant la limite du DPM retenue par les services instructeur il apparait que seuls les aménagements projetés suivants se situeront sur le DPM (cf. Annexe1):

- Une partie de la terrasse du poste MNS (le reste étant hors DPM) ;
- Une partie du talus reconstitué au pied du poste MNS en boudins coco et enrochements libres ;
- Une partie de la canalisation pour la dérivation des eaux pluviales du talweg ;
- Le bassin de baignade, y compris les ouvrages de protection et aménagements divers à l'intérieur (fosse d'apprentissage de la natation, îlots en enrochement côté bassin).

Les coordonnées géographiques réelles seront transmises après pose des ouvrages.

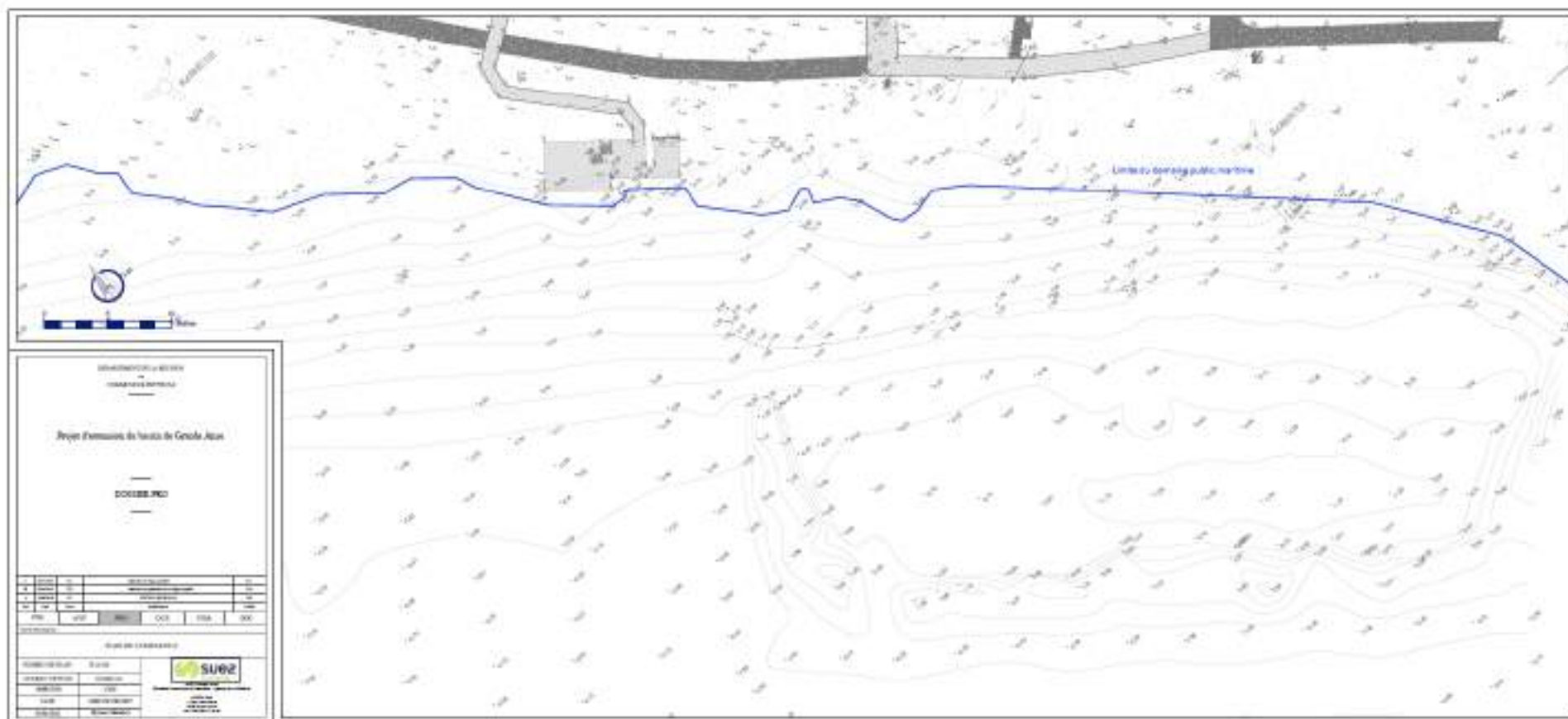


Figure 1: Plan de masse de l'état actuelle de la zone d'étude

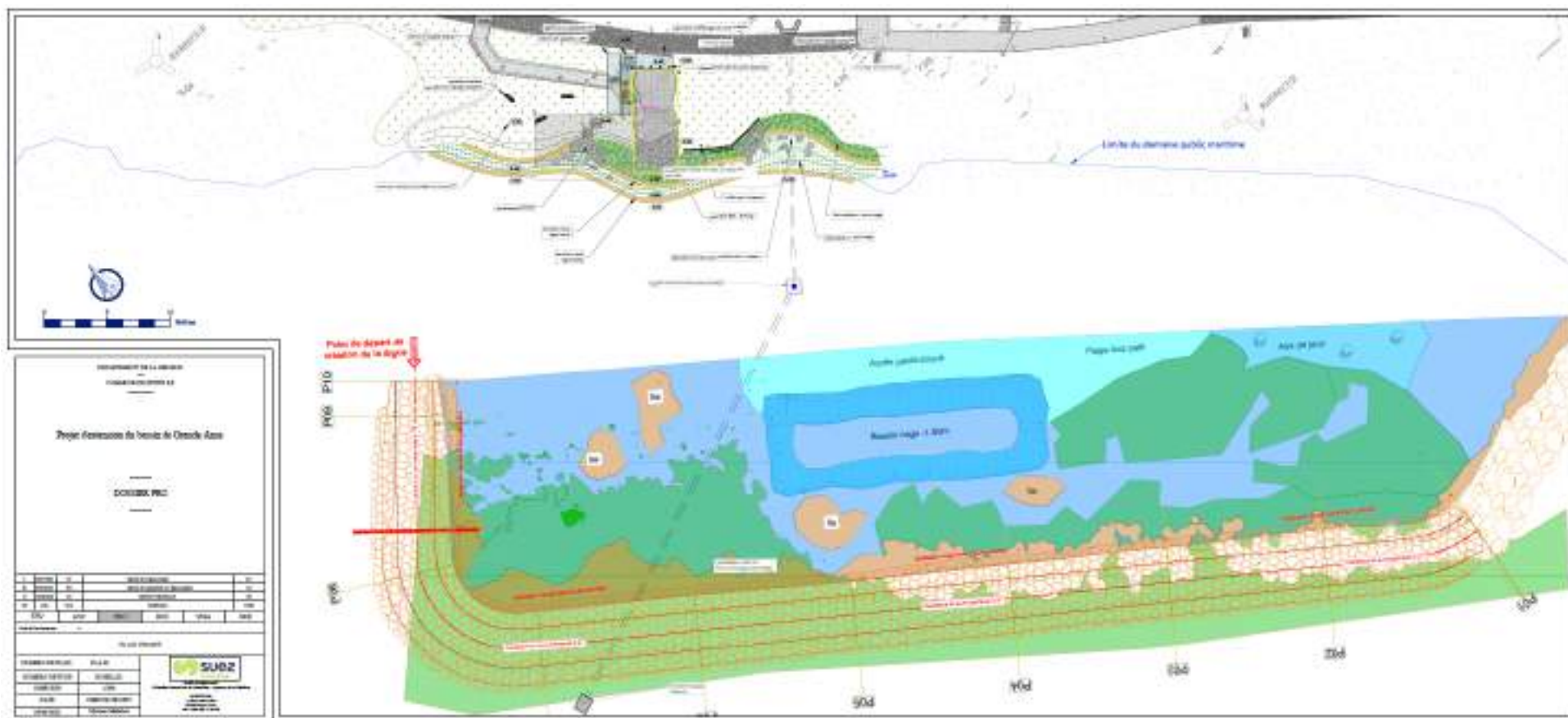


Figure 2: Plan de masse des futurs aménagements

3.2 Situation

L'emprise du domaine public maritime concernée par la demande correspond à une superficie totale d'occupation de 9603 m². Elle comprend :

- le bassin de baignade, y compris les ouvrages de protection et aménagements divers à l'intérieur, pour une superficie de 8645 m² (2 245 m² de digues + 6 400 m² de zone de baignade y compris 650 m² pour la fosse de natation) ;
- une section de la canalisation de dérivation des eaux pluviales sous la plage, y compris une largeur permettant la maintenance de celle-ci pour une superficie de 376 m² ;
- une partie de la terrasse du poste de surveillance de la baignade pour une superficie de 12 m² ;
- une partie des aménagements (boudins cocos) pour la réaménagement du haut de plage au droit du poste MNS de 247 m².

Le paragraphe a également été complété par les emprises occupées en phases travaux.

En phase travaux, l'emprise du domaine public maritime concernée par la demande correspond à une superficie totale d'occupation de 19 300 m². Elle correspond à la zone balisée interdite au public pour la réalisation du chantier et comprend :

- la superficie du domaine public maritime citée précédemment ;
- les voies d'accès au chantier et l'emprise supplémentaire nécessaires à la réalisation des travaux autour des aménagements.

Les aires d'installation de chantier ne seront pas situées sur le DPM. Elles seront localisées préférentiellement sur les emplacements libres disponibles le long de la voie d'accès à la Salle des Fêtes et à la route Départementale.

4 ACCIDENTOLOGIE

4.1 Identification des sources de danger

En dehors des sources de dangers liés à la conception ou au fonctionnement, les principales sources de danger identifiées pour les ouvrages sont :

- Déstabilisation de la protection en enrochement par la houle
- Déstabilisation du poste MNS et de la canalisation du talweg par des déplacements de sable
- Submersion du poste MNS par la houle

4.2 Mesures de protection

La protection en enrochement est dimensionnée pour une houle centennale. L'ouvrage sera stable pour des événements de période de retour inférieur.

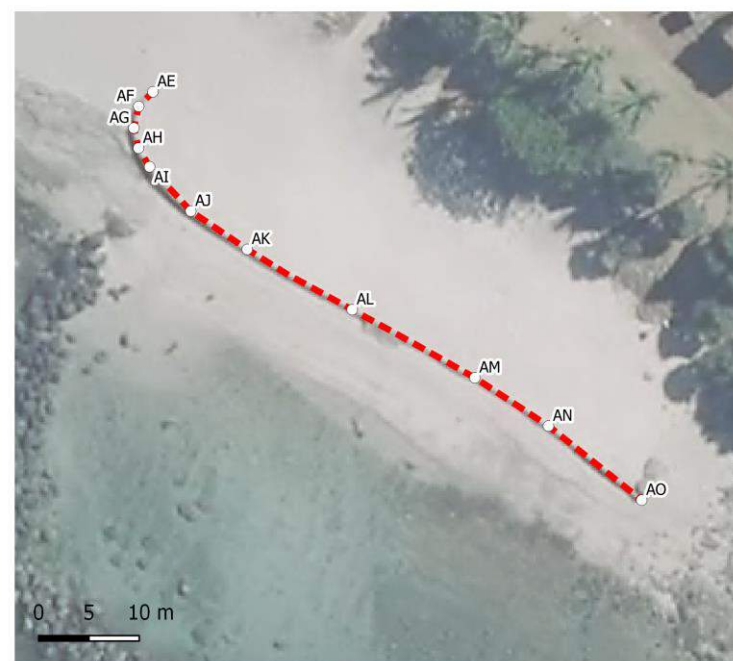
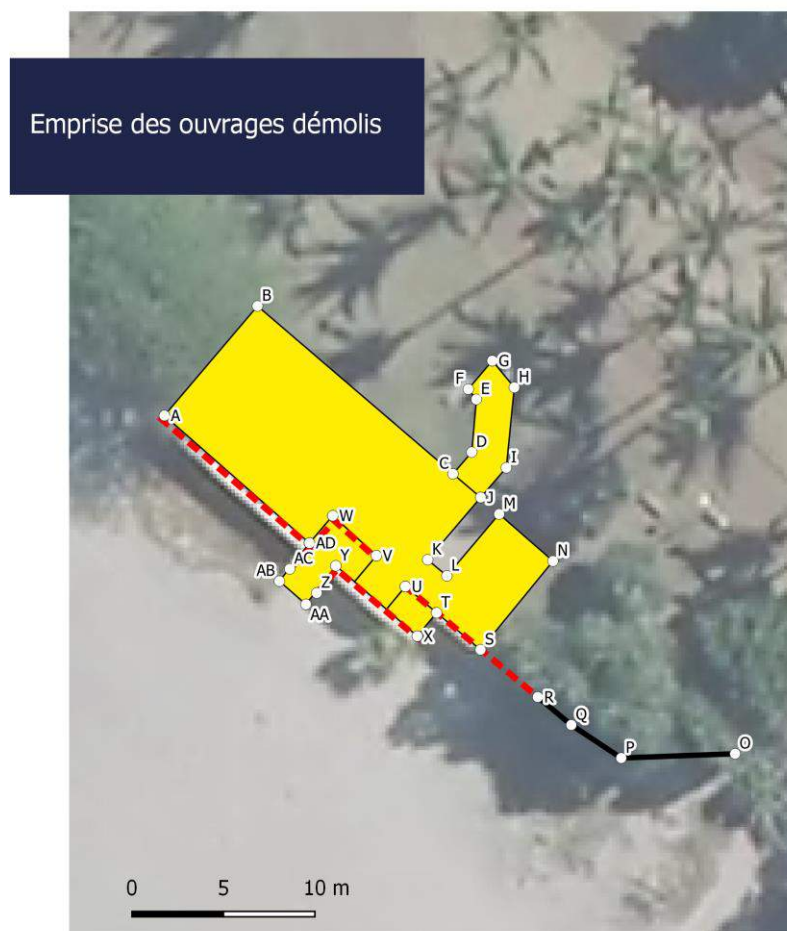
Le talus en avant du poste MNS sera conforté par des boudins cocos et végétalisé afin de reconstituer un stock sédimentaire qui protégera l'ouvrage en cas d'atteinte de cette zone par la houle. De plus, le poste MNS étant conçu sur pilotis, l'ouvrage est surélevé par rapport à la plage, ce qui limite l'atteinte du bâtiment en cas de submersion marine.

5 CARTOGRAPHIE DU SITE D'IMPLANTATION ET PLANS DES INSTALLATIONS

5.1 Implantation des ouvrages démolis

Désignation	Points	Coordonnées RGR92 UTM40S	
		X	Y
Esplanade démolie	A	349456.913	7636290.21
	B	349462.002	7636296.17
	C	349472.69	7636287.03
	D	349473.714	7636288.21
	E	349473.97	7636291.09
	F	349473.526	7636291.65
	G	349474.836	7636293.19
	H	349476.041	7636291.74
	I	349475.605	7636287.37
	J	349474.204	7636285.75
	K	349471.305	7636282.36
	L	349472.356	7636281.48
	M	349475.214	7636284.85
	N	349478.158	7636282.29
	S	349474.194	7636277.46
	T	349471.792	7636279.47
	X	349470.737	7636278.2
	Y	349466.281	7636282.03
	AA	349464.649	7636279.93
	AB	349463.197	7636281.19
	AD	349464.844	7636283.27
Mur de soutènement conservé	O	349488.112	7636271.8
	P	349481.888	7636271.57
	Q	349479.159	7636273.37
	R	349477.323	7636274.89
Mur de soutènement démolì	R	349477.323	7636274.89
	U	349470.084	7636280.9
	X	349470.737	7636278.2
	Y	349466.281	7636282.03
	Z	349465.242	7636280.55
	V	349468.5	7636282.58
	W	349466.12	7636284.76
	AC	349463.765	7636281.86
	AD	349464.844	7636283.27
	A	349456.913	7636290.21

Dossier de concession d'utilisation du **Domaine Public Maritime en dehors des ports**
Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile



Fond image: IGN BD ORTHO 2008

- Mur démolit
- Mur conservé
- Esplanade démolie



EXTENSION DU BASSIN DE BAINADE DE GRANDE ANSE
 DEMANDE DE CONCESSION D'UTILISATION DU DPM EN DEHORS DES PORTS

18MRU028
 07/02/2020



5.2 Implantation des ouvrages construits

Les coordonnées géographiques des fuseaux d'implantation des ouvrages sont fournies à titre indicatif sur les figures et dans le tableau suivant. Les coordonnées géographiques réelles seront transmises après réalisation des ouvrages.

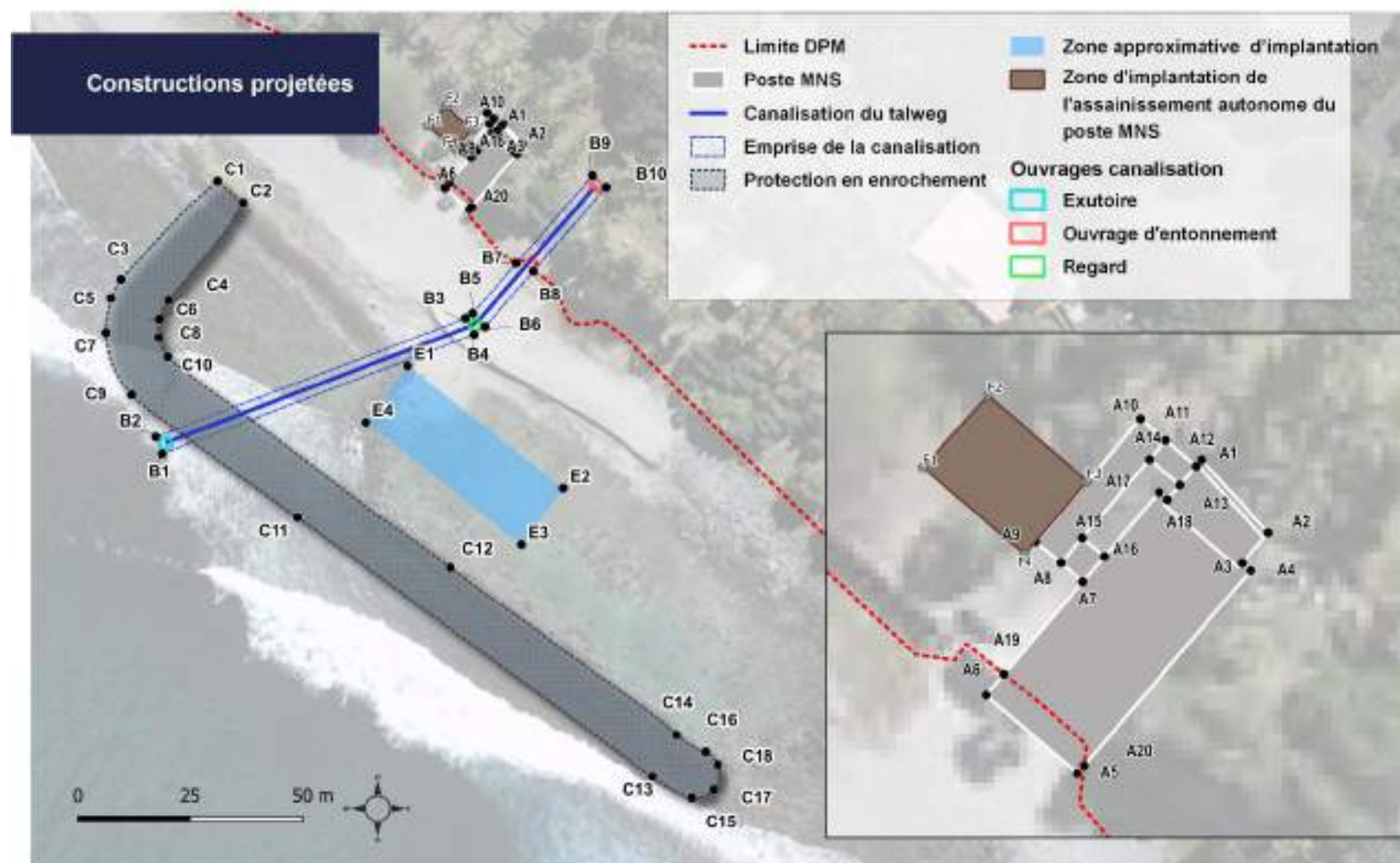
Désignation	Points	Coordonnées RGR92 UTM40S	
		X	Y
Poste MNS	A1	349480.6	7636293.12
	A2	349484.64	7636288.68
	A3	349483.057	7636286.84
	A4	349483.582	7636286.39
	A5	349473.073	7636274.08
	A6	349467.522	7636278.83
	A7	349473.399	7636285.71
	A8	349472.067	7636286.85
	A9	349470.543	7636288.15
	A10	349476.895	7636295.59
	A11	349478.419	7636294.29
	A12	349480.26	7636292.72
	A13	349479.285	7636291.58
	A14	349477.44	7636293.13
	A15	349473.366	7636288.37
	A16	349474.699	7636287.24
	A17	349478.02	7636291.13
	A18	349478.53	7636290.69
Canalisation du talweg	B1	349490.091	7636272.996
	B2	349495.859	7636267.731
	B3	349492.508	7636266.468
	B4	349475.472	7636246.420
	B5	349406.569	7636220.070
	B6	349403.047	7636218.648
	B7	349401.359	7636223.069
	B8	349404.922	7636224.375
	B9	349472.327	7636250.178
	B10	349489.159	7636269.321
Protection en enrochement	C1	349416.862	7636280.321
	C2	349422.632	7636275.561
	C3	349395.367	7636258.468
	C4	349405.997	7636253.864
	C5	349393.167	7636254.268

	C6	349403.977	7636249.617
	C7	349392.078	7636246.613
	C8	349403.832	7636245.561
	C9	349397.689	7636232.79
	C10	349405.823	7636241.22
	C11	349434.693	7636205.468
	C12	349468.706	7636194.283
	C13	349513.729	7636147.775
	C14	349519.115	7636157.031
	C15	349522.562	7636143.006
	C16	349525.587	7636153.238
	C17	349527.417	7636144.805
	C18	349528.318	7636150.425
Fosse D'apprentissage De la baignade	E1	349459.217	7636239.184
	E2	349493.89	7636211.96
	E3	349484.588	7636199.428
	E4	349449.915	7636226.652
Assainissement autonome du poste MNS	F1	349463.678	7636292.646
	F2	349467.644	7636297.029
	F3	349473.664	7636291.805
	F4	349469.868	7636287.376

Dossier de concession d'utilisation du **Domaine Public Maritime en dehors des ports**
Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile



Sources: IGALCO-ONTHO.2017 / IGNAL DPM.2021



Source: IGN BD Carthage 2017 / DEAL DPM 2021

6 DESTINATION, NATURE, COUT, CALENDRIER DES TRAVAUX PROGRAMMES

6.1 Destination des ouvrages projetés

L'ensemble des ouvrages faisant l'objet de cette demande de concession concerne la réhabilitation et l'extension du bassin de baignade de Grande Anse passant d'une superficie de 3500m² à 6400 m².

La mise en service du bassin de baignade nécessite la création d'un poste MNS sur la plage qui sera situé à l'emplacement du belvédère permettant une position centrale et surélevée pour une bonne visibilité sur le bassin.

L'aménagement hydraulique du talweg est destiné à canaliser les eaux pluviales sous la plage et le bassin pour un rejet en mer hors emprise de la zone de baignade et éviter ainsi le risque de pollution des eaux de baignades.

Ces travaux sont portés par le maître d'ouvrage qui est la Mairie de Petite-Ile.

6.2 Nature des travaux

6.2.1 Description technique du projet

6.2.1.1 Présentation générale du projet

Le projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse comporte les différents aménagements suivants :

- Sur la partie terrestre :
 - Un local de surveillance de la baignade sera construit en haut de plage avec une partie réservée aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR) ;
 - Le mur de soutènement du belvédère sera en partie détruit et remplacé par un talus végétalisé ;
 - L'accès au bassin est actuellement perturbé par la présence d'un muret au niveau de l'estran, rendant le cheminement glissant et parfois dangereux. Il sera démoli lors des travaux afin d'en faciliter l'accès ;
 - L'exutoire d'un talweg débouchant directement sur la plage au droit du bassin de baignade, et pouvant potentiellement être une source de dégradation de la qualité des eaux de baignades en cas d'écoulement, sera redirigé directement en mer par l'aménagement d'une canalisation sous la plage et sous le bassin;
- Sur la partie maritime :
 - La protection en enrochements délimitant le bassin sera renforcée et étendue vers l'ouest pour atteindre un linéaire final de 170ml. Ainsi, la capacité d'accueil du bassin sera quasiment doublée pour atteindre une surface de 6400 m² ;
 - Une zone d'apprentissage à la baignade sera creusée dans le bassin d'une surface de 650m² environ et de profondeur variant de 0,00 à 1,50m ;

- La canalisation permettant de diriger l'écoulement du talweg sera implantée sous le bassin et un exutoire sera créé côté mer de la protection en enrochement du bassin de baignade.

6.2.1.2 Le local de surveillance de la baignade

Le local de surveillance sera aménagé sur l'actuel emplacement du belvédère afin de permettre une bonne visibilité sur l'ensemble de l'emprise du futur bassin de baignade pour les MNS (Figure 3 et Figure 4).

Le haut de plage sera modifié pour accueillir le local. En effet, le mur de soutènement du belvédère sera démoli à hauteur du sable, la base du mur enfoui sera conserver pour stabiliser le talus.

Le poste MNS sera réhaussé de 50cm par rapport au terrain naturel (TN). Dans le cadre de la conception, des études géotechniques G1 ES/PGC ET G2 AVP (2019) ont été réalisées. Elles préconisent de mettre en place les fondations de l'ouvrage dans le grès de plage. Les fondations seront dimensionnées par rapport à la cote de plancher finale de l'ouvrage.

Ainsi le poste MNS ne sera pas « posé » sur le talus en remblai qui sera réalisé, mais fondé dans un substratum induré, en place et stable.

Des boudins cocos seront installés pour recréer un talus végétalisé en avant du local de surveillance. Cette technique de génie végétal vise la protection du trait de côte et la reformation des peuplements de patates à Durand et de manioc bord de mer pour assurer la circulation du gecko vert de Manapany.

La partie du mur se situant au niveau du cordon de vacoa sera en revanche conservée afin d'assurer la stabilité du talus et préserver cette végétation qui abrite une espèce à fort enjeux écologique (le Gecko vert de Manapany).

D'un point de vue conception, le local de surveillance se divisera en 2 espaces principaux : le local principal destiné aux MNS et des locaux handiplage (Figure 5).



Figure 3: Vue panoramique sur le futur talus végétalisé au pied du local de surveillance



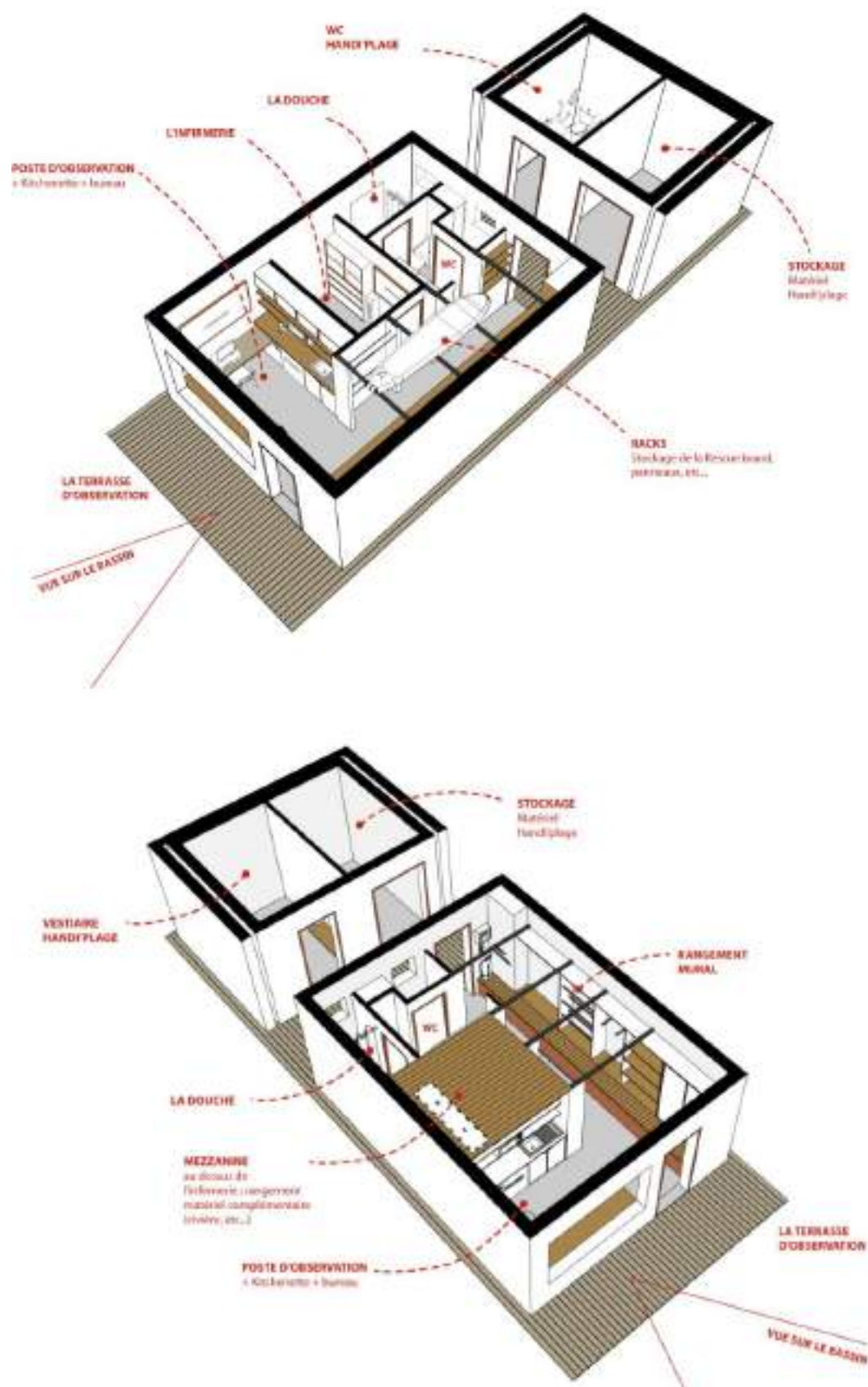


Figure 5: Vues de détails de l'organisation du poste de surveillance

6.2.1.2.1 Aménagement du local principal

L'organisation proposée prend en compte les observations émises par les utilisateurs (responsable des sauveteurs de Saint Pierre), gestionnaires (Service Equipements Communautaires à la CIVIS – section plages) et services de secours (SDIS Petite Ile) depuis le déclenchement des Etudes Préliminaires.

Le local propose un accès latéral, face à l'infirmier afin de faciliter l'évacuation des blessés (Figure 5). L'infirmier est close pour garantir l'intimité et la sécurisation de la pharmacie. Les sanitaires privés (douche alimentée en eau froide et toilettes) sont mixtes et dissimulés en fond de local, de même que les casiers du personnel.

L'avant du local accueille l'espace de vie des sauveteurs : poste de surveillance / repas, bureau et kitchenette. Les sauveteurs sont ainsi prêts à intervenir. Le local est prolongé d'une terrasse d'observation panoramique. De nombreux rangements muraux sont prévus en prenant en compte l'ergonomie. Des racks en partie haute du couloir (en mezzanine) sont également prévus.

6.2.1.2.2 Aménagement des locaux Handiplage

Ces locaux Handiplage, qui disposent d'accès spécifiques, sont accolés au local sauveteurs.

L'aménagement comporte un espace dédié au stockage des équipements spécifiques, et un espace de vestiaires avec table de change, banc, lavabo et WC, tel qu'exigé pour la labellisation Handiplage.

Une douche alimentée en eau froide accessible est également conseillée pour la labellisation : il est prévu plusieurs douches publiques extérieures sur le belvédère, l'une d'elle sera également équipée d'un flexible.

6.2.1.2.3 Aménagements extérieurs

Aux aménagements décrit ci-dessus viendront s'ajouter des équipements qui s'intégreront directement à l'architecture du poste MNS à savoir (Figure 8) :

- ☐ des douches publiques extérieures alimentées en eau froide situées en arrière du local du surveillance ;
- ☐ des panneaux d'affichage et de signalisation à proximité des douches.

Au niveau du haut de plage, une fois les dalles existantes au niveau du belvédère déposées et le mur de soutènement arrasé, il sera réalisé un aménagement paysager du haut de plage en un talus végétalisé en matériaux de remblai naturels, dont l'implantation sera conforme au plan en annexe 2.

Ce talus sera consolidé par des ouvrages de soutènement type boudin coco et enrochements libres en partie superficielle. Ces ouvrages seront identiques à ceux déjà réalisés sur le reste du linéaire dans le cadre des travaux d'aménagements de l'arrière-plage (cf. Figure 1).

A l'emplacement actuel du belvédère, la différence d'altitude entre le dallage et la plage est de l'ordre de 2m. Une reconstitution en pente douce du haut de plage en continuité de l'estran ne permettra pas un dénivelé approprié pour l'installation du poste MNS sur pilotis. La reconstitution d'un talus végétalisé sera donc nécessaire. Ce talus végétalisé et renforcé par des techniques de génie végétal permettra de prévenir du ravinement et de maintenir le trait de côte au droit du bâtiment. L'usage des boudins cocos et enrochements libres en consolidation du haut de plage se situe dans la continuité des aménagements déjà réalisés dans le cadre des aménagements de l'arrière-plage.



Figure 6: Clichés des boudins cocos et enrochements libres dans le cadre du chantier de l'arrière-plage

Les boudins cocos sont constitués de fibres de cocos biodégradables, compressés et enveloppés d'un géofilet en fibre de coco. Généralement de diamètre 30cm, ils seront utilisés pour créer des fascines au niveau du talus.

La mise en place des boudins coco végétalisés, se fera sur le talus préalablement préparé et nivelé (le boudin coco doit être en contact continu avec l'assise préalablement nettoyée).

Les boudins seront mis en place sur un substrat sableux homogène, les pierres et les branches sous l'emplacement des boudins seront enlevés afin d'éviter des zones de lessivage.

La stabilisation de la berge commence au pied du talus. Les boudins seront positionnés dans une assise préalablement créée en déblai dans le talus. Plusieurs boudins seront superposés puis fixés entre deux rangées de pieux disposés en quinconce tous les 0,8m selon la photo ci-dessous. Les pieux seront enfoncés dans le sol, ils seront de longueur suffisante pour garantir un ancrage permanent. Les déblais seront réutilisés pour combler la partie supérieure des fascines ainsi créées et permettront d'accueillir des plantations de végétation rampante de type Patate à Durand.

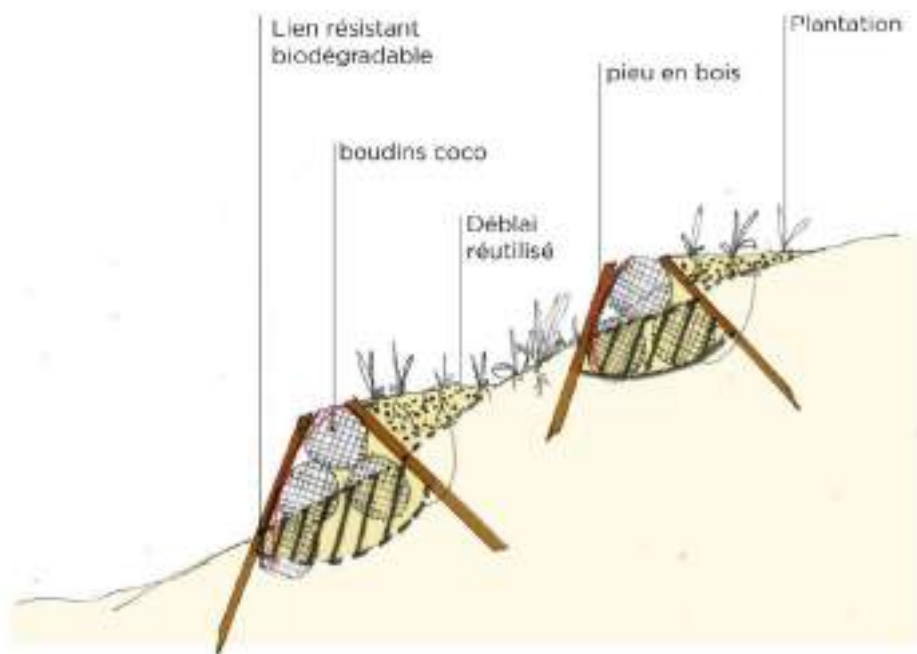


Figure 7: Coupe de principe des fascines en boudins cocos

6.2.1.2.4 Principe d'insertion architectural

L'architecture du bâtiment s'inspire des constructions neuves projetées pour l'aménagement de l'arrière-plage de Grande Anse, avec ses poteaux bois en « V ». L'ouvrage sera sur pilotis pour absorber la déclivité du nouveau talus créé après la destruction partielle du mur du belvédère.

Le « poste de surveillance » est détaché des « locaux handiplage » par un couloir qui vient se connecter avec le cheminement d'accès au poste.

L'intérêt de ce couloir est d'y concentrer toutes les portes d'accès : elles sont ainsi peu exposées aux vues et aux embruns et surtout le soir le couloir peut être fermée par une grille située de part et d'autre, renforçant ainsi la sécurisation de ce site potentiellement exposé au vandalisme.

Thermiquement, le bâtiment bénéficie de la sur-toiture avec larges débords et d'une ventilation naturelle pour les locaux du poste de secours. La proximité du badamier participe aussi à la protection solaire.

La sur-toiture permet aussi, si besoin ultérieur pour l'infirmerie, de caler en dessous une unité de climatisation, qui serait ainsi bien cachée.

Ce local sera conçu en ossature bois avec un traitement architectural soigné des façades et des matériaux spécifiquement sélectionnés pour leur durabilité et leur adaptation aux conditions marines. Le bardage du bâtiment sera en acier Corten (pour son côté durable, sans entretien, résistance à la corrosion, teinte « naturelle »), un peu de bois exotique également, et pour les locaux handiplage un habillage en gabions constitué d'une maille de Corten et remplie de pierres issues du recyclage des moellons du belvédère, mélangées avec un peu d'agrégats du site est envisagée.

Vue avant



Vue arrière



Figure 8: Vues en perspectives du local de surveillance.

6.2.1.2.5 Système d'assainissement autonome

Le poste MNS sera équipé d'un système d'assainissement autonomes pour la gestion de ces eaux usées qui auront pour origines :

- les eaux vannes des WC handicapés (1 cabinet d'aisance « Handi Plage » + lave-main avec savon) et dont l'accès sera être contrôlé ;
- des eaux vannes du WC des MNS

- des eaux grises de la douche et de la kitchenette des MNS.

En ce qui concerne les douches extérieures, les eaux-usées seront récupérées dans un regard de décantation puis infiltrée dans une tranchée.

Une étude a été menée concernant la gestion des eaux usées associées au fonctionnement du poste MNS.

6.2.1.2.5.1 Les filières de traitements

Le choix de la filière s'appuie sur les résultats de l'étude géotechnique 25RJB139B1G du laboratoire Régional de la Réunion réalisée en février 2002 et de l'étude géotechnique 16086-A de LACQ-BTP en date de février 2017.

Ces études, dont une synthèse est donnée ci-après, validait l'aptitude des sols à l'assainissement autonome par des filières traditionnelles tels que filtre à sable ou tranchée d'épandage.

Les emprises disponibles sur site étant suffisante, la filière tranchée d'épandage à faible profondeur a été retenue afin de s'adapter au mieux au terrain.

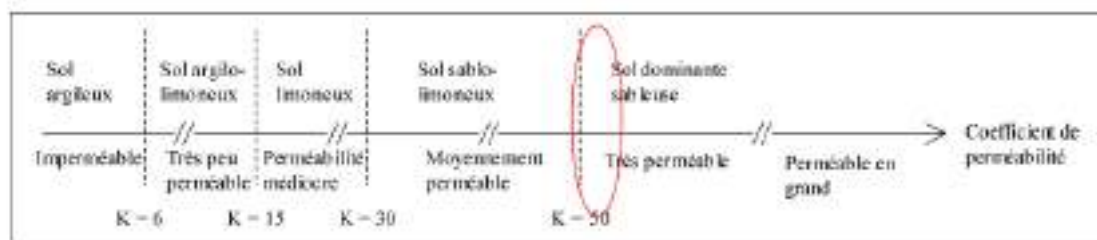
- Géologie
 - Sur 0.10 à 0.50 m d'épaisseur : terre végétale et limons brun foncé foisonnés. Couche localement décapée et remplacée par une couche de sable scoritique rapportée en remblais.
 - Puis sur 0.20 d'épaisseur : limons et cailloux à blocs bruns.
 - Puis localement : sables blancs jaunâtres à blocs de corail sur une épaisseur de 5.0 m interprétés comme des alluvions fluvio-marines.
 - Puis de 0.50 à 5.00 d'épaisseur : limons à blocs et basalte ou scories ou de basaltes altérés.
- Hydrogéologie

Il n'a pas été mis en évidence d'arrivée d'eaux au moment des sondages.

- Perméabilités

Sondage	Profondeur	Lithologie	Perméabilité (mm/h)	Perméabilité (m/s)
PER1	0.50	Limon Sableux	28.9	7.89 E-06
PER2	1.10	Limon brun sableux	163.17	4.53 E-05
PER3	0.60	Limon brun à cailloux et blocs	37.46	1.04 E-05
PER4	0.75	Limon Sableux	147.20	4.09 E-05
PER5	0.60	Limon Sableux	49.12	1.36 E-05
Perméabilité moyenne			39.08	1.08 E-05

L'étude géotechnique LACQ indique une perméabilité de 52.86 mm/h (moyenne harmonique) classant le terrain dans la classe des sols perméables. (XP DTU 64.1 P1-1 chapitre 8.2.1 – extraits ci-dessous).



Ces perméabilités (52.86mm/h) ne s'opposent pas à la réalisation d'un système d'assainissement autonome.

Nous rappelons que lorsque :

- $K < 5$ mm/h, l'épandage superficiel est impossible
- $5 < K < 15$ mm/h, l'épandage superficiel est déconseillé (nécessité de trop grande surface)
- **$15 < K < 300$ mm/h, l'épandage superficiel est conseillé**
- $K > 300$ mm/h, l'épandage superficiel est déconseillé (pouvoir épurateur trop faible)

6.2.1.2.5.2 Hypothèses et dimensionnement

6.2.1.2.5.2.1 Réglementation

- Arrêté du 7 septembre 2009 relatif aux installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5 soit 20EH

Il est à noter que cet arrêté concerne les systèmes d'ANC recevant une charge brute < 1.2 kg/j de DBO5 soit 20 Equivalents Habitants (EH)

- NF DTU 64.1 : « Dispositifs d'assainissement non collectif (dit autonome) – Pour les maisons d'habitation individuelle jusqu'à 20 pièces principales »

6.2.1.2.5.2.2 Hypothèses et données d'entrée

Les différentes surfaces nécessaires ont été calculées en fonction de la quantité d'effluent produite et de la capacité des sols à l'infiltration.

- **Volume d'eaux usées produit.**

Les volumes journaliers générés sont calculés sur les ratios suivants :

- Repas MNS : 4 l /repas
- Sanitaires MNS : 25l/pers
- Douche MNS : 60 l/douche
- Sanitaires handicapés : 6 l/pers pour chasse d'eau + 1l/pers lavage main

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-après.

Poste MNS						
		Usagers	volume rejeté (L) par jour			
			wc+lave main	douche	cuisine	total
MNS	Kitchenette	2	-	-	8	8
MNS	Douche MNS	2	-	120		120
MNS	Sanitaires (1)	2	50			50
MNS	des WC handicapés (1 cabinet d'aisance « Handi Plage » + lave-main avec savon)	20	140			140

Total :	318

Tableau 3 : Volume d'eaux usées produit

Soit un nombre d'équivalent habitant arrondi à 3 EH ; avec 1 EH = 150 l/j.

6.2.1.2.5.2.3 Dimensionnement des installations

- **Volumes des Fosse septiques toutes eaux :**

Le volume des fosses septiques toutes eaux (FSTE) a été calculé :

- Dans le cas des installations relevant de l'arrêté de septembre 2009 (<20 EH) : $3 \text{ m}^3 + 1 \text{ m}^3/\text{EH}$ supplémentaire au-delà de 5 EH soit :
 - o ANC (3EH) – Poste MNS : $V_{\text{FSTE}}=3 \text{ m}^3$

- **Système d'épandage :**

Dimensionnement selon DTU 61.1.

- o Tranchées d'épandage :

Extrait DTU 61.1

Tableau 1 Dimensionnement d'épandage

Volume de FST (m³)	de 1 à 10	de 10 à 50	de 50 à 200	supérieur à 200 (selon les types de stations)
Perméabilité (m³/m²/j)	Perméabilité moyenne	Moyennement perméable	Très perméable	Très perméable
Longueur de tranchées d'épandage (m)	voir Annexe II	Tranchées d'épandage : 50 m	Tranchées d'épandage : de 45 m	Tranchées d'épandage : 30 m
Profondeur de tranchées (m)	voir Annexe II	Tranchées d'épandage : 10 m si p. suif	Tranchées d'épandage 0 m si p. suif	Tranchées d'épandage 0 m si p. suif

Les valeurs de FST sont données à l'ordre du mètre. Elles sont de perméabilité ou de porosité à niveau constant, terre.

Le niveau, haut de la nappe doit se situer à au moins 1 mètre du fond de foule. Cette valeur peut être augmentée en fonction de la nature du sol.

Les longueurs de tranchées d'épandage sont données pour une largeur de 0,5 m.

Si le sol est sec à humide, la réalisation de tranchées d'épandage est difficile. L'épandage en lit est réalisé dans une foule unique à fond horizontal.

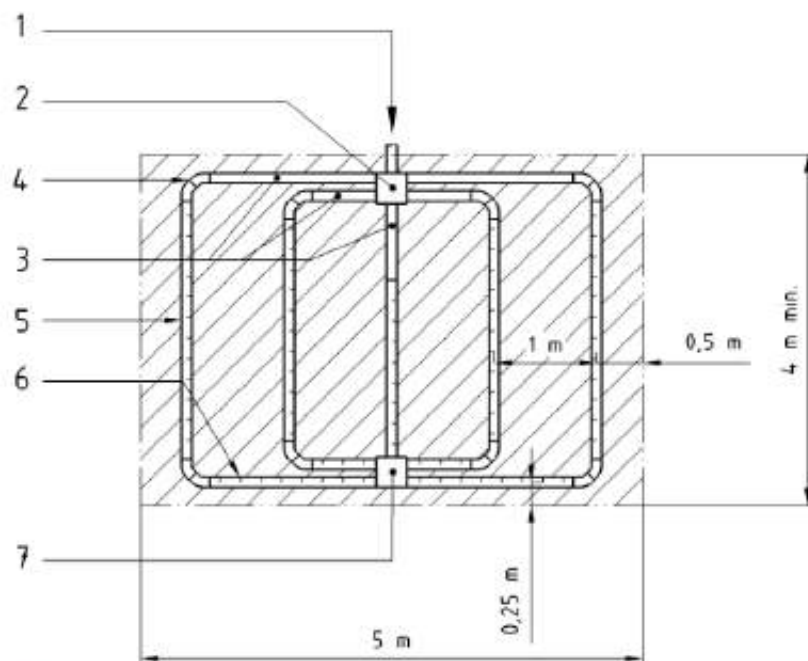
- ANC (3EH) – Poste MNS : **45 ml**

Les surfaces disponibles pour la réalisation de tranchées d'épandage étant insuffisante (présence d'arbres), le système de traitement proposé est un Filtre à Sable Vertical Non Drainé.

- o FSVND :

La surface minimale doit être de 20m² selon le DTU 64.1.

Le filtre proposé sera donc d'une dimension de 5x4m tel que présenté sur le schéma ci-dessous.



Légende

Matériels

- 1 Arrivée des eaux prétraitées par tuyau plein
- 2 Boîte de répartition
- 3 Tuyau de raccordement
- 4 Chaque angle composé de deux coudes à 45° ou d'un coude à 90° à grand rayon
- 5 Tuyau d'épandage
- 6 Becutage de l'épandage par un tuyau d'épandage
- 7 Boîte(s) de boudage, de branchement ou d'inspection

- **Filtre décolloïdeur indicateur de colmatage**

Les FIC ont été dimensionnés sur la base d'un ratio compris en 5 et 10% du volume de la FSTE.

- o ANC (3EH) – Poste MNS : $V_{FIC} = 150 \text{ l}$

Le FIC pourra être intégré à la FSTE.

- **Auget d'alimentation des filtres**

Le dispositif présentant un faible linéaire, il n'est pas prévu de les alimenter par bâchée.

- **Estimation des volumes de boues produites**

On estime que les boues s'accumulent en moyenne de 0.18 à 0.30 l/EH/jour. Pour tenir compte du fait qu'il s'agit de sanitaires publics et de rondelles de restauration d'un site naturel présentant de forte variation de fréquentation entre les week-ends et la semaine nous retenons comme hypothèse une production moyenne de boues située dans le bas de la fourchette de 0,20 l/EH/jour, soit :

- o ANC (3EH) – Poste MNS : $V_{Boue} = 219 \text{ l/an}$

Nota : les FSTE nécessitent d'être vidangés régulièrement tous les 2 à 4 ans selon le que les EU sont plus ou moins chargées. Un accès pour les véhicules de vidanges a donc été prévu.

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Tableau A.1 Critères des dispositifs

[illegible]

6.2.1.2.5.3 Synthèse

Les principaux éléments concernant l'assainissement autonome du poste MNS de Grande Anse sont rappelés ci-dessous.

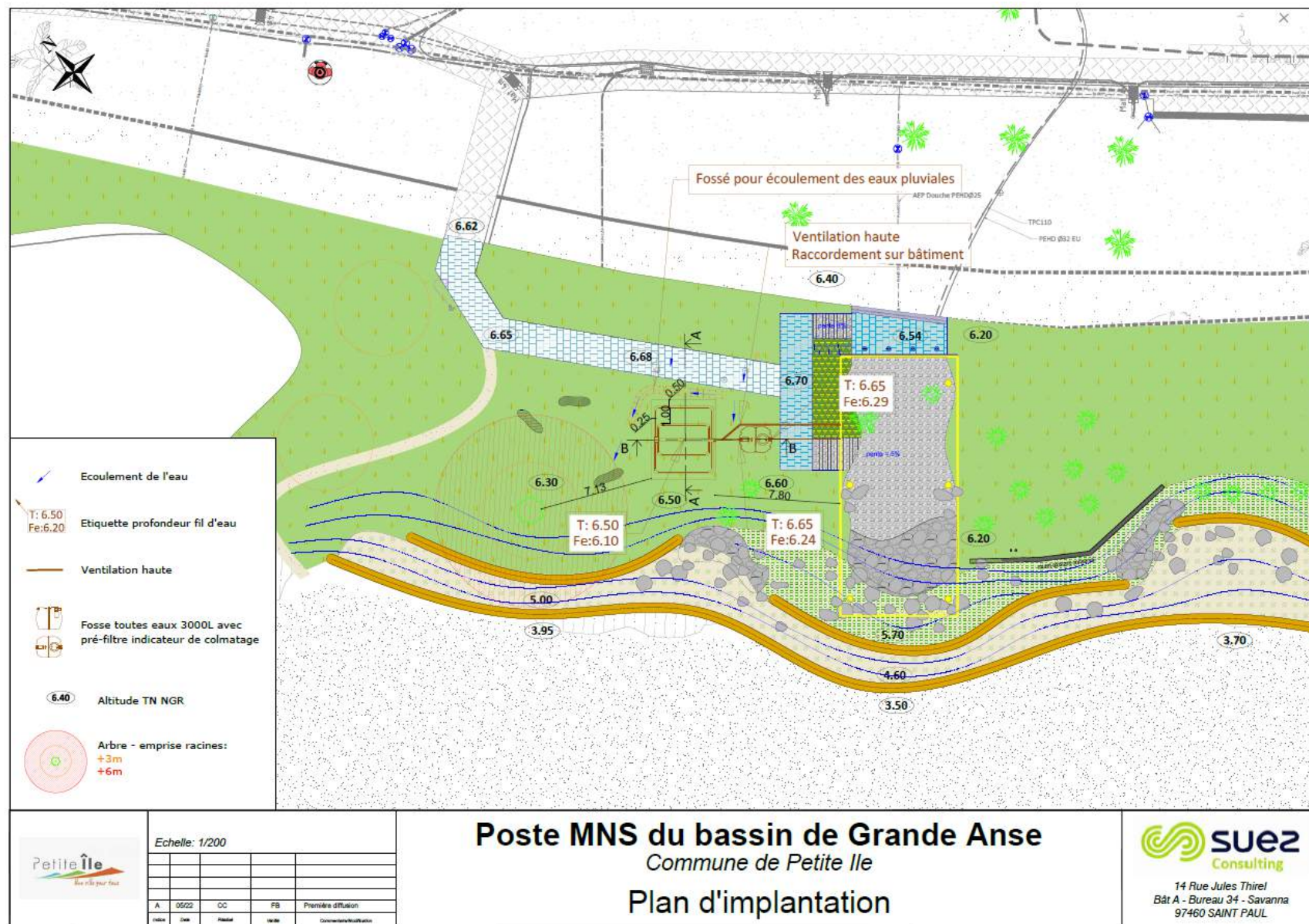
- ☐ Sols aptes à l'assainissement autonome (Etude géotechnique LRR 25RJB139B1G et LACQ 16086-A)
- ☐ Filière de traitement : Tranchée d'épandage.
- ☐ Système dimensionné pour 3EH.
- ☐ Absence de captage d'eau à proximité.
- ☐ Dimension des systèmes d'assainissement

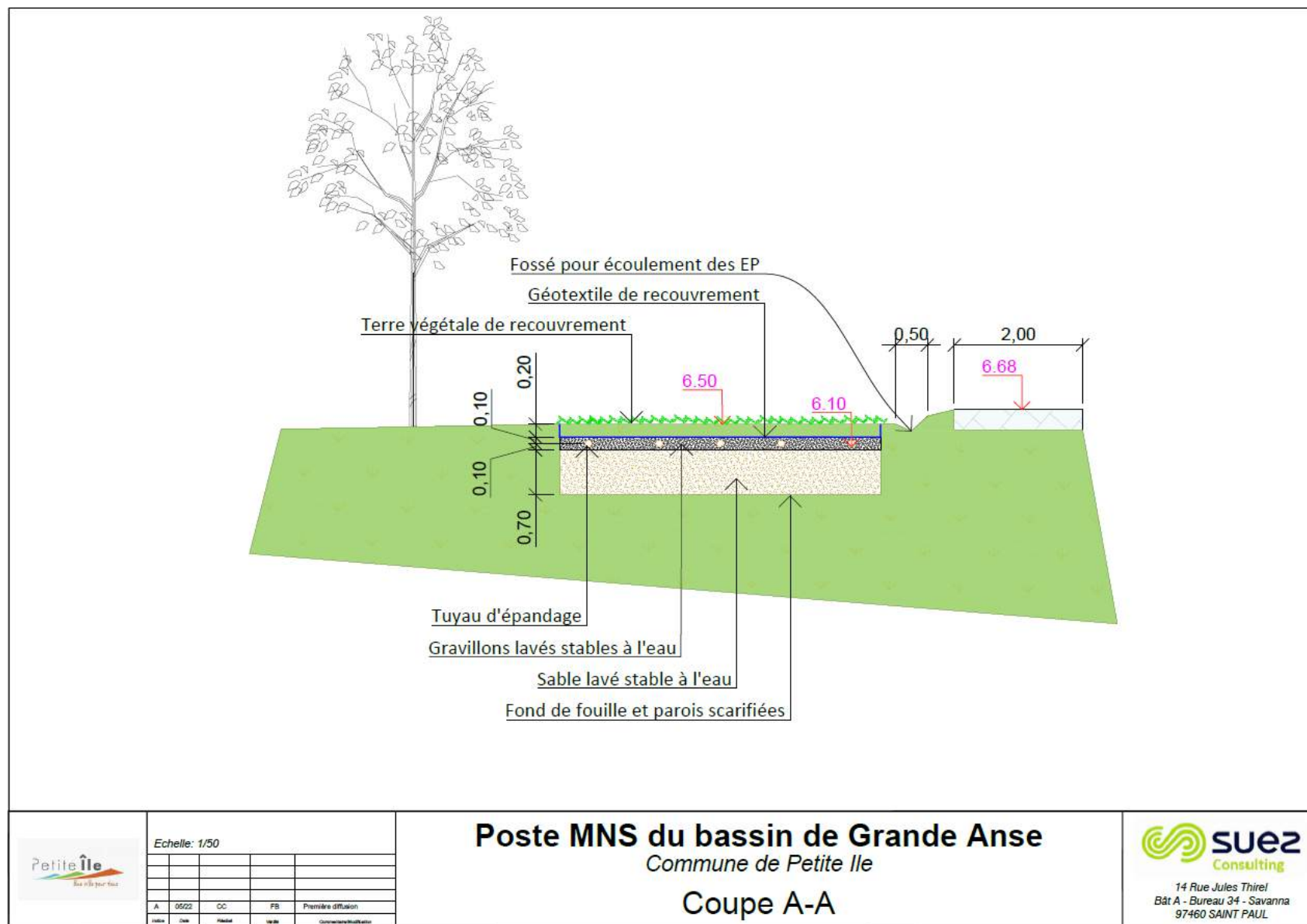
	V FSTE en m3	Surface d'épandage	V FIC	V Bâchée
ANC – Poste MNS	3 m ³	20 m ²	150 l	-

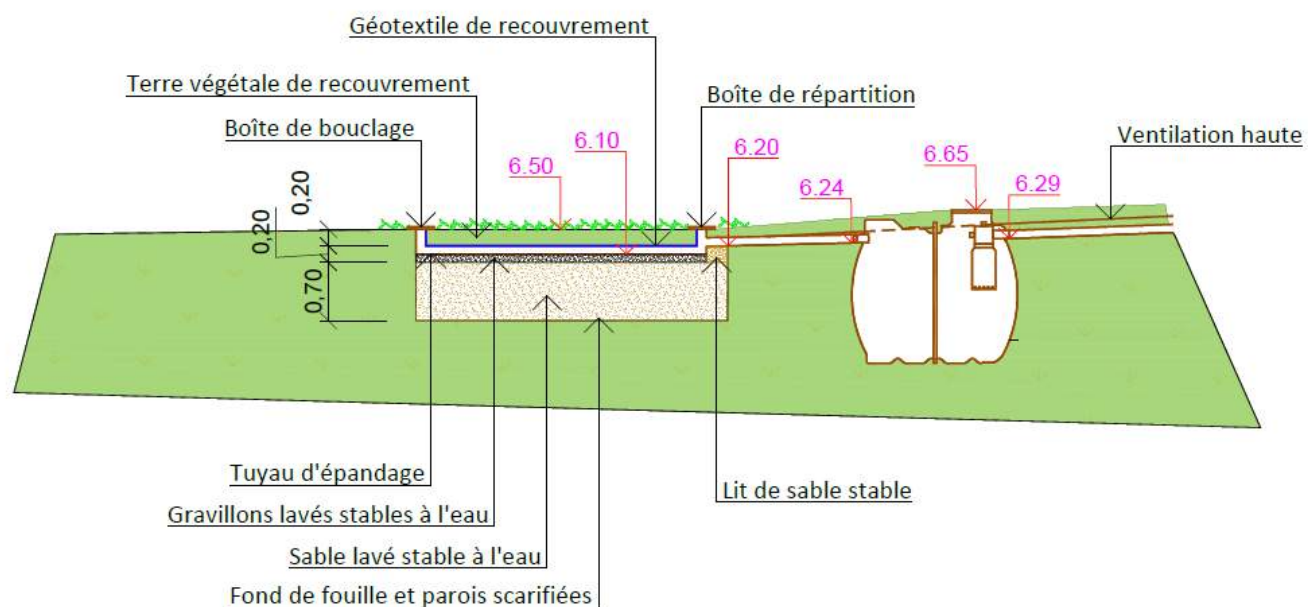
Tableau 4 : Synthèse du système d'assainissement autonome

Les dimensions et positionnement du systèmes d'assainissement figurent sur le plan des réseaux ci-après.

Ce mode d'assainissement a reçu un avis favorable du Service Public Intercommunal d'Assainissement Non Collectif (SPIANC) (Avis en annexe pièce D).







Poste MNS du bassin de Grande Anse
 Commune de Petite Ile

Coupe B-B



14 Rue Jules Thirel
 Bât A - Bureau 34 - Savanna
 97460 SAINT PAUL



Echelle: 1/50

A	0522	CC	PS	Première diffusion
Index	Date	Projet	Version	Commentaire/Modification

6.2.1.3 Le bassin de baignade

6.2.1.3.1 *Caractéristiques des travaux*

Le projet de travaux d'extension du bassin comprend :

- Le nettoyage du bassin par l'enlèvement de blocs rocheux;
- Le réarrangement des blocs rocheux pour la réhabilitation de l'enrochement à l'extrémité sud-est du bassin où se concentrent de forts enjeux écologiques (présence de coraux et d'oursins) ;
- La refaçon de la protection en enrochement et son extension dans le prolongement de l'ouvrage existant (qui représente la limite du platier récifal) pour atteindre une surface protégée globale de 6400 m² ;
- La réalisation de butées de pied ensouillées sur fond rocheux à la base de l'ouvrage pour garantir un soutien de l'ouvrage. En effet, le sol de fondation de l'ouvrage étant rocheux, il n'y a donc aucune cohésion ni encastrement au niveau du soubassement. La stabilité est alors uniquement pesante et flottante ;
- Le déroctage d'une surface d'environ 650 m² environ et de profondeur variant de 0,00 à 1,50m ; à l'intérieur du bassin afin de créer une fosse d'apprentissage de la baignade à destination des scolaires (primaire et collège) ;
- La création d'îlots rocheux par la réorganisation de blocs existants à l'intérieur du bassin afin de diminuer la rectitude de l'ouvrage et d'améliorer son aspect visuel ;
- La destruction du muret maçonné présent sur l'estran et le reprofilage de la plage afin de faciliter l'accès au bassin ;
- Le ré-ensablement et le nivellement de la plage pour assurer un confort d'accès au bassin.

6.2.1.3.2 *La protection en enrochement*

Afin de sécuriser la baignade, il est envisagé la réalisation d'une protection en enrochement constituée d'un talus en blocs naturels (Figure 62).

Les éléments de dimensionnement de l'ouvrage sont détaillées ci-après.



Figure 9: Plan de masse de la protection en enrochement

6.2.1.3.2.1 Hypothèses générales de dimensionnement

○ Masses volumiques

Les masses volumiques prises en compte sont les suivantes :

- ▷ Eau de mer : 1,025 t/m³
- ▷ Enrochements (Basalte) : 2,60 t/m³

○ Pente du talus

La pente de la carapace en bloc naturel a été choisie égale à 3 Horizontal pour 2 Vertical.

○ Dommages acceptables sur l'ouvrage

A des fins de dimensionnement, il est acceptable que 0 à 5% des enrochements situés entre la crête et le niveau d'une hauteur de vague en dessous du niveau de l'eau au repos soient déplacées de cette zone.

Selon la formule de Van Der Meer, un coefficient de dommage doit être assigné pour chaque période de retour choisi pour le dimensionnement de la carapace.

Les valeurs de S_d ainsi que les périodes de retour de la houle sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Période de retour	Conditions	Taux de dommage S_d
1 an	Normal	1
10 ans	Normal	1
100 ans	Normal	2
100 ans	Cyclonique	2

Définition du taux de dommage S_d :

- $S_d = 1$ → Aucun dommage effectif
- $S_d = 2$ → Faible dommage
- $S_d = 4$ → Dommage intermédiaire
- $S_d = 8$ → Ruine de l'ouvrage

○ Hauteur de la houle

Les hauteurs de houle de projet considérer pour le dimensionnement, ont été défini selon l'étude de propagation de la houle réalisé par ACTIMAR pour les périodes de retour de 1, 10 et 100 ans dans des conditions normal et cyclonique.

Il a été observé que la digue peut être divisé en deux tronçon :

- **Tronçon principal** : parallèle à la côte d'une longueur de 165 ml.
- **Tronçon de retour (secondaire)** : d'une longueur de 30 ml, qui permet le retour de la digue vers la côte. C'est le tronçon qui permet de se protéger des houles réfléchies sur le tronçon principal. Les houles sont donc moins importantes selon l'angle de la houle choisie.

On prendra un angle β de 45°.

V2



Figure 10 : Vue en plan de la digue

		Houle de projet			
		1 an (Normal)	10 ans (Normal)	100 ans (Normal)	100 ans (cyclonique)
Tronçon Principal	H _{smax}	2.00 m	1.67 m	1.63 m	1.60 m
Tronçon de retour (Secondaire)	H _{smax}	1.80 m	1.50 m	1.47 m	1.44 m

Tableau 5 : Hauteur de la houle H_s considérée pour les périodes de retour du projet

○ Caractéristiques de l'ouvrage

Caractéristiques	Nomenclature	Valeur
Altimétrie du couronnement	R _c	1,10m NGR
Bathymétrie en pied d'ouvrage	h	-0,5m NGR
Pente des fonds	φ	~5%
Masse volumique de l'enrochement naturel	ρ _r	2600 kg/m ³
Masse volumique de l'eau de mer	ρ _w	1025 kg/m ³
Pente talus	α	3H/2V

Tableau 6 : Caractéristiques de l'ouvrage

La cote de la crête de la digue a été définie pour permettre une baignade dans des conditions de sécurité satisfaisantes 90% de l'année (Cf. rapport de BW-CGC).

6.2.1.3.2.2 Méthodologie de calcul de la carapace de protection

Afin d'optimiser la taille des blocs de carapace de la digue, la méthode de Van Der Meer sera utilisée car celle-ci prend en compte plusieurs paramètres supplémentaires (Période de la houle, taux de dommage, type de déferlement, Perméabilité, Nombre de houles, ...) contrairement à la formule de Hudson qui est utilisé pour un prédimensionnement des digues et qui donne généralement des valeurs un peu sur-dimensionnantes.

L'emplacement de la digue se situe dans une zone d'eau peu profonde ($d < 3H_s$), la formule de Van Der Meer en eau peu profonde est :

□ Pour un déferlement plongeant :

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} * P^{0.18} * \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} * \left(\frac{H_s}{H_{2\%}} \right) * \zeta_{S-1.0}^{-0.5}$$

- Pour un déferlement gonflant :

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_s * P^{-0.13} * \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} * \left(\frac{H_s}{H_{2\%}}\right) * \sqrt{\cot(\alpha)} * \xi_{s-1.0}^P$$

Avec :

- ▷ C_s : Coefficient gonflant, (= 1.30)
- ▷ C_{pl} : Coefficient plongeant, (= 8.40)
- ▷ P : Perméabilité de la structure, (= 0.40)
- ▷ N : Nombre de vagues : dépend de la durée de tempête considéré (h), (h = 10h)
- ▷ $\xi_{s-1.0} = \frac{\tan(\alpha)}{\sqrt{(2\pi * H_s) / (g T_{m-1.0}^2)}}$: Paramètre de déferlement (Nombre d'irribaren)

Pour toutes les houles de projet considérer (tronçon principal et tronçon de retour) on trouve un déferlement gonflant.

6.2.1.3.2.3 Carapace en enrochements

Pour les différentes périodes de retour considérées, les résultats sont les suivants :

Tronçon Principal				
$\beta=0^\circ$	100 ans Cyclonique	100 ans Normal	10 ans Normal	1 an Normal
M50	2.13 T	0.60 T	0.92 T	1.02 T
D50	0.95 m	0.62 m	0.71 m	0.73 m
V50	0.82 m ³	0.23 m ³	0.35 m ³	0.39 m ³

Tronçon de retour (Secondaire)				
$\beta=45^\circ$	100 ans Cyclonique	100 ans Normal	10 ans Normal	1 an Normal
M50	1.47 T	0.41 T	0.63 T	0.70 T
D50	0.83 m	0.55 m	0.62 m	0.64 m
V50	0.56 m ³	0.17 m ³	0.24 m ³	0.27 m ³

N.B : le détail du dimensionnement est joint en Annexe 1 du présent rapport.

Ces valeurs correspondent à la définition d'un diamètre/tonnage moyen justifiant de la stabilité de la carapace pour la période de retour donnée.

Sur la base du dimensionnement ci-avant, il est retenu la mise en œuvre de blocs de granulométrie assez resserrée compris **entre 2 et 3 Tonnes** (soit un diamètre moyen compris **entre 0.92 et 1.05 m**) **pour le tronçon principal** et **entre 1 et 2T** (soit un diamètre moyen compris **entre 0.73 et 0.92 m**) **pour le tronçon de retour (secondaire)**.

Cette blocométrie permet de garantir une bonne tenue des ouvrages dans des conditions normales et d'avoir des dommages acceptables en période cyclonique pour une période de retour de 100 ans.

N.B : dans la version précédente du projet, en l'absence de l'étude BW CGC, les données disponibles ne permettaient que l'utilisation de la formule de Hudson. Par ailleurs, la crête ayant été abaissée, l'ouvrage accepte donc plus de franchissement en cas de tempête, donc moins d'effort sur l'ouvrage. Les enrochements ont donc pu être diminués (blocométrie précédente 2-4T).

6.2.1.3.2.4 Sous-couche

Le calcul de la sous-couche est réalisé de manière à respecter la règle des filtres afin d'éviter la migration de la sous-couche à travers la carapace.

La règle des filtres est :

$$2.2 \leq \frac{D_{50 \text{ car}}}{D_{50 \text{ s-c}}} \leq 2.5 \quad \text{ou alors} \quad 10 \leq \frac{M_{50 \text{ car}}}{M_{50 \text{ s-c}}} \leq 15$$

- Tronçon principal : Il pourra être mis en place **une sous-couche de granulométrie 100 – 300 kg** afin de respecter la règle des filtres.
- Tronçon de retour (Secondaire) : Il pourra être mis en place **une sous-couche de granulométrie 100 – 200 Kg** afin de respecter la règle des filtres.

6.2.1.3.2.5 Butée de pied

La réalisation d'une butée de pied doit permettre de garantir un soutien contre le glissement de la carapace de l'ouvrage.

Le sol de fondation de la digue est rocheux. Il n'y a donc aucune cohésion ni d'encastrement au niveau du soubassement. La stabilité est alors uniquement pesante et flottante.

Une unique solution consiste en la réalisation d'une bêche dans la roche.

Cela consiste au creusement d'une tranchée dans le rocher, d'une profondeur minimale équivalente à $0,5D_{n50}$ et de largeur permettant la réception de 2 blocs de butée.

Sur un fond rocheux, la butée de pied est considérée comme le prolongement direct de la carapace et est donc constituée des mêmes enrochements.

Il est alors important d'obtenir une bonne imbrication des 2 couches de la carapace afin d'empêcher la couche supérieure de rouler sur la couche inférieure.

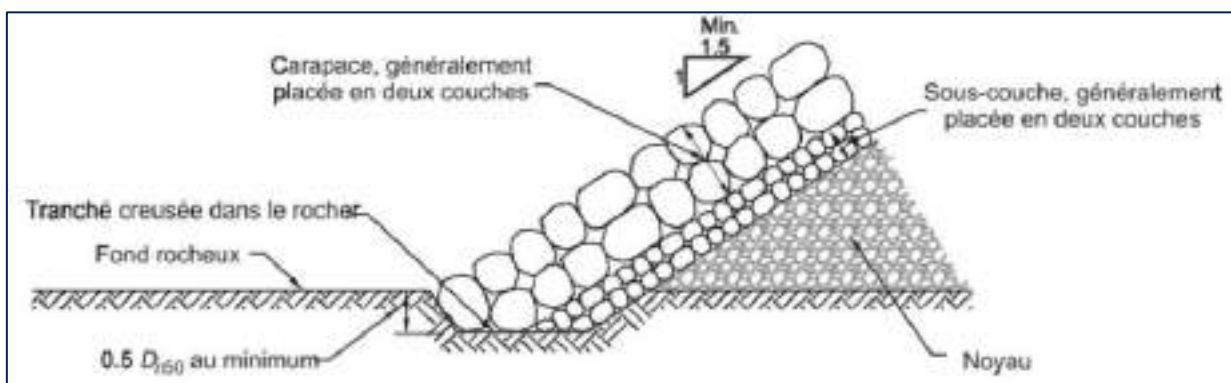


Figure 11 : Détail d'un pied sur fond rocheux (source : Rock Manuel §6.3.4.1)

Pour donner suite aux recommandations du rapport G2PRO réalisé par Géolithe, un déroctage sera réalisé des deux côtés de la digue (côté mer et côté bassin) pour la réalisation de la butée de pied.

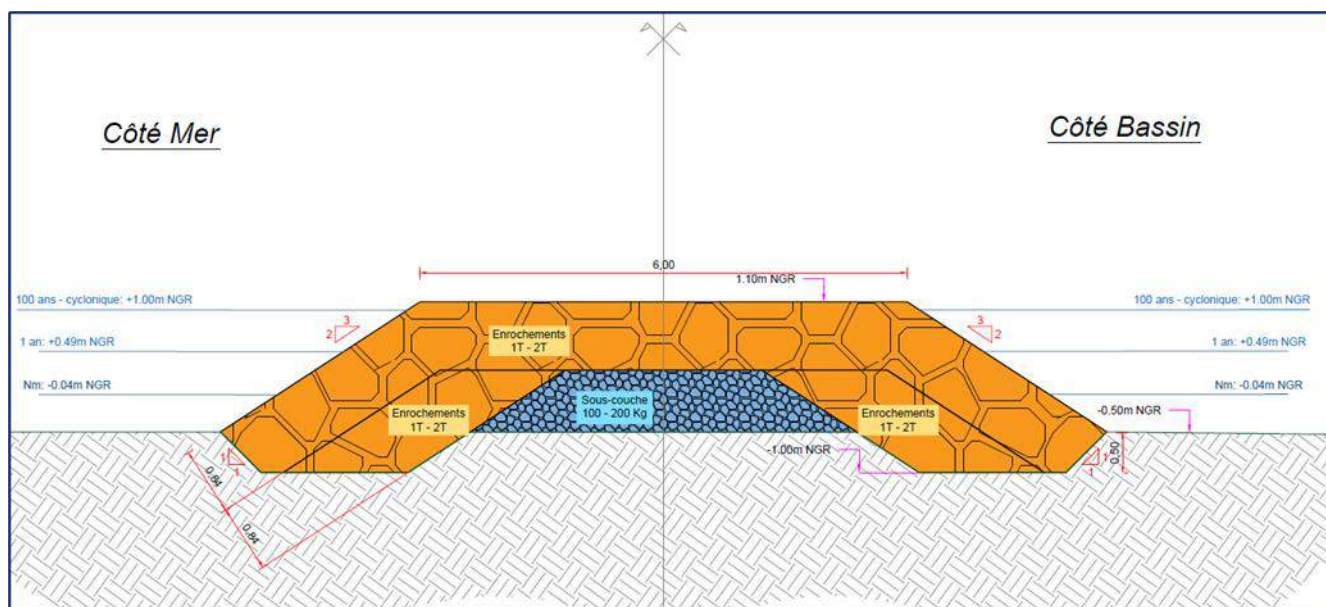


Figure 12 : Coupe type de la digue – Tronçon de retour

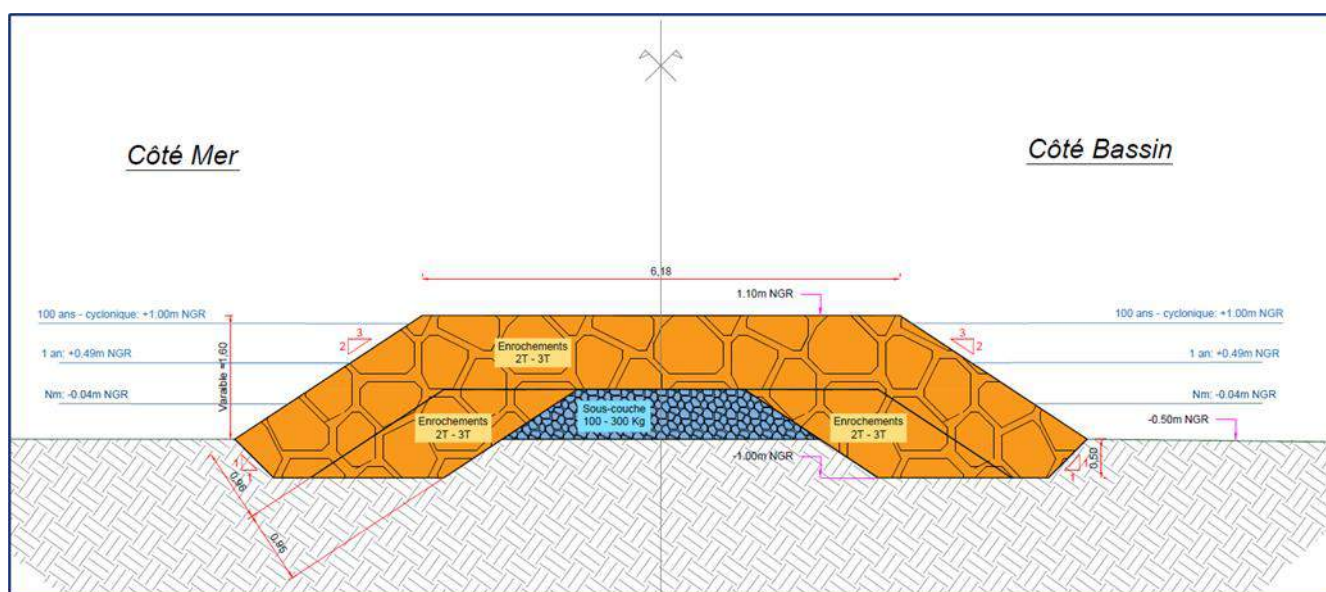


Figure 13 : Coupe type de la digue – Tronçon Principal

6.2.1.3.2.6 Insertion paysagère de l'ouvrage

Afin d'atténuer la rectitude de l'enrochement, il est proposé d'aménager des ilots dans le bassin et des circonvolutions à l'aide d'enrochements installés du côté protégé du bassin (Figure 14).

Des blocs de dimensions similaires à ceux utilisés pour la carapace seront mis en place de manière non uniforme à l'intérieur du bassin. Les blocs seront placés, un à un, par la pelle située sur le cheminement de l'enrochement, durant la seconde phase de réalisation, ainsi que par un autre engin depuis la plage.



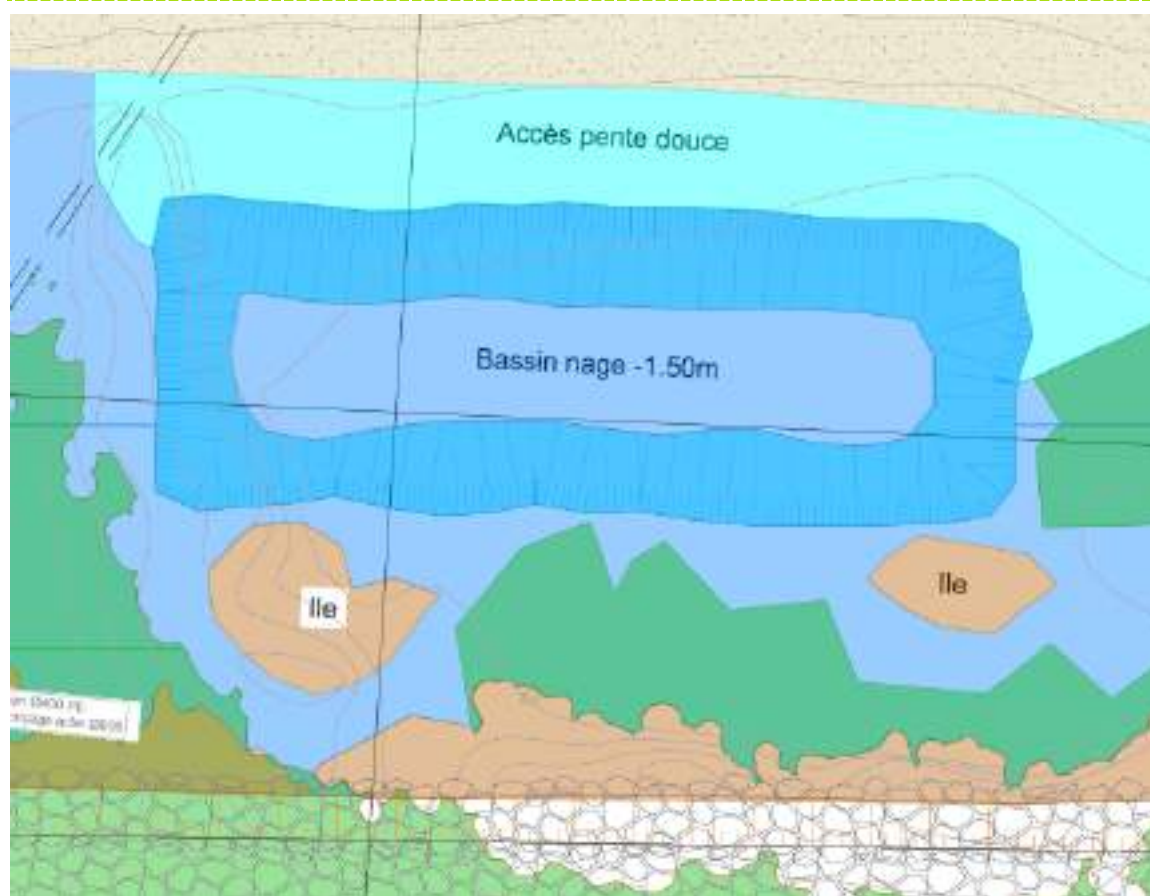
Figure 14: Vue depuis le Piton de Grande Anse sur le futur bassin de baignade

6.2.1.3.3 L'aménagement intérieur du bassin

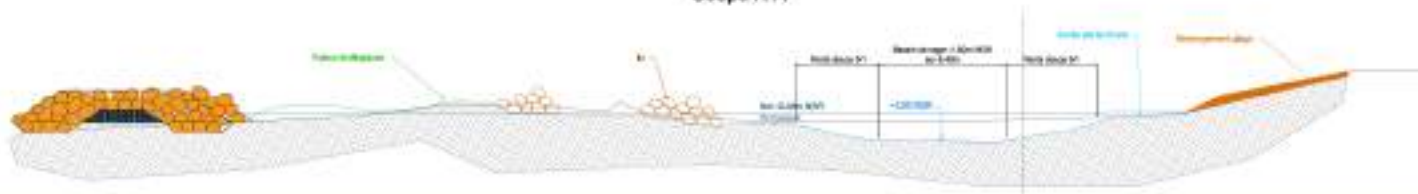
La création des îlots et des circonvolutions pour l'insertion paysagère de l'enrochement permettra la délimitation de différentes zones d'activités dans le bassin (Figure 16).

La municipalité a souhaité l'aménagement, au sein du bassin de baignade, d'une zone propice à l'apprentissage de la natation. Il est donc prévu d'approfondir le platier par déroctage sur une surface d'environ 650 m² afin d'obtenir des profondeurs d'environ 1.50m à marée très basse, jusqu'à près de 2m en marée haute annuelle (cote de fond -1.50mNGR).

Les dimensions de ce bassin seront d'environ 45m de long par 15m de large, incluant des pentes douces (pente d'environ 5H/1V) pour atteindre le fond de la fosse.



Coupe A-A



Coupe B-B



Figure 15 – Vue en plan + coupe de la fosse d'apprentissage

N.B : La fosse étant créé par déroctage, les cotes sont données à titre indicatif. Les plans de masses entier sont fournis dans la pièce B éléments graphiques

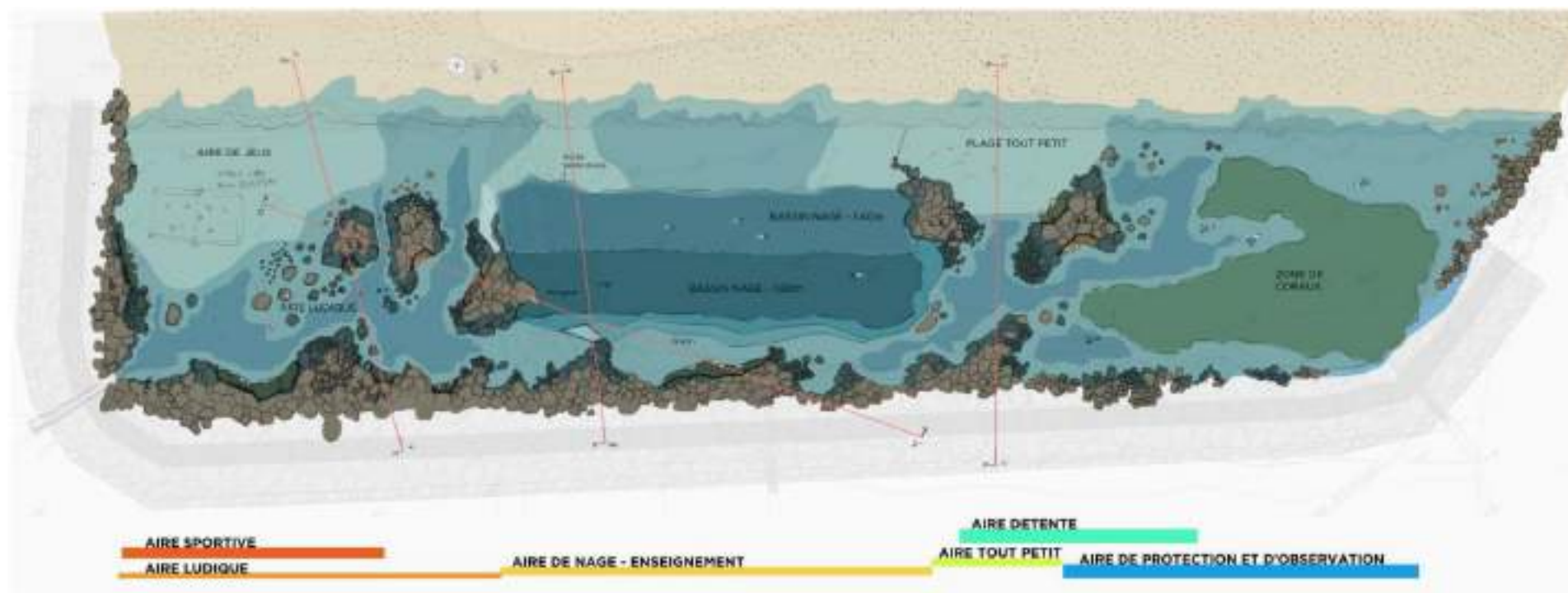


Figure 16: Représentation schématique de l'aménagement des différentes zones d'activités dans le bassin de baignade

6.2.1.3.4 Reprofilage de la plage

Une fois le muret détruit, un reprofilage de plage à la pelle mécanique sera effectué autant que nécessaire pour répartir le sable accumulé en amont du muret. Il n'y a pas d'apport extérieur de sable prévu. Le but est d'assurer une pente faible et confortable pour faciliter l'accès au bassin. Le pente de la plage sera identique aux zones adjacentes.

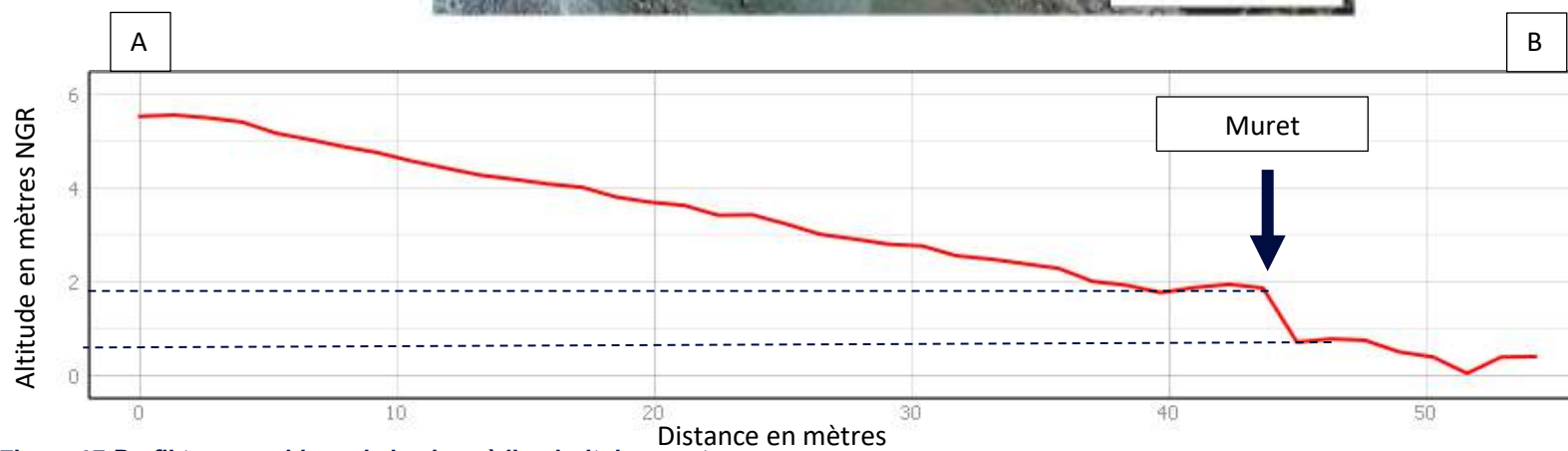


Figure 17: Profil topographique de la plage à l'endroit du muret

6.2.1.4 Accès au bassin de baignade

La réalisation d'aménagement en haut de plage et la réhabilitation du bassin de baignade s'accompagne naturellement de l'aménagement d'accès pour les usagers (MNS, public, PMR).

6.2.1.4.1 Contraintes paysagères

L'implantation du poste MNS a été définie dans le cadre de l'Etude Préliminaire. Il se positionne naturellement sur le belvédère existant au droit du futur bassin de baignade.

Plus précisément la construction doit trouver sa place entre deux formations végétales qui sont impérativement à préserver :

- Le peuplement de vacoas à l'est, qui joue un rôle majeur pour la préservation du gecko vert de Manapany ;
- Le badamier à l'ouest, dont le port en parasol lui confère un intérêt paysager réel et permet de créer une zone ombragée stratégique, à l'entrée sur la plage.
- La destruction du mur de soutènement du belvédère et la création d'un talus végétalisé en boudin coco en lieu et place de celui-ci ne permettra pas un accès direct à la plage au droit du local de surveillance.

6.2.1.4.2 Accès

L'accès au local de surveillance en haut de plage se fera via un cheminement maçonné connecté avec ceux existants déjà sur l'arrière-plage (Figure 18).



Figure 18: Vue depuis l'arrière-plage sur le cheminement d'accès au local de surveillance

Concernant l'accessibilité à la plage, une accessibilité universelle (adaptée PMR) nécessite l'aménagement d'une rampe conséquente au vu du dénivelé dont l'intégration dans le site n'est pas envisageable. Par ailleurs, les services de la DEAL ont confirmé qu'une plage n'est pas soumise à l'obligation d'accessibilité universelle.

Compte tenu qu'un cheminement spécifique intégré dans l'aménagement de l'arrière -plage permet un accès PMR jusqu'au belvédère, il est proposé de mettre en place une offre de service de type tiralos (fauteuil de plage destiné aux personnes à mobilité réduite et adapté aux conditions de terrain du site) dans le cadre de l'aménagement du bassin de baignade. Comme cela est pratiqué sur le front de mer de Saint Pierre, il s'agirait de mettre à disposition des tiralos au niveau du belvédère avec assistance des MNS ou des accompagnants de la personne à mobilité réduite.

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

L'accès PMR depuis le local de surveillance se ferait par l'ouest du local en contournant le badamier, là où la pente de la plage plus douce (cf. Figure 4).

Sur la plage, un tapis pourra être déroulé pour faciliter les déplacements et éviter les glissades.

Enfin, les MNS pourront rejoindre la plage soit :

- Par le cheminement handiplage à l'ouest du badamier (cf. Figure 4.page 23);
- Par le talus à l'est du local de surveillance (cf. Figure 4.page 23).

6.2.1.4.3 Destruction du muret

Un muret est présent sur l'estran au droit du bassin de baignade actuel et s'étend sur un linéaire d'environ 71m (Figure 19). Il a été construit a priori pour contenir le sable en contre-haut de celui-ci. La présence de ce muret crée un talus avec en contrebas du muret une plage érodée, tandis que la partie haute de la plage reste bien ensablée et se retrouve « suspendue ».

Ce muret constitue actuellement un danger pour l'accès au bassin en raison du caractère glissant.



Figure 19: Photographie du muret au droit du bassin de baignade.

6.2.1.5 Aménagement hydraulique du talweg

L'analyse de l'état initial a mis en évidence la présence d'un talweg dont le débouché est situé à l'heure actuelle sur la plage au droit de l'extrémité nord-ouest du bassin et qui se situera après les travaux d'extension dans l'emprise du futur bassin de baignade. Compte tenu de la présence potentielle de rejets d'eaux usées (traces de pollutions bactériennes identifiées par les services de la CIVIS) et des enjeux de qualité des eaux de baignade, le maintien du rejet direct de la ravine dans le bassin a été écarté. Un scénario canalisant le talweg sous la plage et sous le bassin a été privilégié.

6.2.1.5.1 Conception générale de l'ouvrage

La ravine actuelle passe sous un ponceau. Cet ouvrage constitue un point bas. En cas de pluie il y a donc une mise en charge avant un débordement par-dessus le chemin existant.



Figure 20: Vue du ponceau sur la petite ravine

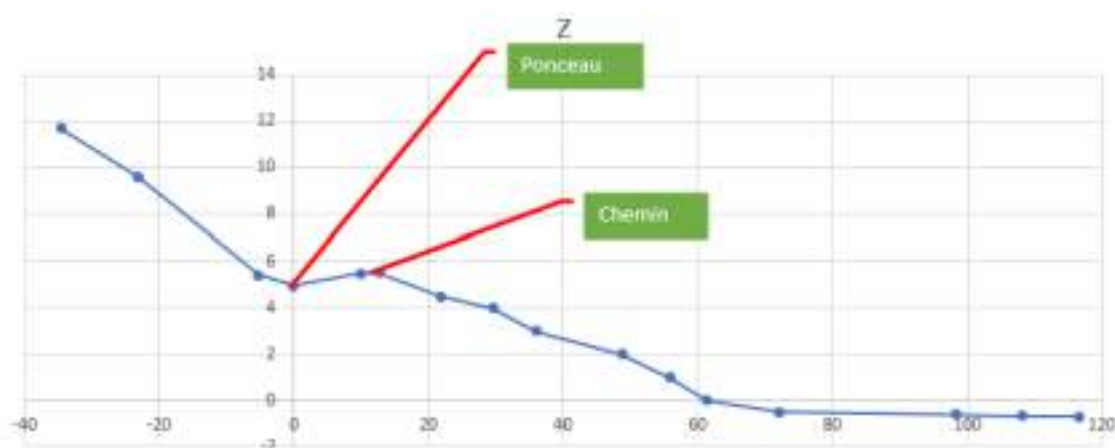


Figure 21: Profil en long de la petite ravine et de la plage

L'absence de dépôt sur le point bas et le fait que celui-ci soit enherbé, tend à indiquer que la problématique de risque de transport solide propre à la ravine est limitée.

L'exutoire de la ravine canalisée sera en mer, il y aura donc un fonctionnement en charge. Afin de bénéficier d'un maximum de charge, et donc de favoriser l'auto-curage de la canalisation nous préconisons de conserver le fonctionnement actuel avec un ouvrage d'entonnement en amont du chemin. Cet ouvrage servira de puits de mise en charge. Cet ouvrage sera constitué d'une grille avaloir, implantée dans la contrepente existante au débouché du franchissement de la route, sur la partie haute avant surverse et d'un regard au fond duquel sera connectée la canalisation de transfert.

Cette implantation permet de s'affranchir des apports solides (faibles). La grille sera inclinée afin de faciliter l'entretien et limiter l'effet d'embâcle par des feuilles et autres flottants.

L'idéal aurait été de pouvoir avoir une pente constante pour la canalisation afin de limiter le risque de création de zones de dépôts. Mais compte tenu du profil en long de l'existant (pente forte au niveau de la plage et pente faible du fond marin un changement de pente est impératif pour ne pas avoir des profondeurs jugées excessives (supérieures à 5m).

La canalisation sera toutefois relativement profonde en amont, sur le profil de plage (de l'ordre de 3 mètres) ce qui permettra de la protéger sous la plage lors des grandes houles.

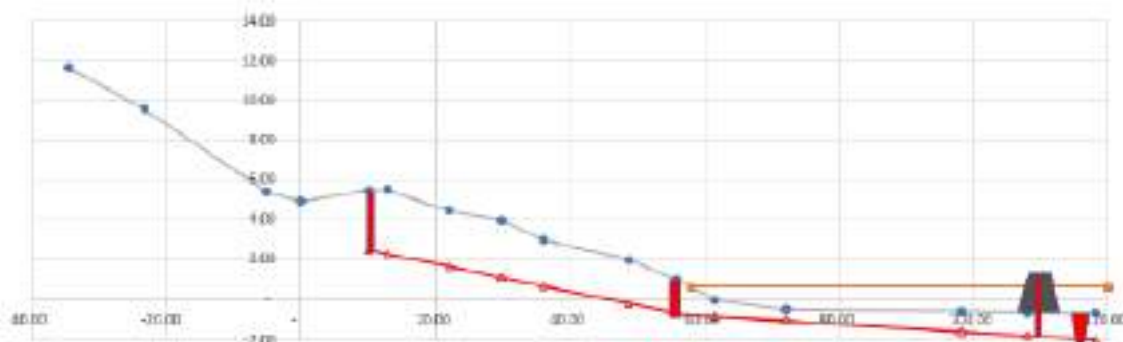


Figure 22: Schéma d'implantation de la canalisation sous la plage et le bassin

Tableau 7 : Profil en long de l'ouvrage hydraulique

Distance cumulée	TN	Projet	Profondeur	Pente
- 34.51	11.70			
- 23.13	9.60			
- 5.13	5.43			
-	4.95			
9.88	5.49	2.50	2.99	7%
12.71	5.51	2.30	3.21	7%
21.89	4.50	1.66	2.84	7%
29.65	4.00	1.12	2.88	7%
36.01	3.00	0.68	2.32	7%
48.71	2.00	0.21	2.21	7%
55.77	1.00	0.70	1.70	2%
61.42	-	0.81	0.81	2%
72.01	- 0.50	1.02	0.52	2%
98.13	- 0.60	1.54	0.94	2%
108.02	- 0.65	1.74	1.09	2%
118.00	- 0.70	1.94	1.24	2%

Au niveau de la sortie, l'idéal aurait été d'un point de vue hydro-sédimentaire de pouvoir déboucher à gueule bée dans la pente. La canalisation sera à environ 1.50 m sous le niveau du fond (pour passer sous l'endiguement). Ainsi pour déboucher à gueule bée, il faudrait prolonger la canalisation de plusieurs dizaines de mètres au-delà de la digue projetée, pour aller chercher le tombant, qui plus est dans la zone de déferlement à des cotes de l'ordre de -2m NGR.

Compte tenu de la difficulté à réaliser ces travaux il est donc envisagé de faire déboucher la canalisation dans une fosse remplie de matériaux drainants et résistants à la houle.

Il est possible de créer un regard au niveau de la digue afin de pouvoir procéder à un curage si nécessaire.

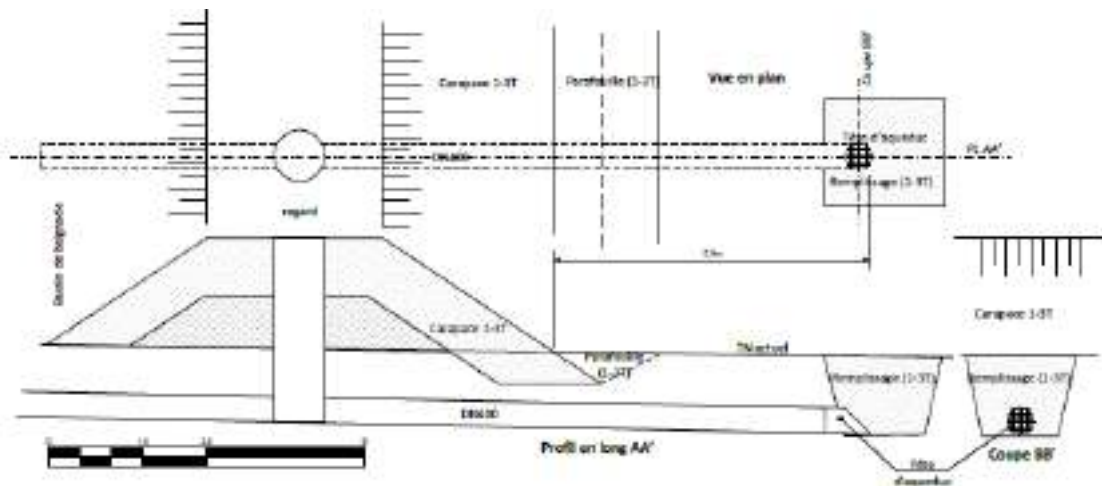


Figure 23: Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique

6.2.1.5.2 Dimensionnement de l'ouvrage

6.2.1.5.2.1 Caractéristiques du bassin versant

Ce bassin versant est délimité sur la base des données géographique du site Géoportail (IGN 25000) (Figure 24).



Figure 24: Localisation du bassin versant

Les caractéristiques physiques du bassin versant sont les suivantes :

- Superficie : 5.65ha
- Occupation du sol :
 - 15% urbain en tête de bassin
 - 75% forêt
 - 10% rural (milieu ouvert)
- Chemin hydraulique : 550m
- Pente :
 - 5% sur la partie urbaine (sur 240m)
 - Environ 30% en zone forestière (sur 250m)

- 9% en partie embouchure (sur 60m)

6.2.1.5.2.2 Définition du débit de projet

La frange littorale de Petite-Ile se situe en zone 2 du Guide Méthodologique de Gestion des Eaux Pluviales La Réunion (DREAL octobre 2012).

Le couvert végétal forestier entraîne un temps d'humectation significatif (th pris entre 30 et 45 minutes selon l'occurrence). Le temps de parcours varie entre 36 et 55 minutes entre une occurrence centennale et décennale.

Les coefficients de Montana retenus sont donc $a = 72$ et $b = 0.33$ pour une occurrence décennale.

Tableau 8: Données hydrologiques du bassin versant de Petite Ravine

Période de retour	Coef de ruissellement	Temps de concentration	Intensité	débit de pointe	débit pseudo-spécifique
T [ans]	Cr	$T_c = T_p + T_h$ [min]	I [mm/h]	Q [m ³ /s]	q p spé [m ³ /s/km ^{0.8}]
5	25%	60	63	0.25	2.5
10	30%	55	74	0.34	3.4
20	32%	50	86	0.43	4.3
30	35%	45	95	0.52	5.2
50	40%	40	107	0.67	6.7
100	45%	36	121	0.85	8.5

Pour une période de retour de 10 ans le débit projet est de 340 l/s.

Au-delà d'une occurrence décennale, nous pouvons considérer être en situation cyclonique ou tempête tropicale. Dans des conditions cycloniques ou équivalentes, les risques de pollution et de contamination sont de second ordre du fait du brassage et de la dilution et de par les débris apportés par la mer et le vent. L'ouvrage devra maintenir des conditions de chasse pour des débits caractéristiques d'épisodes fréquents, soit environ 100l/s.

6.2.1.5.2.3 Dimensionnement hydraulique

Grille d'entonnement

La grille avaloir est dimensionnée pour engouffrer le débit de dimensionnement avec une charge maximale de 10cm sur la grille. Le dimensionnement est réalisé sur la base d'un calcul de Torricelli en tenant compte d'un colmatage de 20% par des flottants.

La grille aura les caractéristiques suivantes :

- Taux de vide de 60% (par exemple avec des barreaux de 2cm pour un barreaudage de 3cm)
- Surface de la grille : >1.2m² (par exemple 1.5 x 0.8m)
- La grille sera inclinée selon une hauteur de 10cm sur la largeur ouverte de la grille.
- Cote de la grille (cadre ouvert) comprise entre 5.35 et 5.45mNGR

A noter que le taux de vide de la grille est linéairement lié à la surface de la grille. Le choix d'une grille plus ouverte (respectivement fermée) permet une surface de grille proportionnellement plus réduite (respectivement augmentée).

Canalisation de transfert

La conduite dont le départ est placé au point bas de la chambre est dimensionnée selon un calcul de perte de charge singulière (Borda) et linéaire (Calcul de Colebrook – White) sur la base d'hypothèses conservatives.

La conduite fonctionne donc en charge avec un niveau aval tenu par les conditions maritimes. La charge aval retenue à 0.65mNGR pour les calculs est supérieure à la cote extrême en condition normale (0.56mNGR) et correspond à un niveau extrême en condition cyclonique décennale.

Les principaux résultats caractérisant l'écoulement dans la conduite sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 9: Note de calcul de perte de charge dans la canalisation d'évacuation de la ravine

Caractéristiques	Unité	Valeur
charge amont	mNGR	4.4
charge aval	mNGR	0.65
perte de charge (Am-Av)	m	3.75
linéaire	m	100
Diamètre conduite	m	0.4
Section	m ²	0.13
Vitesse	m/s	3.3
débit	m ³ /s	0.41
coefficient de perte de charge		6.75
<i>inlet</i>		0.5
<i>outlet</i>		1
<i>Singulière autre (regard, coude, grille)</i>		1.5
<i>linéaire</i>		3.75
rugosité	mm	0.1
epsilon		0.0003
Nombre de Reynolds		1 320 000
Coef de frottement (Colebrook-White)	f	0.015

Le graphe ci-dessous indique les vitesses selon les différents débits qui permettent de garantir des vitesses supérieures à 1m/s pour conserver une capacité d'auto-curage.

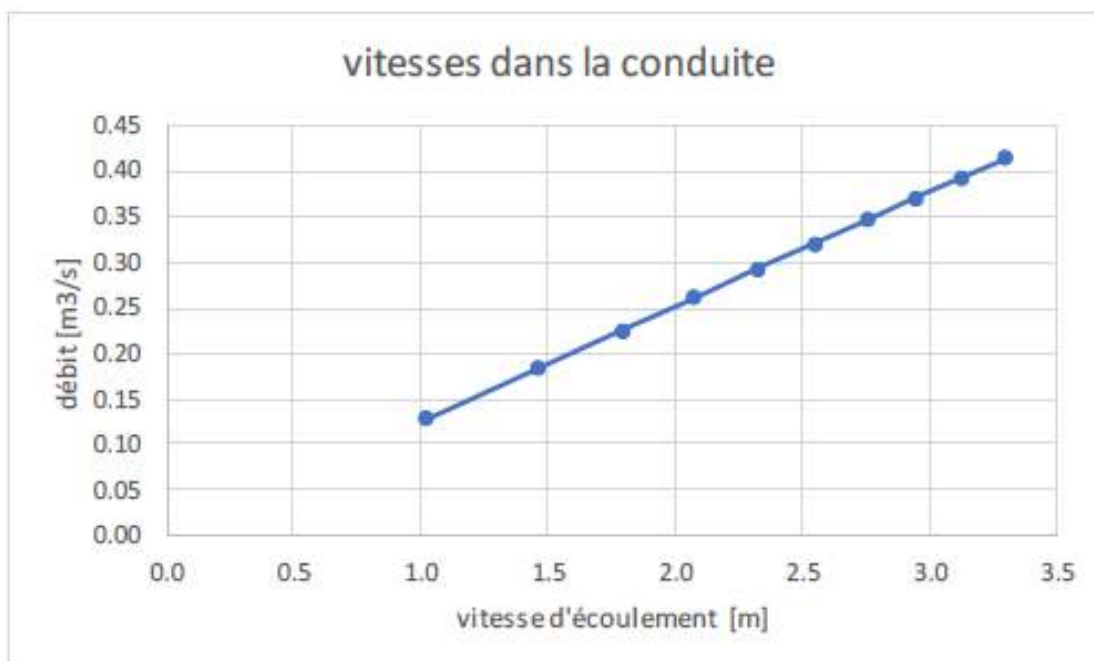


Figure 25 : Graphiques des vitesses et débits d'écoulement nécessaires au maintien de la capacité d'auto-curage de la canalisation

L'étude de dimensionnement hydraulique conclut sur une canalisation circulaire de diamètre utile DN 400 mm.

Des tubes en PEHD électrosoudables sont privilégiés compte tenu des qualités de ce matériau : résistance aux agressions chimiques, mécaniques, à l'abrasion et à la corrosion.

6.2.1.6 Etude des conditions hydrodynamique dans le bassin

Une étude portant sur les franchissements par paquets de mer et sur l'estimation du renouvellement des eaux a été menée pour répondre aux enjeux de préservation de la qualité de l'eau pour la baignade et des conditions favorables au développement des coraux qui ont colonisé la partie Est du bassin actuel.

Les étapes de l'étude ont été les suivantes :

- Définition des conditions de débit franchissant sécuritaire pour la baignade dans la configuration actuelle
- Analyse spécifique des conditions de franchissements par paquets de mer pour la configuration projetée finalement retenue
- Estimation du renouvellement de l'eau par franchissement

6.2.1.6.1 Description des conditions de vagues et niveaux d'eau en données d'entrée des modèles

Les conditions de vagues ont été analysées à partir de modèle d'Actimar¹ à partir du modèle WaveWatch3 sur la période 2000-2014, complétée par les sorties du modèle MARC d'IFREMER sur la période 2017-2021. Les conditions médianes à la station ptAope, située à environ 500 m au large du bassin (Figure 26 et Figure 27), sont caractérisées par une hauteur significative (Hs) de 1.7 m, une période de pic (Tp) de 13.5 s, et une direction moyenne/pic de 193°N/210°N (i.e. Sud-Sud-Ouest). L'analyse directionnelle des conditions (médianes) incidentes confirme que les vagues sont de secteur S à SO environ 250 jours/an. Les séries temporelles de Hs/Tp à la station ptAope mettent en évidence que les vagues atteignent des hauteurs supérieures à 4 m potentiellement plusieurs fois par an, avec des périodes de pic pouvant dépasser 20 s.

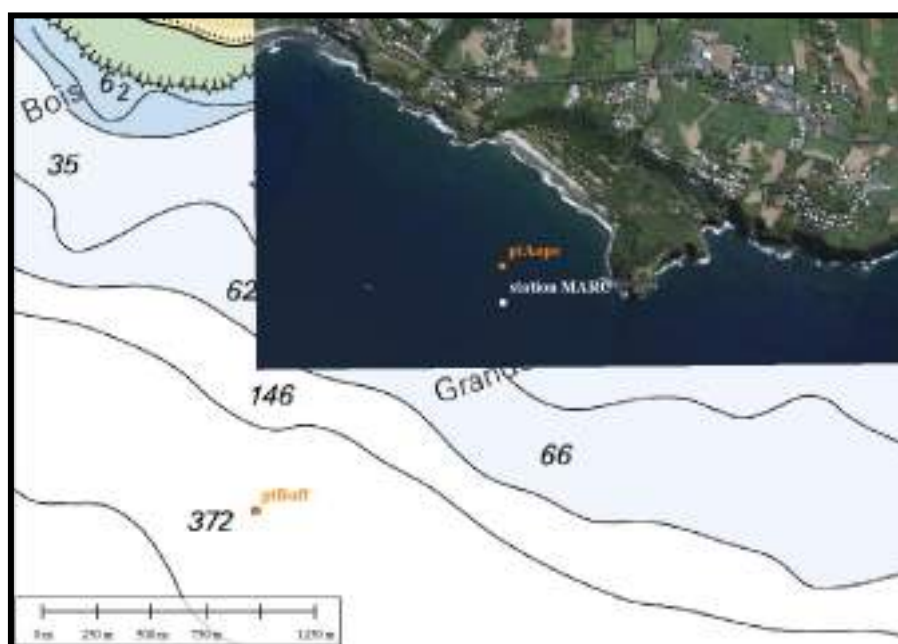


Figure 26 : Localisation des stations de sortie des modèles de vagues ERM-WW3 (Actimar) et MARC IFREMER exploitées dans le cadre de l'étude. Fonds de plan : carte SHOM 7328 ; orthophotographie IGN géoportail.

¹ Modèle Eléments finis Réunion Maurice correspondant à un rejet sur 15 ans du modèle Hydrorun forcé par les données CFSR pour le vent

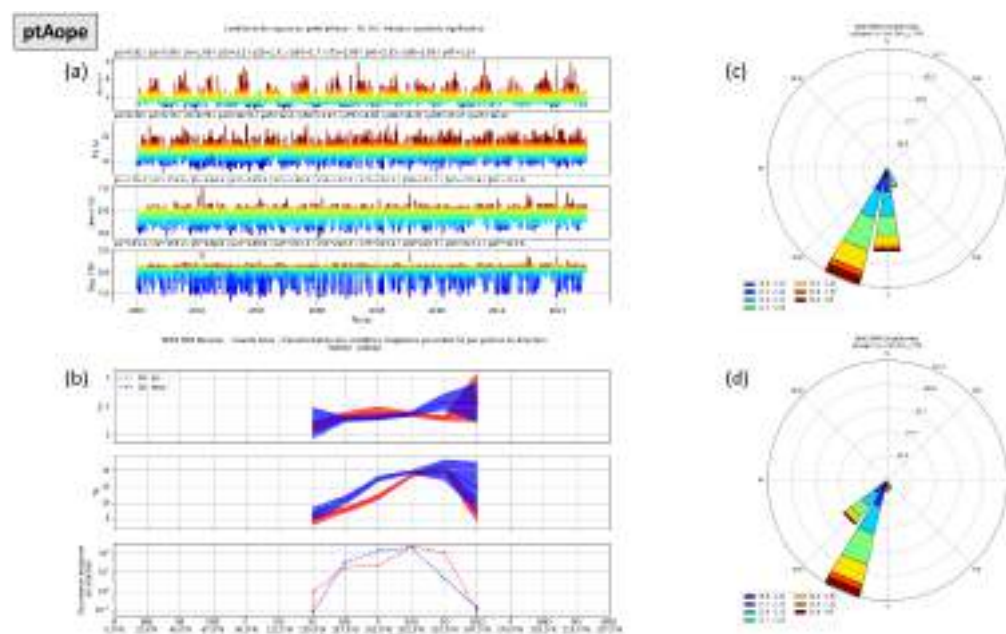


Figure 27 : Sorties du modèle de vagues ERM-WW3 d'Actimar exploitées sur la période 2000-2014 :
(a) Séries temporelles de hauteur significative de vagues (Hs en m), période de pic (Tp en s), direction moyenne (Dirm en °N), les couleurs faisant références aux différents percentiles pour chaque variable ; (b) Analyse directionnelle (en fonction de Dirm et Dirp) des Hs et Tp ; (c) et (d) roses des hauteurs de vagues en fonction des directions moyenne et de pic, respectivement.

Les percentiles de Hs ainsi que leurs périodes de pic représentatives sont présentés dans le Tableau 10. Ces statistiques de vagues (toute direction confondue) seront notamment utilisées dans certaines simulations numériques présentées par la suite.

Tableau 10: Conditions de vagues retenues pour les simulations numériques.

Percentile de Hs	Valeur de Hs (m)	Tp représentative (s)
10	1.23	12.03
50 (médian)	1.78	12.78
90	2.57	13.27
99	3.61	14.72

Concernant les niveaux d'eau, le marnage moyen est d'environ 0.45 m, et fluctue entre 0.15 m en morte-eau et 0.7 m en vive-eau (environnement microtidal). Les niveaux de référence à Saint-Pierre, exprimés par rapport à la référence altimétrique NGR située 0.554 m au-dessus du zéro hydrographique local, sont présentés dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Niveaux d'eau de référence (RAM, 2020) à Saint-Pierre, qui seront notamment utilisés dans les simulations numériques.

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354

6.2.1.1 Définition des conditions de débit franchissant sécuritaire (configuration existante)

6.2.1.1.1 Principe de la démarche

Un des critères pour la sécurité de la baignade concerne les franchissements par paquets de mer (vagues qui passent par-dessus l'ouvrage). Bien que ce phénomène soit documenté pour une grande diversité d'ouvrages côtiers dans le guide Eurotop (2018), les valeurs de débits franchissants demeurent très sensibles en fonction des spécificités du site (i.e. caractéristiques de l'ouvrage, conditions de vagues en pied d'ouvrage dépendantes des morphologies de fond environnantes). D'autre part, il n'existe pas, dans la littérature scientifique ou technique, de valeurs seuil de débits franchissants (à ne pas dépasser) dans le cas d'un bassin de baignade ou de méthodologie formellement établie permettant de le déterminer. Une approche a été mise en œuvre par les bureaux d'étude Actimar et BW-CGC afin de déterminer une valeur de débit franchissant sécuritaire pour le bassin de Grande Anse.

La méthodologie mise en œuvre repose sur l'étude des conditions de débits franchissants pour la configuration existante du bassin, à partir de l'analyse croisée d'images Google Earth, de simulations numériques réalisées avec le modèle à résolution de phase SWASH (cf. section 6.2.1.1.1.1), et des formules empiriques disponibles dans le guide Eurotop (cf. section 6.2.1.1.1.2).

Cette méthodologie se décline en plusieurs étapes :

- Tout d'abord, les conditions d'agitation et les niveaux d'eau associés à 45 images Google Earth prises entre le 10/07/2015 et le 15/09/2021 (présentées en Annexes) ont été déterminés en évaluant l'heure de chaque prise de vue à partir de l'orientation des ombres à terre. Les caractéristiques de Hs/Tp/Niveau d'eau pour chaque prise de vue sont présentées sur la Figure 28.
- Des simulations 1DH SWASH ont été réalisées pour 22 dates (entourées sur la Figure 28) afin de :
 - Calculer les débits franchissants associées à des conditions hydrodynamiques variées ;
 - Evaluer l'atténuation des vagues entre le large et l'ouvrage, c'est-à-dire une relation permettant de calculer le Hs en pied d'ouvrage (donnée d'entrée pour les formules de

- l'Eurotop) à partir du Hs au large. Une telle relation permet en effet de calculer un débit franchissant à partir de l'Eurotop pour n'importe quelle combinaison de Hs au large et de niveau d'eau.
- Les résultats SWASH ont été confrontés à ceux obtenus à partir d'une formule empirique de l'Eurotop. Les calculs réalisés à partir de l'Eurotop incluent :
 - ▷ Des estimations de débits franchissants à partir des conditions en pied d'ouvrage directement issues de SWASH (Qeurotop*)
 - ▷ Des estimations de débits franchissants à partir de la relation sur le facteur d'atténuation des vagues issues de SWASH (Qeurotop**)
- A partir de la combinaison des observations Google Earth, et des relations entre le débit franchissant, le niveau d'eau et la hauteur significative des vagues en pied d'ouvrage issues des simulations SWASH et de l'Eurotop :
 - ▷ Définition d'un débit franchissant sécuritaire pour la baignade. Ce seuil critique sera notamment utilisé afin d'ajuster au mieux la cote d'arase de l'ouvrage projeté.
 - ▷ Reconstitution de séries temporelles de débits franchissants (« rejeu ») sur la période 2017/2021, notamment pour l'évaluation des taux de renouvellement des eaux du bassin.

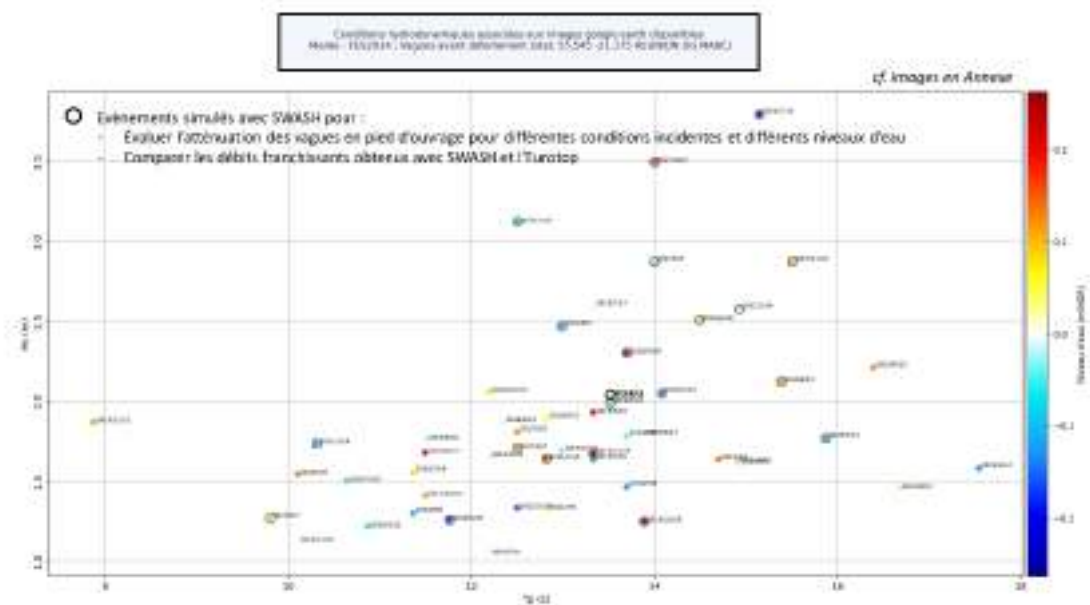


Figure 28 : Images Google Earth exploitées entre 2015 et 2021, et conditions de vagues (Hs, Tp) et de niveaux d'eau déterminées en évaluant l'heure de chaque prise de vue à partir de l'orientation des ombres à terre. Les évènements entourés en noir ont été simulés avec le modèle SWASH.

6.2.1.1.1.1 Méthode de calcul des débits franchissants avec le modèle SWASH 1DH

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Les simulations numériques ont été réalisées grâce au modèle numérique SWASH (Zijlema et al., 2011) permettant de représenter la propagation et la dissipation de chaque vague individuellement au sein du domaine de calcul (i.e. modèle à résolution de phase). En effet, ce modèle basé sur les équations du mouvement en eau peu profonde inclut un terme de pression non-hydrostatique permettant cette représentation individuelle des vagues. Ce type de modélisation est donc particulièrement adapté à l'étude des franchissements par paquets de mer. Elle requiert néanmoins une discrétisation détaillée en temps et en espace (e.g. nombre de nœuds de calcul suffisant par longueur d'onde).

Pour notre cas d'étude, une modélisation 1DH a été mise en place le long du profil illustré sur la Figure 29. La résolution horizontale du modèle est de 0.5 m et une seule couche est considérée sur la verticale. La bathymétrie prise en compte dans le modèle combine les données Litto3D (décembre 2016) et un levé fourni par la SPL Maraina et datant de juin 2018 sur la zone du bassin (cf. Figure 30). La durée de l'ensemble des simulations réalisées est d'une heure. Dans le modèle, l'ouvrage présente une cote d'arase à +1 m NGR, et est caractérisé par une rugosité de Nikuradse de 0.92 m (i.e. Dn50 mentionné dans l'AVP), contre 0.0005 m sur le reste du profil. On peut souligner que l'ouvrage est nécessairement non poreux (pas de buses, pas d'infiltration) pour pouvoir quantifier le débit franchissant avec le modèle SWASH.

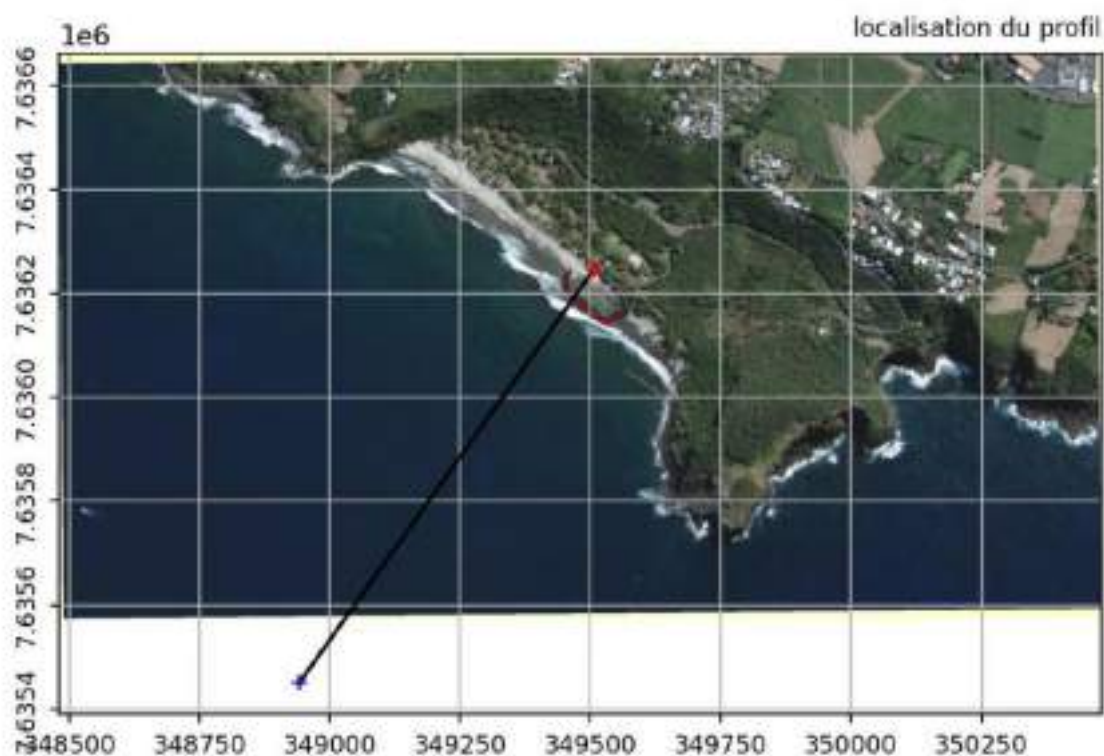


Figure 29 : Localisation du profil de modélisation SWASH 1D pour la configuration existante du bassin.

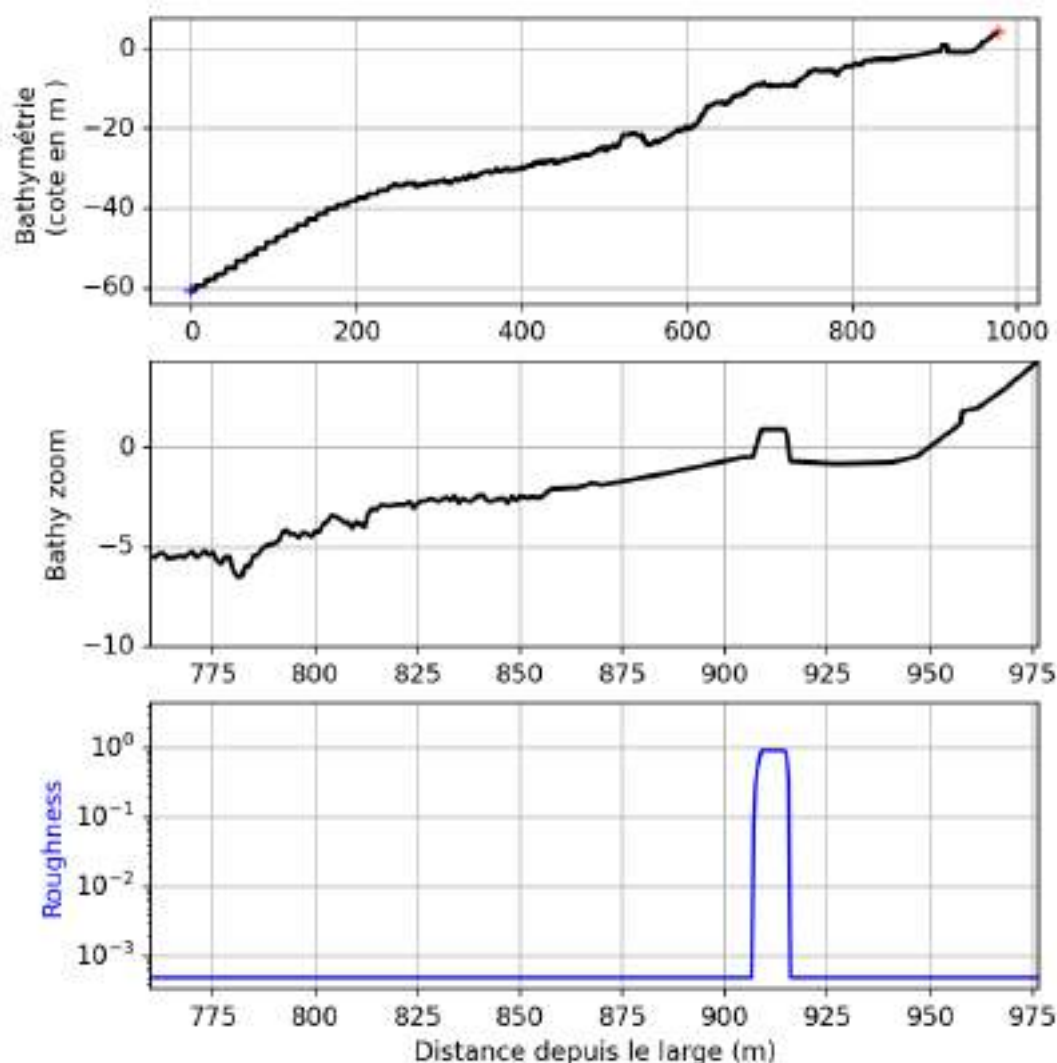
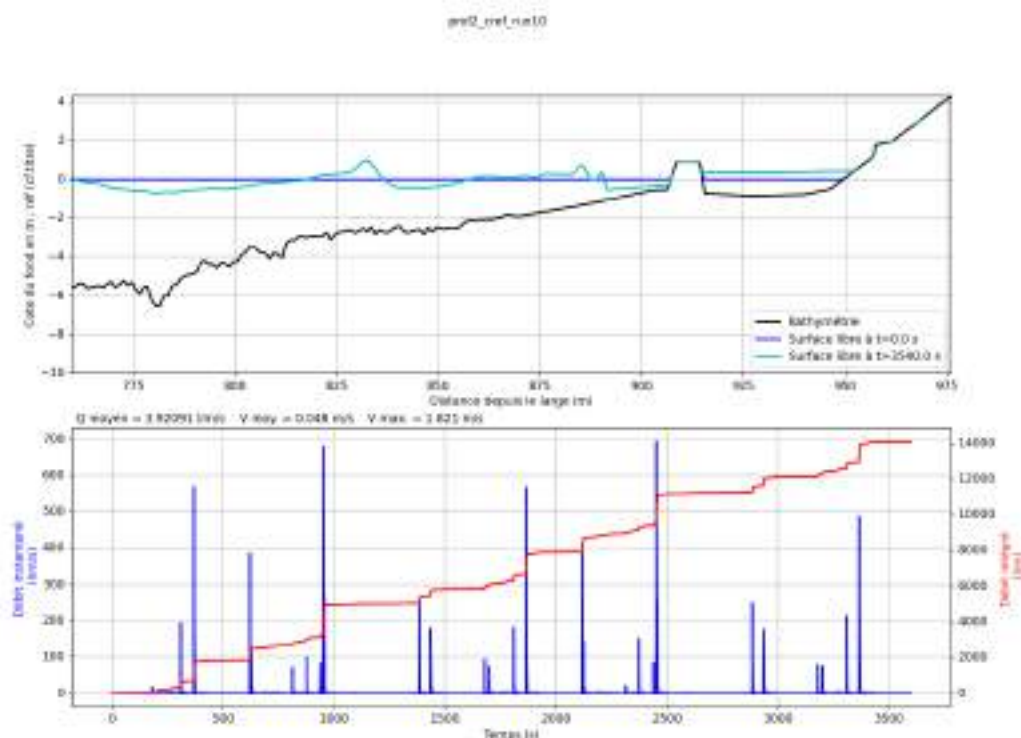


Figure 30 : Modèle 1D SWASH mis en place sur la configuration existante du bassin, avec sa bathymétrie (en m NGR), et la rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de la digue en enrochement sur les franchissements par paquets de mer.

Les simulations SWASH permettent de calculer les débits franchissants instantanés et cumulés, ainsi que la vitesse des lames d'eau, au niveau de l'arase de l'ouvrage pour chaque simulation. La Figure 31 présente un résultat typique de modélisation SWASH pour les conditions du 15/08/2019 ($H_s=2.14$ m ; $T_p=15.4$ s ; Niveau = +0.11 m NGR), avec une représentation des débits franchissants au cours du temps ainsi qu'une comparaison des surfaces libres au début et à la fin de la simulation, montrant notamment l'augmentation du niveau d'eau dans le bassin (résultant des franchissements) après une heure de simulation. Pour cette simulation, le débit franchissant moyen, Q_{moy} , est de 3.9 l/m/s, et les vitesses moyenne/maximale des lames d'eau sont de 0.05 m/s et 1.8 m/s, respectivement.



6.2.1.1.1.2 Méthode de calcul des débits franchissants à partir d'une formule empirique de l'Eurotop

Les débits franchissants ont également été calculés à partir de la formule empirique suivante extraite de l'Eurotop (Equation 6.5 dans le manuel Eurotop de 2018), adaptée pour les pentes simples en enrochement comprises entre 2H/1V et 4H/3V :

$$\frac{q}{\sqrt{g \times H_{m0}^3}} = 0,09 \times \exp \left[- \left(1,5 \frac{R_c}{H_{m0} \times \gamma_f \times \gamma_\beta} \right)^{1,3} \right]$$

Avec :

- q le débit franchissant (en m³/s par mètre linéaire) ;
- g est l'intensité de la pesanteur (9.81 m.s⁻²) ;
- H_{m0} est la hauteur significative de la houle en pied d'ouvrage (en m) ;

- R_c est la revanche de la digue (en m) qui correspond à la différence entre la cote d'arase de l'ouvrage et le niveau moyen de la mer au repos (donc sans prise en compte des vagues) ;
- γ_f un facteur de rugosité spécifique à l'Eurotop, fixé ici à 0.4 (valeur recommandée pour un talus en enrochement perméable ; cf. Tableau 6.2 du guide Eurotop) ;
- γ_β un facteur relatif à l'angle d'incidence de la houle, fixé à 1 pour une incidence perpendiculaire à l'ouvrage.

Cette formule empirique (Equation 6.5) permet de calculer un débit ou un volume franchissant à partir des conditions hydrodynamiques incidentes (en l'occurrence le H_s en pied d'ouvrage) et de la revanche de l'ouvrage (i.e. de l'écart vertical entre la cote d'arase et le niveau d'eau), pour une configuration présentant un talus simple en enrochement et un noyau perméable.

6.2.1.1.2 Estimation du facteur d'atténuation des hauteurs de vagues entre le large et le pied d'ouvrage

Les résultats des simulations SWASH pour les 22 dates sélectionnées ont tout d'abord été utilisés afin d'étudier le facteur d'atténuation des hauteurs de vagues entre le large ($H_{m0,off}$) et le pied d'ouvrage ($H_{m0,toe}$), pour les différentes conditions hydrodynamiques testées, c'est-à-dire différentes combinaisons de $H_{m0,off}$ et de niveau d'eau (η). Le facteur d'atténuation ($fac_{Hm0} = H_{m0,toe} / H_{m0,off}$) pour les différentes simulations est représenté en fonction du niveau d'eau et de la hauteur des vagues au large sur la Figure 32. Le méthode retenue pour le calcul du fac_{Hm0} est la suivante : le facteur d'atténuation associé à n'importe quelle combinaison ($H_{m0,off}$, η) est calculé en réalisant une moyenne pondérée des facteurs associés aux 3 couples ($H_{m0,off}$, η) les plus proches simulés avec SWASH.

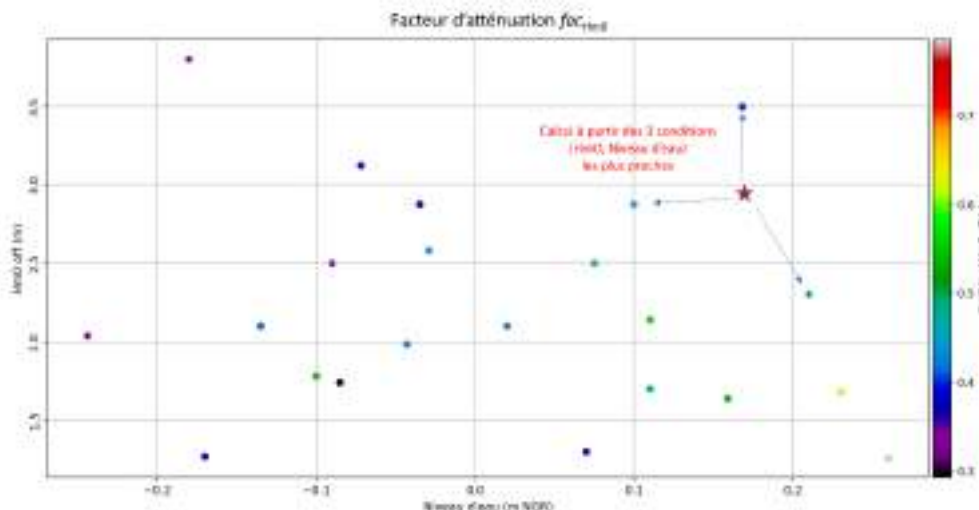


Figure 32 : Facteurs d'atténuation des hauteurs de vagues entre le large ($H_{m0,off}$) et le pied d'ouvrage ($H_{m0,toe}$) obtenus pour les différentes conditions hydrodynamiques (i.e. combinaisons ($H_{m0,off}$, Niveau d'eau)) simulées avec le modèle SWASH.

6.2.1.1.3 Analyse croisée des observations Google Earth, des résultats SWASH et des prédictions de l'Eurotop

6.2.1.1.3.1 Comparaison des débits franchissants de SWASH et de l'Eurotop

Les débits franchissants déterminés à partir du modèle SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop sont comparés pour les 22 dates correspondant aux images Google Earth. Pour l'Eurotop, on distingue deux calculs pour chaque date :

- Une estimation des débits franchissants à partir des conditions en pied d'ouvrage directement déduites des simulations SWASH (Q_{eurotop}^*)
- Une estimation des débits franchissants à partir de la hauteur significative des vagues en pied d'ouvrage déduite de la relation d'atténuation des vagues incidentes depuis le large (Q_{eurotop}^{**} ; cf. section 6.2.1.1.2)

La Figure 33 représente une comparaison des débits franchissants calculés à partir de SWASH et de l'Eurotop au cours du temps, en les mettant en regard avec les conditions de vagues et de niveaux d'eau prises en compte. Les débits franchissants sont également comparés dans une représentation classique exprimée en fonction de la revanche relative R_c/H_{m0} (Figure 34). La très bonne cohérence entre les résultats déduits du modèle SWASH et de l'Eurotop met en évidence la fiabilité et la pertinence des deux approches pour les besoins de l'étude (inter-validation en l'absence de mesures sur site). En particulier, la formule Eurotop semble adaptée pour réaliser un jeu de débit franchissant sur une plus longue période.

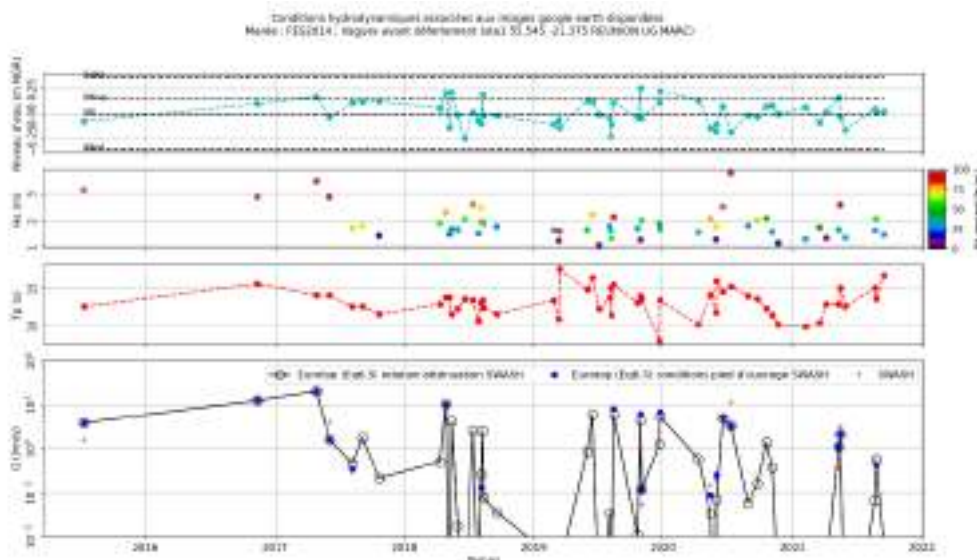


Figure 33 : Comparaison des débits franchissants (Q en l/m/s) estimés à partir de la modélisation SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop pour les différentes images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021. Les conditions hydrodynamiques (H_s , T_p , Niveau d'eau) associées sont également représentées.

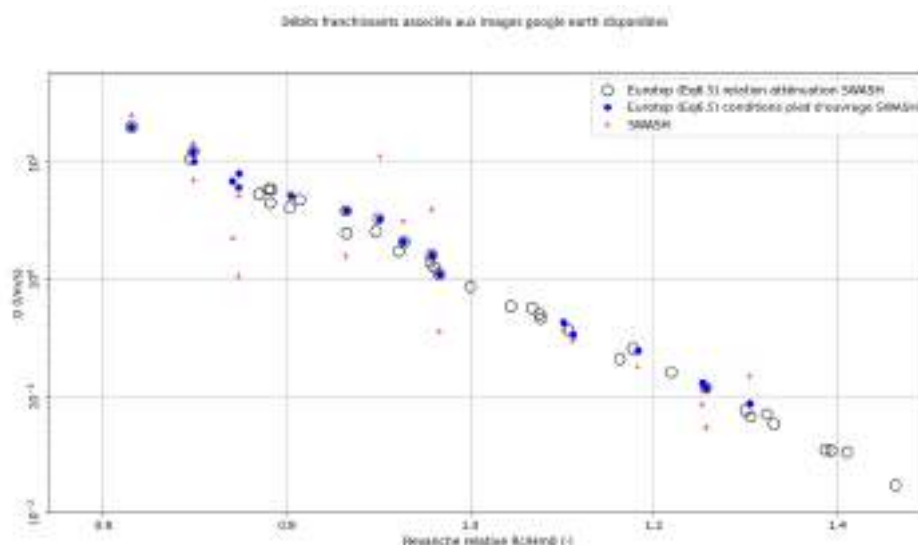


Figure 34 : Comparaison des débits franchissants (Q en l/m/s) estimés à partir de la modélisation SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop pour les différentes images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021. Les débits franchissants sont ici représentés en fonction de la revanche relative R_c/H_{m0} (représentation classique).

6.2.1.1.3.2 Mise en relation des débits franchissants et des conditions de baignade

Les 45 images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021 (cf. Annexe 1) ont été classées par ordre décroissant de débit franchissant (Tableau 12). L'association des valeurs de débits déduites des modélisations SWASH ou de l'outil Eurotop avec ces images Google Earth fournit une indication intéressante sur le niveau d'agitation observé dans le bassin pour des conditions de franchissement variées. Pour la situation du 27/04/2017, les débits franchissants compris entre 20 et 25 l/m/s semblent par exemple associés à un niveau d'agitation trop important dans le bassin afin de garantir la sécurité de la baignade.

Tableau 12 : Extrait des comparaisons des débits franchissants obtenus avec le modèle SWASH et avec l'outil Eurotop (classés par ordre décroissant d'intensité) associés aux différentes images

Google Earth, et caractérisation des conditions de baignade en fonction du niveau d'agitation observé dans le bassin et des valeurs de débit calculées.

Date	Niveau (m NGR)	Hs (m)	Tp (s)	Q eurotop ** (l/m/s)	Q eurotop* (l/m/s)	Q swash (l/m/s)	Conditions de baignade
2017-4-27	0.168	3.5	14.0	20.06142	20.054	25.216	Danger
2016-11-12	0.1	2.875	15.5	12.56736	12.581	14.4	Agité
2018-4-28	0.212	2.306	13.699	10.65722	10.218	7.021	X
2019-6-15	0.126	2.21	16.393	5.92691			X
2019-8-15	0.112	2.124	15.385	5.90561	8.012	5.12	Ok +
2019-12-24	0.23	1.67	13.333	5.36439	6.880	2.25	Ok +
2020-6-18	0.075	2.508	14.493	4.80315	5.210	5.425	X
2019-10-29	0.263	1.248	13.889	4.51912	6.0966	1.07	Ok +
2018-5-14	0.212	1.678	11.494	4.15138			Ok -
2015-7-10	-0.072	3.125	12.5	3.85565	3.8594	1.586	Ok -
2020-7-10	-0.179	3.798	15.152	3.29038	3.254	11.33	Agité
2018-7-14	0.017	2.598	13.333	2.56085			Ok ++
2018-8-10	0.194	1.928	13.333	2.50235			Ok ++
2021-5-14	-0.029	2.58	14.925	2.1001	2.1087	3.101	Ok -
2017-9-3	0.118	1.808	12.5	1.7458			Ok +
2017-6-3	-0.035	2.875	14.0	1.62571	1.6194	3.967	Ok +
2020-10-19	0.076	2.062	12.195	1.39302			Ok +
2019-12-21	0.11	1.87	7.874	1.26219			Ok ++

L'analyse croisée des observations Google Earth et des calculs de débits franchissants a permis de mettre en évidence :

- Un débit franchissant critique pour la baignade de l'ordre de 10 l/m/s
- Une vitesse franchissante associée ne dépassant pas 2.25 m/s (Figure 35)

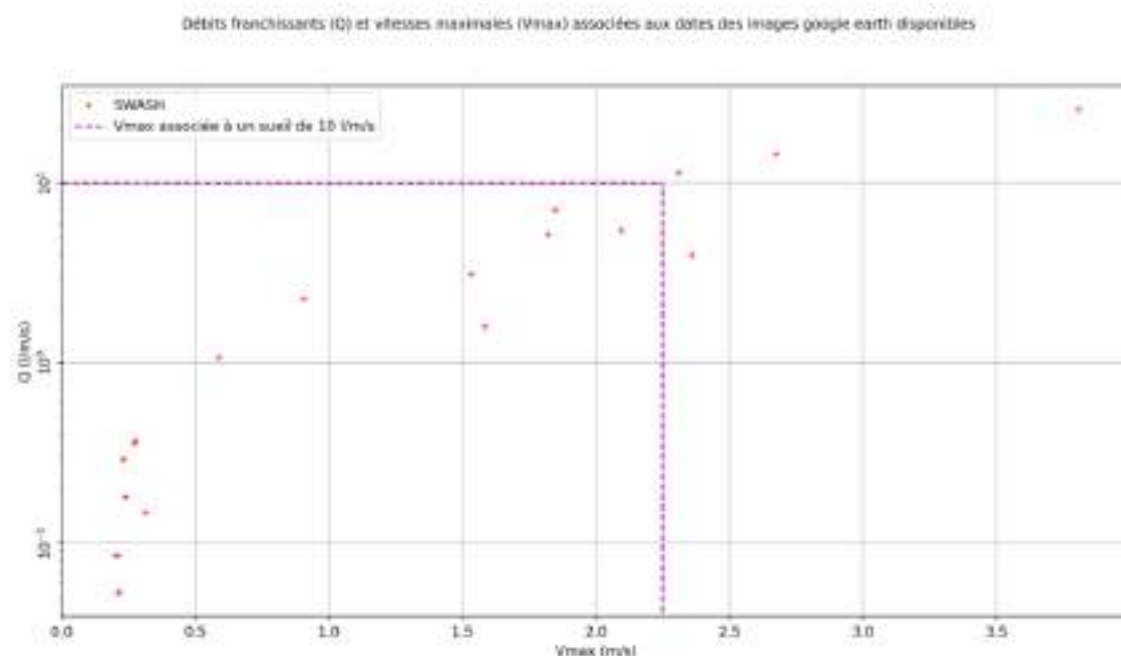


Figure 35 : Débits franchissants et vitesses maximales des lames d'eau au niveau de l'arase pour les 22 dates simulées avec le modèle SWASH.

On peut souligner que l'appréciation des conditions de baignade, sur les images Google Earth, tient compte uniquement des conditions de franchissement et de l'hydrodynamisme induit dans

le bassin. La contribution des processus de réflexion sur le muret (de bas de plage côté Ouest du bassin) à dégrader les conditions de baignade dans le bassin n'est pas prise en compte car difficilement appréciable en vue de dessus. De plus l'appréciation est « moyenne » à l'échelle du bassin et ne tient pas compte de secteurs critiques à proximité de certaines portions de l'ouvrage qui se sont affaissées. Il faudra évaluer, à franchissement équivalent (en moyenne le long de l'ouvrage), dans quelle mesure les conditions de baignade de l'état aménagé seront sécurisées en limitant au maximum les processus de réflexion (puisque le muret sera supprimé) et en l'absence de singularités (en l'occurrence des points bas) le long de la section exposée de l'ouvrage (des points bas sur les retours de digue, qui peuvent constituer des aménagements efficaces pour le renouvellement des eaux, étant moins problématiques pour la sécurité de la baignade).

6.2.1.1.3.3 Analyse des conditions de dépassement du débit franchissant critique

Un rejeu de débit franchissant a été réalisé sur la période 2017-2021 (données d'entrée : marée → atlas FES2014 ; vagues → sorties du modèle MARC IFREMER) à partir de la formule de l'Eurotop (Figure 36), afin d'analyser les conditions de dépassement du seuil de débit franchissant critique pour la sécurité de la baignade. Ainsi, en considérant un seuil sécuritaire de 10 l/m/s pour les débits franchissants, les conditions de baignade sont estimées comme étant acceptables **97% du temps**. En d'autres termes, les débits franchissants ne dépassent la valeur critique de 10 l/m/s que 3% du temps, soit environ 11 jours/an.

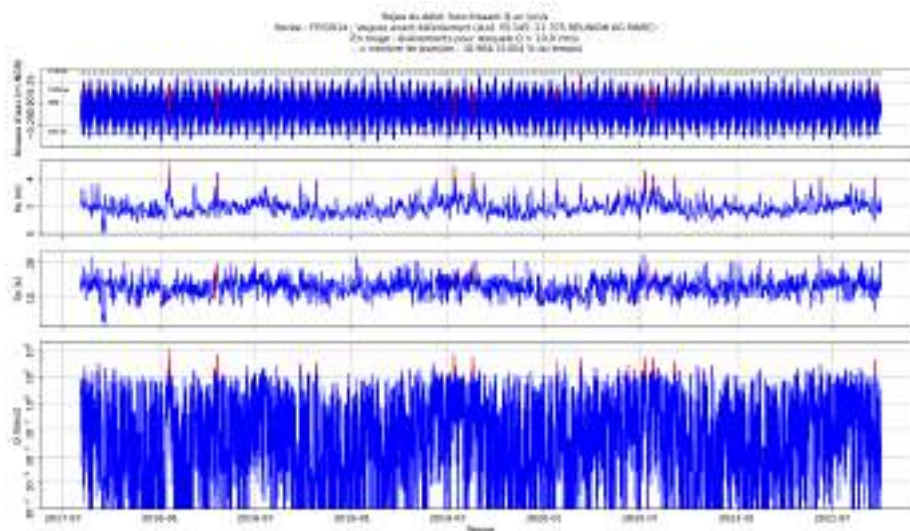


Figure 36 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (Hs et Tp extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées. Les périodes représentées en rouge sont associées à des débits franchissants supérieurs au seuil sécuritaire de 10 l/m/s.

La Figure 37 représente les combinaisons de hauteurs significatives au large et de niveaux d'eau aboutissant à un débit franchissant supérieur à 10 l/m/s. Par exemple, le débit franchissant sera supérieur à la valeur critique de 10 l/m/s pour :

- Un niveau d'eau PMsup (i.e. +0.146 m NGR) et pour une hauteur de vague incidente supérieure à 2.6 m (percentile 90 des Hs).

- Un niveau d'eau PHMA (i.e. +0.366 m NGR) et pour une hauteur de vague incidente supérieure à 1.78 m (percentile 50 des Hs).

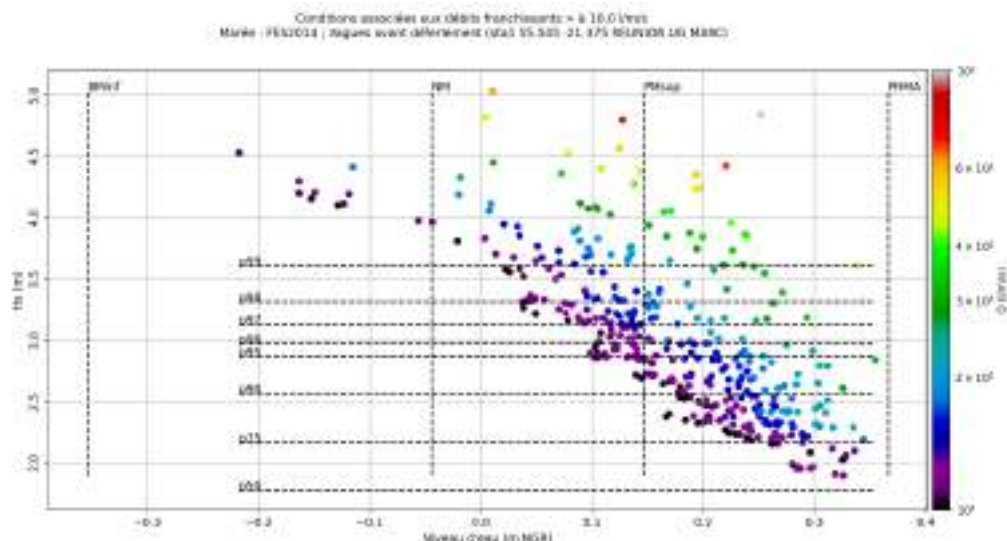


Figure 37 : Débits franchissants supérieurs au seuil sécuritaire de 10 l/m/s (Q en l/m/s), calculés à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021, représentés dans un diagramme (H_s , Niveau d'eau). Les traits pointillés verticaux et horizontaux donnent des indications sur les niveaux d'eau de référence et les percentiles de vagues (H_s) associés, respectivement.

6.2.1.2 Analyse des conditions de débits franchissants pour la configuration projetée retenue

Les conditions de débits franchissants ont été simulées avec le modèle SWASH et estimées avec la formule de l'Eurotop pour différentes conditions hydrodynamiques (total de 13 simulations), à savoir :

- 4 niveaux d'eau :
 - BMinf (-0.354 m NGR)
 - NM (-0.044 m NGR)
 - PMsup (+0.146 m NGR)
 - PHMA (+0.366 m NGR)
- 4 conditions de vagues incidentes correspondant à différents percentiles de hauteurs significatives de vagues et à leurs périodes de pic représentatives (percentiles P ; sorties MARC IFREMER)
 - P10 ($H_s=1.23$ m ; $T_p=12.03$ s) -> pour les 4 niveaux
 - P50 ($H_s=1.78$ m ; $T_p=12.78$ s) -> pour les 4 niveaux
 - P90 ($H_s=2.57$ m ; $T_p=13.27$ s) -> pour les 4 niveaux
 - P99 ($H_s=3.61$ m ; $T_p=14.72$ s) -> NM uniquement

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Pour l'analyse de franchissements par paquets de mer, la modèle SWASH (avec la même paramétrisation que celle décrite dans la section) a été appliqué à une coupe type représentative de l'ouvrage projeté telle que représentée sur la Figure 38 (coupe P06).

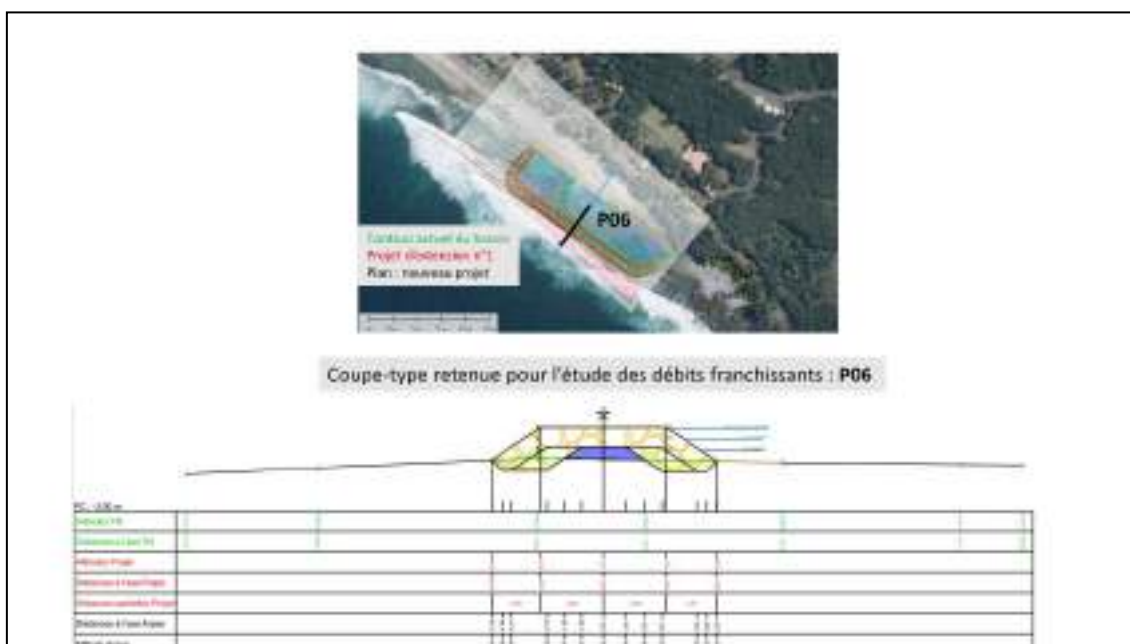


Figure 38 : Projet d'extension retenu pour bassin de baignade et coupe-type sélectionnée (P06) pour la mise en place du modèle 1D SWASH.

La localisation et la bathymétrie du modèle 1D SWASH mis en place sont représentées sur la Figure 39.

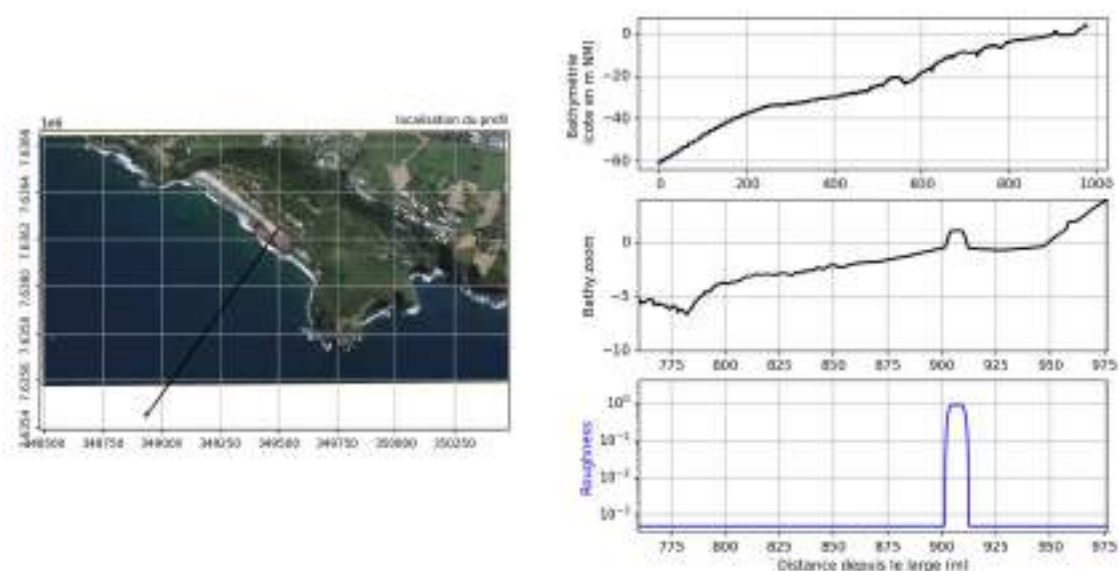


Figure 39 : Modèle 1D SWASH mis en place pour le projet d'extension retenu pour le bassin de Grande-Anse, avec une configuration d'ouvrage caractérisée par une arase de 6 m de large à la cote +1.1 m NGR : localisation du profil, bathymétrie (en m par rapport au niveau moyen, i.e. -0.044 m NGR), et rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de la digue en enrochement sur les franchissements par paquets de mer.

Les résultats de débits franchissants simulés avec le modèle SWASH au niveau de l'arase de l'ouvrage pour les différentes conditions hydrodynamiques sont synthétisés sur la Figure 40. Les débits franchissants sont représentés en fonction de la revanche relative (R_c/H_{m0}), des niveaux d'eau et des hauteurs de vagues incidentes, ou encore de la vitesse des lames d'eau franchissantes. De la même manière que pour les précédentes analyses, les résultats du modèle mettent logiquement en évidence une augmentation non linéaire du débit franchissant à mesure que la revanche diminue et que la hauteur des vagues incidentes augmente.

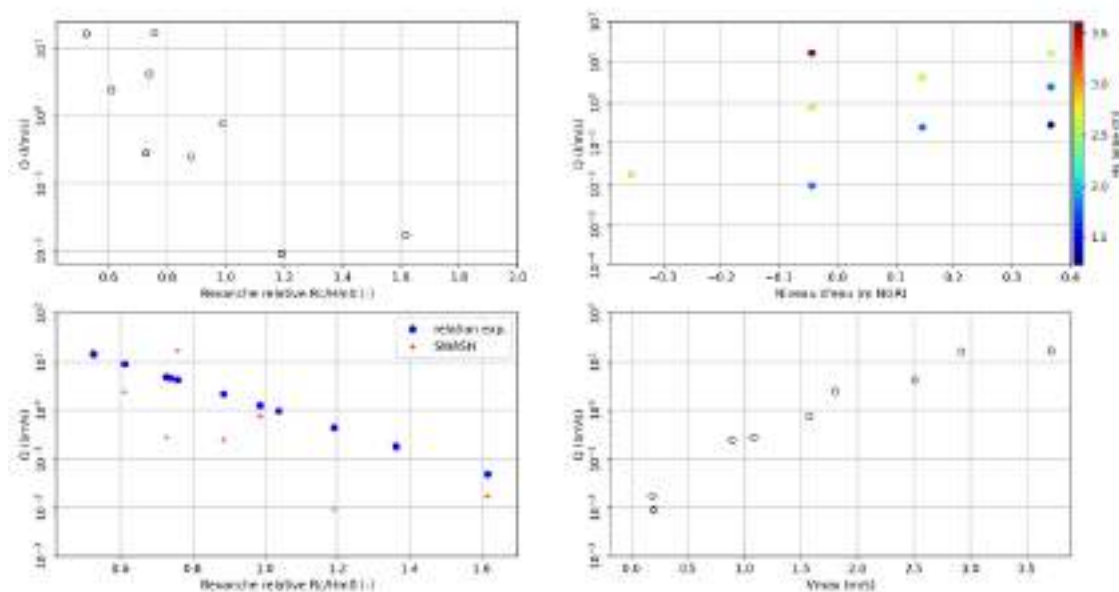


Figure 40 : Synthèse des débits franchissants obtenus avec le modèle 1DH SWASH pour la configuration projetée retenue, représentés en fonction de la revanche relative R_c/H_{m0} , du niveau d'eau et des hauteurs de vagues incidentes, ou de la vitesse maximale des lames d'eau franchissantes au niveau de l'arase (graphes du haut et en bas à droite). En bas à gauche : superposition des débits franchissants SWASH et de la relation exponentielle ajustée à partir de ces derniers en fonction de la revanche relative.

En considérant les niveaux d'eau issus de l'atlas de marée FES2014 et les sorties du modèle de vagues MARC IFREMER, un jeu de débits franchissants a été réalisé sur la période 2017-2021 à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH (Figure 41). Un zoom sur une période d'environ 10 jours (i.e. environ un cycle ME-VE) caractérisée par des conditions moyennes de vagues (H_s proches du percentile 50) est présenté sur la Figure 42. Les volumes franchissants à l'échelle de l'ouvrage intégrés sur chaque cycle de marée successif sont notamment représentés et mis en regard avec le nouveau volume du bassin.

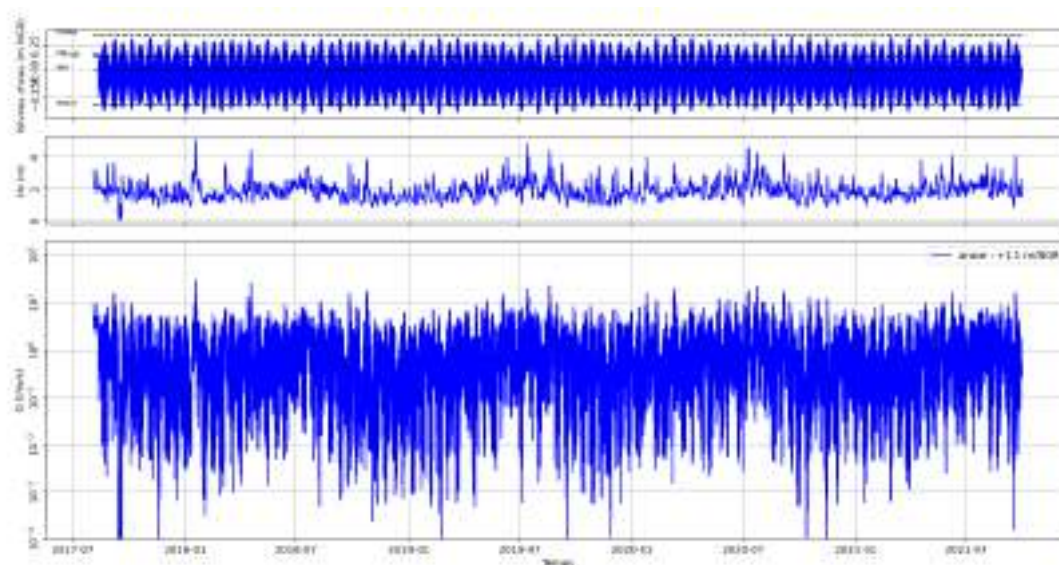


Figure 41 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH sur la période 2017-2021 pour la configuration projetée retenue. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (Hs extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées.

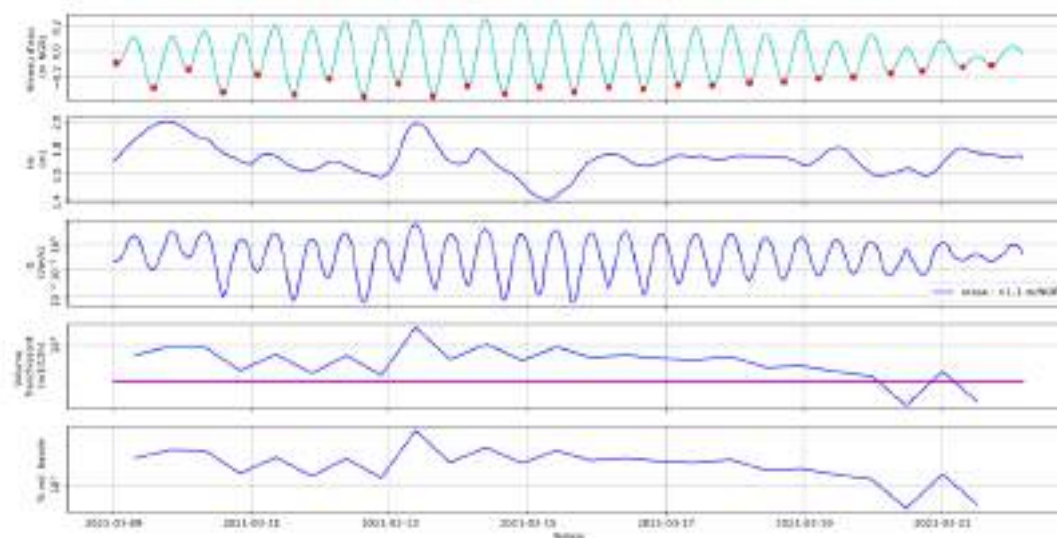


Figure 42 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s), réalisé à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH, présenté sur une période caractérisée par des hauteurs de vagues moyennes (Hs proches du percentile 50), pour la configuration projetée retenue. Sur les 2 graphes du bas, les volumes franchissants sont intégrés entre 2 basses mers successives sur l'ensemble du linéaire de l'ouvrage directement exposé à la houle (en m³/12h), et ces volumes sont mis en regard avec le volume du bassin (trait violet). Note : % vol. bassin = (volume franchissant / volume bassin)×100.

Les résultats de débits franchissants obtenus montrent que pour l'arase de l'ouvrage projeté à +1.1 m NGR :

- La sécurité de la baignade, avec un respect du seuil de 10 l/m/s, est assurée plus de 97% du temps.

- En comparant le volume franchissant moyen (en m³/m linéaire d'ouvrage) intervenant pour des conditions de vagues médianes sur l'ensemble d'un cycle morte-eau/vive-eau, ce volume est de **37 m³/m/12h**. On peut souligner que ce volume franchissant moyen par cycle de marée reste supérieur au volume du bassin lui-même (21.35 m³/m en considérant une profondeur d'eau moyenne de 0.61 m), ce qui indique une contribution très satisfaisante des franchissements par paquets de mer au renouvellement des eaux.

6.2.1.3 Estimation des temps de renouvellement des eaux du bassin

6.2.1.3.1.1 Méthodologie de l'approche

Une approche standard afin d'estimer le temps de renouvellement des eaux en marée seule est décrite par Sanford (1992) telle que :

$$T_{\text{chasse}(80\%)} = T_{\text{marée}} \times [\text{vol}_{\text{bassin}}/\text{vol}_{\text{tidal}}(1-\text{taux}_{\text{retour}})]$$

Avec :

- $T_{\text{chasse}(80\%)}$ (temps de chasse ou *flushing time*) le temps nécessaire pour renouveler 80% du volume du bassin ;
- $\text{vol}_{\text{bassin}}$ le volume du bassin (en m³) ;
- $T_{\text{marée}}$ la période de la marée (12h pour la composante principale semi-diurne M2) ;
- $\text{vol}_{\text{tidal}}$ le prisme tidal (en m³) ;
- $\text{taux}_{\text{retour}}$ le pourcentage d'eau sortant (e.g. au cours d'un cycle de marée) rentrant à nouveau dans le bassin par la suite (e.g. au cycle de marée suivant).

Dans le cas où le renouvellement des eaux se fait à la fois par la marée et par les franchissements par paquets de mer, le volume franchissant cumulé sur la période de marée, $\text{vol}_{\text{franchissant}}$, est ajouté à la formule de calcul :

$$T_{\text{chasse}} = T_{\text{marée}} \times [\text{vol}_{\text{bassin}}/(\text{vol}_{\text{tidal}}+\text{vol}_{\text{franchissant}})(1-\text{taux}_{\text{retour}})]$$

6.2.1.3.1.2 Estimation du temps de renouvellement par franchissement

Le rapport $\text{vol}_{\text{bassin}}/\text{vol}_{\text{tidal}}$ se ramène en première approche à un rapport entre la profondeur moyenne du bassin et le marnage. Pour le bassin projeté à Grande-Anse, les données topobathymétriques disponibles indiquent une profondeur moyenne de 0.6 m. Il faut de plus tenir compte d'un approfondissement de l'ordre de 1 m pour constituer le « bassin de nage » (moitié la moins profonde à -1.4 m NGR et moitié la plus profonde à -1.8 m NGR), dont la surface occupera environ 15% de l'ensemble du bassin, ce qui porte la profondeur moyenne du bassin à 0,75m (0,6m x 85% + 1,6m x 15%).

Les rapports $\text{vol}_{\text{bassin}}/(\text{vol}_{\text{tidal}}+\text{vol}_{\text{franchissant}})$ ont ainsi été calculés les différents marnages Δh (morte-eau, marée moyenne, et vive-eau) (cf. Tableau 13).

Tableau 13 : Volumes franchissants V_{fr} (en m³/m), Volume tidal (V_{tidal}) et *in fine* des rapports $V_{bassin}/(V_{tidal}+V_{fr})$ du projet d'extension du bassin.

Marée	V_{fr2} [m ³ /m] (nouveau projet)	V_{tidal} [m ³ /m]	V_{bassin} [m ³ /m]	$= \frac{V_{bassin}}{(V_{tidal} + V_{fr2})}$

Morte-eau ($\Delta h=0.15$ m)	10.5	5.25	21.35	1.36
Moyenne ($\Delta h=0.45$ m)	30	15.75		0.47
Vive-eau ($\Delta h=0.7$ m)	58	24.5		0.26

Le taux de retour a également été évalué. Il correspond au pourcentage du volume d'eau sortant du bassin (au cours du laps de temps auquel on se réfère pour caractériser le renouvellement, e.g. un cycle de marée), qui rentre à nouveau dans le bassin par la suite (e.g. cellule de circulation), et qui par conséquent ne contribue pas au renouvellement du point de vue de la qualité de l'eau.

Concernant les taux de retour, a priori la zone de projet est décorrélée des circulations générales littorales, et des courants induits par des vagues à la côte très énergétiques.

La dynamique est énergétique sur le site de Grande-Anse. **On s'attend donc à des taux de retour significativement plus faibles, ce qui va diminuer significativement les temps de retour des eaux du bassin de Grande-Anse, estimés en première approche.**

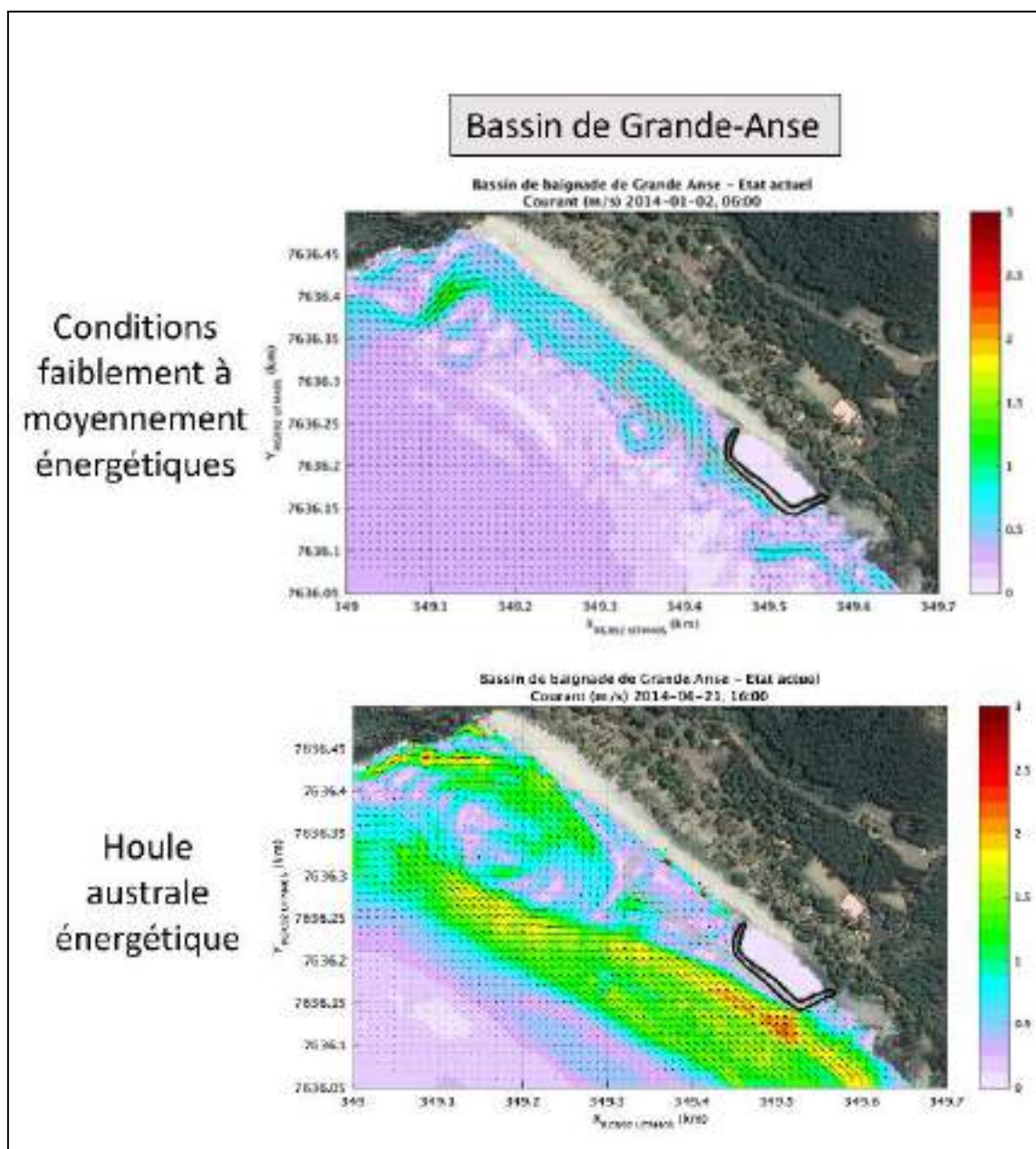


Figure 43 : Conditions des circulation littorales (courants en m/s) sur le site du bassin de Grande-Anse pour différentes conditions de vagues incidentes.

Pour la configuration projetée, on obtient donc les taux de renouvellement suivants.

Tableau 14 : Comparaison des temps nécessaires au renouvellement de 50%, 80%, et 98% des eaux du bassin entre l'ancien et le nouveau projet d'extension du bassin.

Taux de renouvellement des eaux	Temps (T1) -- ancien projet	Temps (T2) -- nouveau projet (T2=T1×1.52)
50%	4.5 h	6.8 h
80%	8.5 h	12.9 h
98%	16 h	24.3 h

Dans le cas du bassin de Grande Anse, ces estimations en première approche à partir des résultats de simulation 1 DH SWASH peuvent être qualifiées de conservatives pour plusieurs raisons

- Les taux de retour sont a priori très faibles, du fait des circulations extérieures induites par les vagues, notamment en condition faiblement à moyennement énergétique circulation le long de l'ouvrage en direction du Nord-Ouest et qui partent vers le large en extrémité de plage (Figure 43),
- La mise en place d'une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest à l'intérieur du bassin, forcée par des vagues relativement énergétiques sur le retour de digue côté Sud Est ;
- La contribution des ondes infra gravitaires à la mise en place de circulations entre l'intérieur et l'extérieur du bassin (notamment les déphasages qui peuvent être effectifs à l'échelle de l'ouvrage, qui se traduit par un gradient de surface libre).

6.2.1.4 Modalités particulières d'exécution

6.2.1.4.1 Méthodologie générale

Deux solutions de réalisation des travaux semblent possibles : la réalisation par voie terrestre et la réalisation par voie maritime. La réalisation par voie terrestre sera privilégiée pour les raisons suivantes :

- ▷ La solution est moins couteuse ;
- ▷ La solution est plus facile à mettre en place et sera plus efficace compte tenu de l'exposition à la houle du site ;
- ▷ La zone étant totalement hors agglomération, les engins de chantier et camions de transport mis en œuvre ne seront pas susceptibles d'impacter le trafic routier ;
- ▷ La zone limitrophe au bassin offre l'emprise nécessaire aux manœuvres des engins et à la mise en place des cheminements adaptés.

Les travaux seront réalisés exclusivement par voie terrestre, tandis qu'une zone englobant l'ensemble des éléments à créer/rénover/modifier sera exclusivement dédiée aux travaux et donc inaccessible au public.

Le phasage global des travaux maritimes devra respecter l'ordre suivant :

Ordre d'avancement	Tâche	Moyens utilisés
1	Installations de chantier, délimitation des zones de stockage, signalisation de chantier, etc.	x
2	Mise en place du cheminement pour engins sur la zone des travaux	Tombereaux, Pelle mécanique
3a	Réalisation de la protection en enrochements du bassin et travaux liés	Tombereaux, Pelle mécanique au niveau de la zone de stockage et Pelle mécanique sur la digue et BRH
3b	Réalisation de l'exutoire de la canalisation du talweg	Tombereaux, Pelle mécanique avec BRH
4	Réalisation de la canalisation du talweg	Tombereaux, Matériel et engins de forage dirigé
5	Démolition du mur de soutènement sur l'estran	Tombereaux, Matériel et engins de démolition
6	Déroctage des berges et d'une partie du bassin	Tombereaux, Pelle mécanique avec BRH
7	Finitions, nettoyage et remise en état de la zone	x

6.2.1.4.2 Carrières et approvisionnement des blocs

L'approvisionnement en blocs naturels pour le projet devra être réalisé par une carrière située le plus proche possible de la zone de travaux afin d'éviter les surcoûts de transport. L'Entreprise pourra solliciter une carrière à son appréciation et après validation de la Maitrise d'œuvre.

6.2.1.4.3 Installations de chantier et zones de stockage

Les installations de chantier devront être mises en place à proximité de la zone d'exécution des travaux. Voici les emplacements qui pourront potentiellement être utilisés à cet effet sur le site.



Figure 44 – Zones potentiellement disponibles à proximité du site des travaux

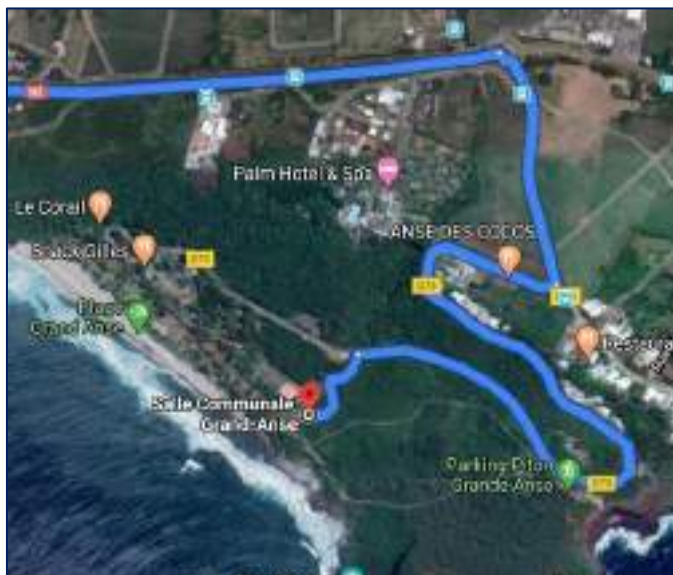
La réalisation des travaux nécessitera l'accès et la circulation d'engins sur la plage. Un accès par la plage de galets à l'extrémité sud-est de la plage sera privilégié pour limiter l'impact sur le haut de plage.

Un cheminement sera aussi mis en place dans la zone directe des travaux afin de permettre aux engins de se rendre sur le lieu des interventions à réaliser. Ce cheminement devra permettre le passage d'engins de gros gabarit tels que des pelles mécaniques ou des semi-remorques. Il sera réalisé en réutilisant au maximum les cheminements piétons en basalte déjà existants qui seront préalablement déposés. En tout point de la piste, le sol sera protégé par un géotextile couplé à une bande de roulement cloutée. Afin de la rendre carrossable par les gros engins, des matériaux d'apport seront ajoutés en partie supérieure.

6.2.1.4.4 Cheminements sur site

L'approvisionnement en matériaux et matériel sera réalisé par la route. Les camions ou autres engins d'approvisionnement emprunteront la route Nationale RN2 rue Augustin Mezino avant de bifurquer sur la route Départementale D30 puis d'emprunter la route de Grande Anse.

Une partie du site de Grande Anse étant fermé pour les travaux, la circulation sera peu dense dans la zone. L'Entreprise mettra en place l'ensemble des dispositions nécessaires à la bonne circulation des camions d'approvisionnement sur la dernière partie du trajet, et notamment, la



Un cheminement sera aussi mis en place dans la zone directe des travaux afin de permettre aux engins de se rendre sur le lieu des interventions à réaliser. Ce cheminement devra permettre le passage d'engin de gros gabarit tels que des pelles mécaniques ou des semi-remorques. Il sera réalisé en réutilisant au maximum les cheminements piétons en basalte déjà existants qui seront préalablement déposés. En tout point de la piste, le sol sera protégé par un géotextile couplé à une bande de roulement cloutée. Afin de la rendre carrossable par les gros engins, des matériaux d'apport seront ajoutés en partie supérieure.



Figure 46 – Pistes d'accès aux zones d'intervention

6.2.1.4.5 Réalisation de la protection en enrochement

Pour la réalisation des travaux de réfection de la protection en enrochement du bassin, les travaux par voie terrestre seront privilégiés. Les travaux concernent l'acheminement des blocs jusqu'à la zone de stockage définie par l'Entreprise, la mise en place des blocs et tous les sujétions relatives à la création de la protection en enrochement, ainsi que l'évacuation des anciens blocs non réutilisés. Les blocs seront mis en place selon une technique de pose contrôlée visant à placer les blocs individuellement.

6.2.1.4.5.1 Phasage et moyens envisagés

Afin de mener à bien les travaux de réfection de la digue, le phasage suivant est envisagé.

Ce dernier reste à titre informatif pour l'Entreprise qui devra proposer son propre phasage de réalisation des travaux avant validation par la Maitrise d'œuvre.

Etant donné la présence de zones écologiques à caractère sensible, les pistes d'accès à la digue pourront difficilement prendre la forme de remblais provisoires implantés dans l'emprise même du bassin existant.

Afin de minimiser l'impact des travaux sur les fonds marins et pour optimiser l'accès des engins à la digue, sans les exposer à la houle, la solution la plus appropriée semble être de créer un cheminement sur la digue existante avec une progression des engins à l'avancement.

Les travaux pourront débuter depuis l'un des deux extrémités de la digue, cependant vue la présence d'une zone de coraux sensible côté Sud-Est de la digue, il est conseillé de commencer du côté Nord-Ouest.

Les travaux de réfection de la digue seront décomposés en deux phases : la première et la seconde passe.

Pour la première passe, une pelle mécanique cheminera sur la digue depuis l'extrémité Nord-Ouest jusqu'à l'autre extrémité de la digue. La piste créée sur la digue devra être compatible avec l'engin utilisé ainsi qu'avec le passage de camions permettant l'évacuation et l'amenée des blocs. La pelle réalisera les travaux suivants, à l'avancement :

- ▷ L'enlèvement des blocs existants considérés non réutilisables,

- ▶ La création d'une piste de roulement constituée à partir de matériaux de sous-couche, plaques de roulement et blocs mis en protection côté extérieur,
- ▶ Le déroctage de la butée de pied (côté intérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement.
- ▶ Si nécessaire, il sera procédé à un décalage de la piste de roulement vers l'intérieur afin de pouvoir procéder à la phase suivante,
- ▶ Le déroctage de la butée de pied (côté extérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement,
- ▶ La réalisation de l'exutoire de la canalisation du talweg ;
- ▶ Arrivé à la fin du linéaire (première phase), la piste de roulement sera retirée et suivra la mise en place de la carapace en faisant le chemin retour.

Au vu des enjeux et contrainte environnementale du site, un déroctage à la dent (Ripper) sur pelle (40T) des butées de pied (côté intérieur et extérieur) si les fonds rocheux (Bedrock) sont suffisamment fracturés. (Un complément au BRH s'ajoutera au besoin afin d'atteindre la profondeur prédéfinie.)

Une reprise des matériaux suivra, à l'aide d'une pelle (30T) équipée d'un godet Fleco (godet ajouré) afin d'éviter la levée de l'eau ainsi la mise en place des enrochements se fera avec une pelle équipée d'un grappin.

La pelle traitera ainsi un petit linéaire de digue proportionnellement à la capacité de l'engin (longueur du bras), avant de progresser sur la piste mise en place pour traiter une nouvelle section.

La protection du lit de sous-couche côté mer devra être assurée au fur et à mesure de l'avancement des travaux, en permanence par l'entreprise pour limiter la perte des blocs au maximum.

N.B. : On rappelle que la zone Sud-Est est une zone de digue située à proximité des coraux sensibles. Aucuns travaux majeurs ne seront effectués dans cette zone. Les engins resteront à distance de la zone sensible. Le remodelage sera effectué par la pelle en utilisant la portée maximale de son bras mécanique.

Aucun chemin pour relier la côte n'est autorisé sur cette partie de la digue, le remaniement des blocs se fera à l'aide d'une grue depuis la côte.

Nota : Des plans présentant le phasage des travaux sont présentés en Annexe 2 du présent rapport.



Figure 47 – Exemple de réalisation de digue à l'avancement

Pour la mise en place de la piste, une bande de roulement provisoire sera cloutée sur la digue. Il sera choisi un dispositif homogène rendant le cheminement carrossable aux engins type tombereaux et pelle, sans nécessité de matériaux d'apport. Ainsi, aucun matériau fin ne sera soumis aux entrées maritimes et susceptible de se répandre dans le bassin. L'impact sur les coraux sera donc minimisé. La piste créée devra s'étendre sur la majeure partie de la largeur de la berme provisoire, soit 4.00m au minimum. La création d'une telle piste engendre un risque de pollution par la perte d'huiles ou d'hydrocarbures des engins. Pour pallier ce risque, les mesures nécessaires seront adoptées par l'Entreprise. Un kit anti-pollution sera présent sur site et dans chaque engin. En cas de pollution lourde avérée, des boudins absorbants de grande longueur devront être à disposition sur chantier.



Figure 48 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport

Une fois arrivée à l'extrémité Sud-Est de la digue, la pelle entamera alors la seconde passe, soit le chemin retour vers l'extrémité Nord-Ouest de la digue. Durant cette passe, la deuxième et dernière partie de la carapace sera réalisée à l'avancement. De plus, des blocs seront placés irrégulièrement à l'intérieur du bassin au cours de cette seconde passe, conformément aux plans, afin de créer des circonvolutions.

Les rendements suivants pourront être envisagés :

- ▶ Travail sur 5 jours par semaine à 1 poste ;
- ▶ 300 T par jour pour la pose des enrochements (butée, sous-couche, carapace).
- ▶ 10 à 15m / jour pour le déroctage de la butée de pied

L'Entreprise utilisera une pelle mécanique dimensionnée pour les travaux à réaliser dont la longueur de bras permettra d'assurer un phasage optimal. Cette dernière sera disposée sur le cheminement créé sur la digue afin de réaliser les travaux à l'avancement.

Une autre pelle sera disposée à la zone de stockage des blocs afin de charger les engins de transport. Le transport des blocs entre la zone de stockage et la pelle sera assuré par des engins adaptés type tombereaux.

6.2.1.4.5.2 Ordonnancement des travaux

6.2.1.4.5.2.1 Travaux préparatoires

Des travaux préparatoires sont à réaliser afin de mener à bien la réalisation de la protection en enrochements. Hormis les travaux d'installations de chantier, communs à l'ensemble des ouvrages, les travaux préparatoires concernent les éléments suivants :

- ▷ Implantation et piquetage nécessaire ;
- ▷ Finalisation du cheminement pour engins jusqu'à la base de la digue (extrémité Nord-Ouest), préparation de la surface de roulement ;
- ▷ Acheminement des premiers blocs nécessaires à la protection en enrochement ;
- ▷ Acheminement des tombereaux et de la pelle nécessaires à la réalisation de la protection en enrochement ;
- ▷ Préparation de la zone de stockage et mise à disposition d'une pelle pour le chargement des tombereaux.

L'Entreprise devra prendre les mesures nécessaires pour contrôler les conditions météorologiques et maritimes avant chaque jour d'intervention. Une hauteur de houle ne devant pas être dépassée sous peine d'arrêt du chantier devra être fixée. L'Entreprise pourra interpréter les données des bouées situées au large afin de prendre la décision. La gestion de ces aléas climatiques s'effectuera d'après le retour d'expérience de l'Entreprise titulaire, familière des travaux maritimes.

6.2.1.4.5.2.2 Réutilisation ou évacuation des blocs existants

Les travaux consistent à recréer un profil de digue adéquat conformément aux plans. Les blocs existants sont, pour la plupart, endommagés et de calibre inférieur à celui souhaité pour la réfection de la digue.

Les enrochements existants jugés trop altérés ou inadéquats seront évacués de la zone de la digue vers un site de dépôt provisoire pour tri en fonction de leur blocométrie. Les enrochements en bon état pourront être directement réutilisés dans des zones vides (sous-couche de la protection), ou en pied d'ouvrage.

Les enrochements existants jugés aptes à rester en place devront être réglés soigneusement pour permettre la mise en œuvre de la carapace en bicouche, conformément aux plans.

6.2.1.4.5.2.3 Mise en place des nouveaux enrochements

Les nouveaux enrochements seront acheminés de la carrière au site via transport routier. Ils seront stockés sur site dans la zone prévue à cet effet. La navette entre la zone de stockage et la zone des travaux sera assurée par des tombereaux.

Sur la digue, une pelle mécanique circulera via le cheminement mis en place, et réalisera la pose des blocs, un à un, avec un réglage soigné, conformément aux plans fournis.

La mise en œuvre des enrochements supérieurs à 2 tonnes se fera à l'aide de pelles hydrauliques munies de grappins. Au pire des cas, la hauteur de chute des enrochements sera limitée à 30.0cm. Les prescriptions suivantes devront être respectées :

- ▷ Les blocs d'enrochement seront disposés de manière qu'il subsiste le minimum de vide ;

- ▷ Les nids de petits blocs sont prohibés ;
- ▷ Un amalgame de petits, moyens et gros blocs doit être assuré de façon à présenter un revêtement homogène bien imbriqué.

Les tolérances admissibles pour la pose seront les suivantes :

- ▷ Les profils réalisés ne devront pas s'écarter de $\pm 0.10\text{m}$ du gabarit du profil théorique correspondant ;
- ▷ L'épaisseur de la protection ne devra en aucun point être inférieure à 90% de l'épaisseur théorique ;
- ▷ Les épaisseurs des couches d'enrochement devront être comprises entre 90 et 110% de l'épaisseur théorique ;
- ▷ Les côtes altimétriques z relevées après réalisation devront respecter $\pm 0.10\text{m}$ du z théorique projet.

6.2.1.4.5.2.4 Volume des matériaux

Au vu de la nature des travaux de réfection / création de la digue à réaliser :

- ▷ Dépose, tri, réutilisation / évacuation des blocs existants,
- ▷ Création d'une butée de pied (côté intérieur et extérieur),
- ▷ Fourniture et pose d'enrochements pour la butée de pied,
- ▷ Fourniture et pose d'enrochements pour la sous-couche,
- ▷ Fourniture et pose des enrochements pour la carapace,

Un volume conséquent d'enrochement sera nécessaire pour la réalisation des travaux sur tout le linéaire conformément aux plans.

Le volume total « sur plan » est indiqué sur le tableau ci-dessous :

Volume total sur plan (logiciel) en m ³	
Tri / évacuation des matériaux	1833
Sous-couche 100 – 200 Kg	44,4
Sous-couche 200 – 300 Kg	349,1
Carapace 1 – 2T	328,5
Carapace 2 – 3T	2740,55

6.2.1.4.5.2.5 Mise en place des circonvolutions

Afin de rompre l'apparence rectiligne de la protection en enrochement, des blocs de dimensions similaires à ceux utilisés pour la carapace seront mis en place de manière non uniforme à l'intérieur du bassin. L'implantation de ces blocs visant à créer des circonvolutions sera conforme aux plans réalisés par le paysagiste et disponibles en annexe. Les blocs seront placés, un à un, par la pelle située sur le cheminement de la digue, durant la seconde phase de réalisation, ainsi que par un autre engin depuis la plage.

6.2.1.4.5.2.6 Réalisation de l'exutoire du talweg

Lors de l'exécution de la première passe des travaux de la protection en enrochement à l'avancement, la pelle située sur la digue réalisera l'exutoire de la canalisation du talweg. La côte à atteindre sera de minimum -1.80m puisque la canalisation se situera à approximativement -1.50m du platier rocheux. L'exutoire sera matérialisé par une fosse créée conformément aux

plans joints, et remplie de matériaux drainants, résistants à la houle. Ces matériaux ne seront pas mis en place directement dans la fosse, le temps de terminer la mise en place de la canalisation du talweg.

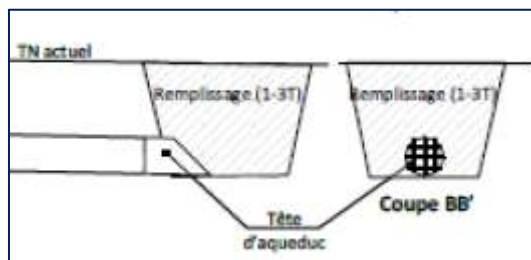


Figure 49 – Principe de l'exutoire de la canalisation

6.2.1.4.5.3 Dispositions à prendre en cas d'intempérie

6.2.1.4.5.3.1 Généralités en cas de forte houle

Les effets des vagues, des courants, et des variations de niveau d'eau seront limités en procédant le plus rapidement possible à la protection des matériaux. L'Entrepreneur devra constituer, sous sa responsabilité, des stocks de sécurité qui pourront être utilisés le plus rapidement possible pour protéger notamment les ouvrages en cours de réalisation.

L'Entrepreneur prendra les dispositions nécessaires pour connaître à chaque instant les prévisions météorologiques, et en particulier les avis de vent, houle, forte pluviométrie ou crues. Aucune indemnité ne pourra être accordée à l'Entrepreneur pour perte totale ou partielle de son matériel. Les réparations des dégâts causés par les tempêtes seront aux frais de l'Entrepreneur dans le cas où celui-ci n'aurait pas pris les dispositions requises.

Les travaux seront réalisés hors période de houle australe et, si possible, hors de la période à forte probabilité cyclonique, afin de minimiser l'impact éventuel sur le phasage. Ceci implique un strict respect des délais de travaux étant donné que la période idéale s'étire sur seulement 3 à 4 mois (Novembre à Février).

6.2.1.4.5.3.2 Prolongation des délais

Le délai d'exécution pourra être prolongé dans les cas prévus à l'article 19.2 du C.C.A.G.-Travaux. En vue de l'application éventuelle de l'article 19.2.3 du C.C.A.G.-Travaux, le nombre de journées d'intempéries réputées prévisibles, pour la durée totale du marché, est fixée comme suit : 2j/mois.

6.2.1.4.5.3.3 Notion d'intempéries

En vue de l'application éventuelle du 3ème alinéa de l'article 19.2.3 du C.C.A.G.-Travaux, le délai d'exécution des travaux sera prolongé au-delà du nombre de jours d'intempéries prévisibles d'un nombre de jours égal à celui pendant lequel un ou plusieurs phénomènes naturels mentionnés ci-dessous dépassera son intensité limite et entraînera un arrêt de travail sur le chantier.

La notion d'intempéries sera définie à partir de seuils au-delà desquels le phénomène naturel est considéré comme intempérie. Le décompte de ces intempéries sera établi en journées ouvrées. Les moyens mis en place dès l'origine des travaux devront être déterminés pour respecter les délais compte-tenu des intempéries prévisibles, que le programme d'exécution devra faire apparaître à l'intérieur du planning global.

Les seuils définissant la journée d'intempérie sont définis dans le tableau ci-après :

Nature du phénomène	Intensité limite	Durée	

			Lieu de constatation des intensités
Pluie (applicable uniquement pour les opérations terrestres)	50 mm	Cumulé sur 24 heures	Station Météorologique de ST. PIERRE/FONDS
Vent (applicable pour les opérations terrestres et marines)	70 km/h de vitesse de vent moyen	Pendant 6 heures	Station Météorologique de ST. PIERRE/FONDS
Houle	Hs (H1/3) supérieur à 2,5 m	Pendant 6 heures	Bouée 97405 Saint-Pierre du réseau Candhis (*)
	Niveau d'eau supérieur à 0,45 mNGR ou dès que la piste de circulation commence à être submergée et/ou constatation d'un début de franchissement important sur la digue provisoire (constat avec la MOE)		

(*) Pour la houle, il sera utilisé les informations du réseau CANDHIS géré par le CETMEF pour la bouée suivante : Saint-Pierre (055°29,660'N ; 021°21,170'S) par une profondeur de 27 m (distance à la côte de 0,30 miles nautiques).

Par dérogation à l'article 19.2.3 du CCAG-Travaux, les samedis et dimanches compris dans la période d'intempéries ne seront pas ajoutés pour le calcul de la prolongation du délai d'exécution, excepté si ces jours sont des jours réputés travaillés selon le Calendrier détaillé d'exécution. En vue de l'application éventuelle de l'article 19.2.3 précité, visant le cas des intempéries, les précisions suivantes sont apportées :

- ▶ Pour être pris en compte, les arrêts de travail consécutifs à des intempéries doivent être constatés et acceptés par le Maître d'Œuvre. A cette fin, la signature par lui des feuilles d'intempéries ou du cahier spécialement ouvert à cet usage sur le chantier, fait foi de son acceptation ;
- ▶ Pour permettre la constatation des journées d'intempéries pouvant donner lieu à la prolongation du délai d'exécution, le Titulaire devra transmettre au Maître d'œuvre les relevés météorologiques de la station météorologique ou de l'houlographe de référence des journées qui ont été prévues comme de celles qui n'ont pas été prévues au calendrier d'exécution ;
- ▶ La prolongation du délai d'exécution éventuellement accordée sera notifiée au Titulaire par ordre de service, sur présentation au Maître d'œuvre au plus tard avec le dernier décompte provisoire, d'un état récapitulatif accompagné de toutes les pièces justificatives nécessaires.

En cas de mauvaise organisation de la part du Titulaire pouvant conduire sous l'effet des intempéries à des arrêts de chantier normalement évitables, le Maître d'œuvre lui signifiera la mauvaise organisation des travaux. Ces arrêts de chantier ne seront pas pris en considération pour la prolongation du délai d'exécution. Si les arrêts de chantier ou le retard dans l'amenée du matériel ne sont pas évitables mais se trouvent allongés par la mauvaise organisation du Titulaire, la prolongation du délai d'exécution qui peut lui être accordée sera réduite pour tenir compte de sa responsabilité.

6.2.1.4.6 Aménagements du bassin de baignade

Le déroctage pour la fosse d'apprentissage sera réalisé depuis la plage. Une plateforme carrossable en matériaux d'apport permettra à la pelle hydraulique et aux engins nécessaires aux travaux de déroctage d'atteindre la zone.

Compte tenu des contraintes du milieu, elle sera réalisée en matériaux grossier non cohésif. Le diamètre minimum des matériaux devra être au minimum de 100 à 200mm. A la pose, un géotextile ultra résistant sera positionné sous les matériaux afin de faciliter leur retrait.

Les matériaux seront acheminés par tombereau depuis les cheminements préalablement mis en place. La taille et les dimensions de la plateforme devront s'adapter à l'avancement de l'excavation de la fosse. Une fois la fosse d'apprentissage terminée, la plateforme sera complètement démantelée, les matériaux d'apport seront alors évacués pour être retraités.

Compte tenu de la méthode de pose des enrochements, la plateforme ne sera pas directement exposée au déferlement des vagues.

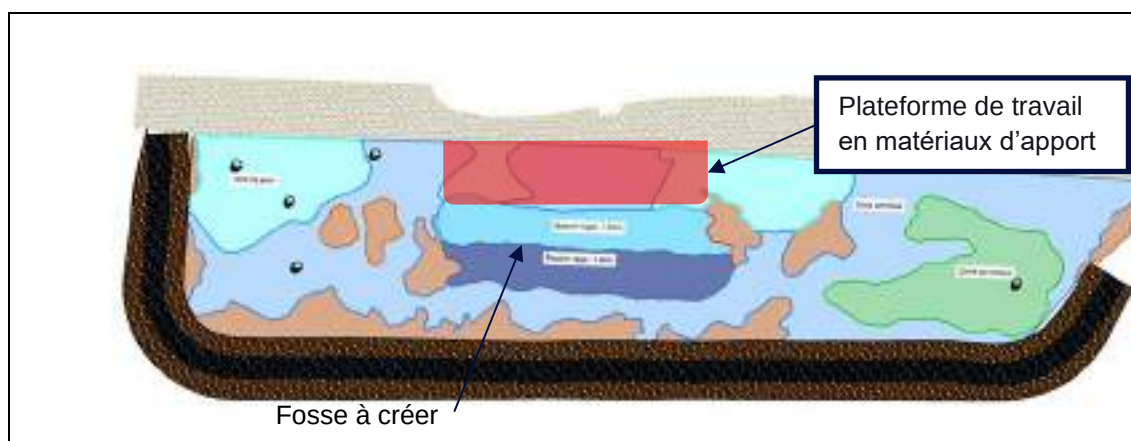


Figure 50 – Déroctage pour fosse d'apprentissage

Les dimensions du bassin à créer respecteront les plans du marché. Les dimensions sont fixées à 45.00m de long par 15.00m de large pour une profondeur variée (-1.50m NGR et rampes de pente douce).

Un déroctage au brise roche hydraulique sera privilégié au regard des cadences de travail et de la précision de nivellement associées. Cependant, le choix de la méthodologie de déroctage finale reste à l'appréciation de l'Entreprise titulaire.

6.2.1.4.7 Travaux de canalisation du talweg

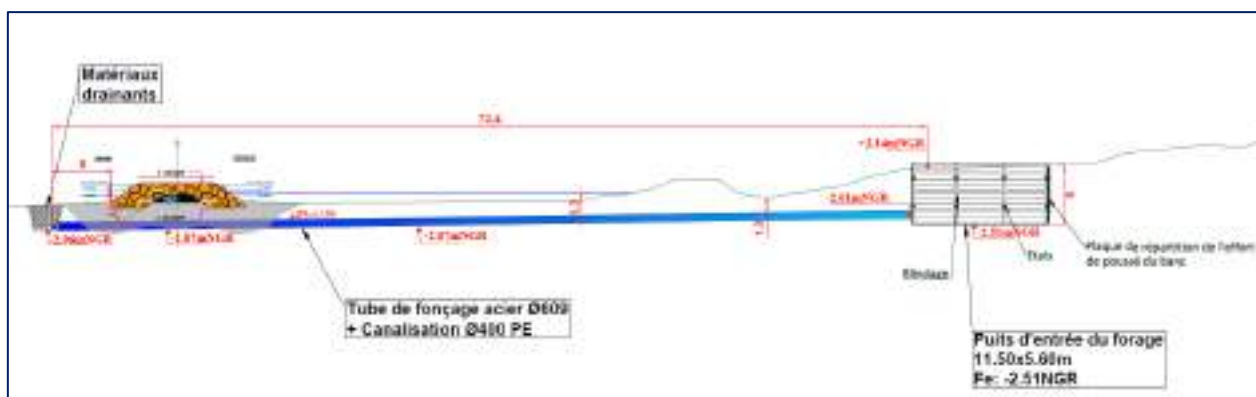
6.2.1.4.7.1 Consistance des travaux

Comme indiqué auparavant, il existe un talweg sur la zone des travaux dont l'embouchure donne directement dans l'emprise du bassin de baignade. Compte tenu des nuisances potentielles que pourrait engendrer cette embouchure, il a été décidé de canaliser l'écoulement de ce talweg sous le bassin afin de rejeter les eaux en pleine mer, au-delà de la protection en enrochement.



Figure 51 – Embouchure actuelle du talweg

Le talweg sera canalisé depuis l'embouchure actuelle, cheminera sous la plage, sous le bassin de baignade, sous la protection en enrochement, et se déversera en mer. Afin de limiter l'impact sur le milieu naturel aquatique et pour ne pas interférer avec les travaux de réalisation de la protection en enrochement, une solution de mise en place de la canalisation via forage dirigé sera privilégiée. Le forage devra respecter le profil de canalisation suivant :



Pour éviter tout risque de remontée de la canalisation lié à des phénomènes d'affouillement, la canalisation sera enfouie sous la plage à environ 3.00m et sous le platier rocheux à environ 1.50m.

La conduite à poser est de type DN400. Le terrain rocheux est favorable à la méthode de forage dirigé. La méthode de réalisation restera à l'appréciation de l'Entreprise titulaire et soumise à l'approbation de la Maîtrise d'œuvre. Les travaux comprendront aussi toutes les sujétions relatives à la connexion entre la canalisation et l'exutoire préalablement réalisé (6.2.1.4.5.2.6), ainsi qu'à la réalisation de l'ouvrage d'entonnement équipé d'une grille avaloir, en amont de la canalisation, conformément aux plans du marché.

6.2.1.4.7.2 Moyens envisagés

Pour effectuer le forage pilote, l'Entreprise utilisera un train de tiges de faible diamètre (40 à 60mm) ainsi qu'une foreuse et une tête de forage biseautée équipée d'une sonde fournissant la localisation et l'orientation du forage en permanence. L'Entreprise titulaire aura la responsabilité du choix de la machine à utiliser en fonction de la puissance de traction et du couple nécessaire. Le choix de la machine sera également fonction de la longueur de forage à réaliser, de l'environnement du chantier et des caractéristiques du sol. L'Entreprise titulaire décidera de la nature et de la qualité du fluide utilisé, facteur essentiel pour la bonne réalisation d'un forage. Enfin, le choix de la foreuse sera effectué dans un souci d'optimisation, tandis que les principaux aléas pouvant affecter la réussite du forage seront identifiés en amont. Les matériaux extraits du forage seront évacués de la zone de forage via tombereaux puis de la zone de travaux pour traitement.

6.2.1.4.7.3 Phasage

Ces travaux seront réalisés une fois l'exutoire de la canalisation terminé, soit après la première passe des travaux relatifs à la protection en enrochement. La mise en place de la conduite sera réalisée en trois étapes :

- ▷ La réalisation du forage pilote à l'aide d'une machine de forage équipée de capteurs et guidée de l'extérieur ;
- ▷ Les alésages successifs du trou pilote jusqu'à atteindre le diamètre final (conduite DN500) ;
- ▷ L'assemblage des tuyaux de la conduite et le tirage du train de tuyaux sur l'ensemble du linéaire.

6.2.1.4.8 Démolition de l'ouvrage de soutènement

Le muret présent sur l'estran, sera démoli en totalité. Pour ce faire, une pelle sera acheminée sur la zone via le cheminement réalisé au préalable. Des tombereaux assureront la navette pour évacuer les déblais de la zone.



Figure 53 – Muret à démolir

Toutes les dispositions nécessaires seront prises pour assurer la sécurité des intervenants lors des travaux de démolition. Une fois ces travaux achevés, la fosse créée, le mur de soutènement démoli, la canalisation du talweg mise en place, et la protection en enrochement finalisée, l'Entreprise procèdera à un remodelage de la plage. Le but sera d'assurer une pente faible et confortable menant au bassin.

6.2.2 Estimation des travaux

Le tableau suivant présente l'estimation des travaux au stade étude d'avant-projet. Le coût des travaux est estimé à **5 077 184,30** dont 4 201 852,38 pour les travaux maritimes (enrochement et canalisation du talweg).

Liste des lots :	Montant HT en €	TVA	Montant TVA en €	Montant TTC en €
Lot N°01 TVX MARITIMES	3 872 675,00	8,50	329 177,38	4 201 852,38
Lot N°02 VRD & PAYSAGER	244 900,00	8,50	20 816,50	265 716,50
Lot N°03 GROS ŒUVRE	63 566,00	8,50	5 403,11	68 969,11
Lot N°04 STR BOIS COUV BARDAGE SECOND ŒUVRE	222 284,00	8,50	18 894,14	241 178,14
Lot N°05 RESINE DE SOL	6 755,00	8,50	574,18	7 329,18
Lot N°06 FAIENCE	1 857,41	8,50	157,88	2 015,29
Lot N°07 ELECTRICITE CFO/Cfa	15 170,00	8,50	1 289,45	16 459,45
Lot N°08 PLOMBERIE	29 395,00	8,50	2 498,58	31 893,58
Total	4 456 602,41	8,50	378 811,20	4 835 413,61
Aléas (5%)	222 830,12	8,50	18 940,56	241 770,68
Prix global	4 679 432,53		397 751,77	5 077 184,30

6.2.3 Planning prévisionnel

Le planning prévisionnel des travaux est donné ci-après. Les travaux maritimes seront réalisés hors périodes d'hiver austral.

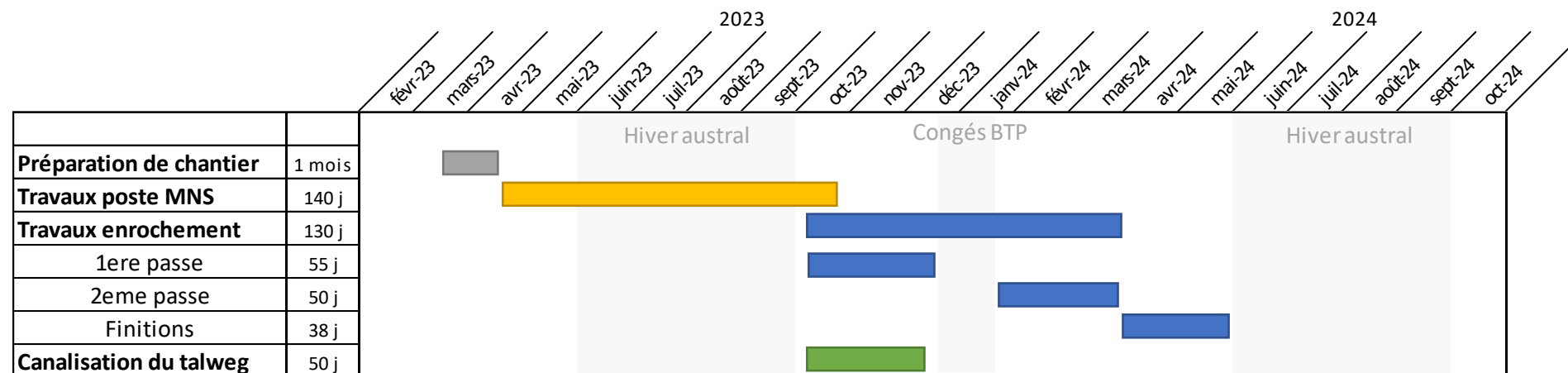


Figure 54: Planning prévisionnel

7 MODALITES DE MAINTENANCE

Une surveillance régulière doit permettre de garantir le bon état de l'ouvrage et le cas échéant, définir les travaux d'entretien à réaliser.

Une surveillance régulière doit permettre de garantir le bon état de l'ouvrage et le cas échéant, définir les travaux d'entretien à réaliser.

7.1 Entretien de l'enrochement

L'ouvrage ne constitue pas une digue au sens du Code de l'Environnement puisqu'il ne s'agit pas d'un ouvrage « construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions ».

Il est rappelé que la blocométrie retenue pour la protection en enrochement (entre 2 et 3 tonnes) permet de garantir une bonne tenue des ouvrages dans des conditions normales, et d'avoir des dommages acceptables en période cyclonique pour des événements jusqu'à une période de retour de 100 ans.

De plus, dans la conception de l'ouvrage il est prévu la réalisation de deux butées de pied qui doivent permettre de garantir un soutien contre le glissement de la carapace de l'ouvrage.

Aussi compte tenu de ces éléments de dimensionnement ainsi que de sa configuration (protection en enrochement sur substrat rocheux dans des faibles profondeur d'eau), la surveillance de l'ouvrage se fera par inspection visuelle. Une inspection de routine annuelle sera suffisante. Des inspections seront également réalisées après un événement de forte houle.

Ils auront pour objectif de détecter toute anomalie structurelle de la protection en enrochement, notamment:

- usure/fissuration des blocs
- stabilité de la butée de pied
- intégrité des canalisations d'avivement d'eau et des grilles de protection.

Les inspections pourront être réalisées par des moyens aquatiques et subaquatique, côté bassin et côté large.

Une fiche d'inspection d'ouvrage sera complétée à chaque visite et archivée par le maître d'ouvrage.

7.2 Entretien du poste MNS

A l'issue des travaux, le gestionnaire du site de baignade aura la charge de la maintenance et l'entretien du poste MNS et de ces abords.

7.3 L'aménagement hydraulique

L'aménagement hydraulique sera sollicité particulièrement lors des périodes de crue du talweg. Aussi après chaque épisode de crue, le gestionnaire de l'ouvrage réalisera des inspections afin de vérifier l'absence d'obstruction des regards et de la canalisation.

L'ouvrage d'entonnement au niveau du débouché du talweg sera constitué d'une grille avaloir permettant de retenir les macrodéchets apportés par une crue. Les macrodéchets seront

recupérés et évacués vers les filières agréées par les services en charge de l'entretien des espaces publics.

L'exutoire de la ravine canalisée sera en mer, il y aura donc un fonctionnement en charge qui permettra l'auto-curage de la canalisation.

Un regard enfoui sera présent sur la plage et permettra si nécessaire un curage hydraulique de la canalisation.

En l'absence de période de crue, une surveillance de routine de l'ouvrage pourra être effectuée 1 à 2 fois par an afin d'identifier les éventuels désordres.

Si une obstruction est constatée, un curage de la canalisation et des regards sera réalisé afin de dégager l'aménagement.

7.4 La fosse de natation

ont été réalisés sur le platier au sein du bassin et au droit de la zone d'extension. Les sondages ont montré l'absence de sable excepté ponctuellement en plaquage superficiel de très faible épaisseur (4cm localement). Le risque de comblement de la fosse par dépôt sableux en provenance du platier est faible. Toutefois, il n'est pas à exclure un apport de sable depuis la plage dans des conditions de vagues énergétique. En condition d'agitation normale, le déferlement sur la plage au droit du bassin sera limité du fait de la présence de la protection en enrochement.

Un niveau d'ensablement de la fosse de l'ordre de 20cm d'épaisseur de sable, soit un volume de 50m³ peut être fixé comme valeur seuil. Au-delà de 20cm de sable, il peut être considéré que la profondeur d'eau dans la fosse n'est plus optimale.

Aussi, le pétitionnaire propose :

- Une surveillance des niveaux d'ensablement par lançage à l'aiguille une fois tous les 6 mois idéalement après la saison des houles australes les 3 premières années. Cette surveillance sur 3 ans permettra de déterminer des vitesses d'ensablement de la fosse. Au-delà de 3 ans, la fréquence de surveillance pourra être réduite à 1 fois par an.
- En cas d'ensablement important constaté (supérieur à 20cm), un curage de la fosse sera mis en œuvre par dragage hydraulique à l'aide d'une pompe à sédiments embarquée sur une embarcation légère munie d'une conduite d'aspiration guidée par des plongeurs. Le sable dragué sera remis sur l'estran au droit du bassin.



Figure 55 : Exemple de dragage hydraulique en situation de faible tirant d'eau dans le port de Saint Leu

Dans le cas où le seuil de 20 cm d'ensablement serait atteint une fois par mois, le volume à draguer serait de 600 m³.

Dans l'hypothèse maximisante où la fosse se comblerait totalement et qu'un dragage serait nécessaire une fois par mois, le volume total à draguer serait de 4800 m³.

Une étude de la qualité des sédiments a été réalisée sur deux échantillons de sable prélevés sur l'estran au droit du bassin de baignade. Les rapports d'analyses détaillés sont fournis dans l'étude géotechnique G2 AVP de septembre 2019. Le sédiment analysé ne présentait pas de dépassement des seuils N1 et N2 de l'arrêté du 09 août 2006. Dans le cadre de l'exploitation du bassin de baignade, les potentiels apports de sables susceptibles de combler le bassin proviendraient de la plage. Il n'est donc pas attendu de dépassement des seuils N1 et N2 pour les sédiments à draguer.

Au vu de ces éléments, les opérations de dragage de la fosse de natation ne seraient pas soumises à la rubrique loi sur l'eau 4.1.3.0 de l'article R214-1 du Code de l'Environnement.

8 ETUDES D'INCIDENCES DU PROJET SUR LE MILIEU TERRESTRE ET MARIN

Les incidences sur le milieu terrestre et le milieu marin du projet ont été évaluées dans le cadre de l'étude d'impact réalisée conformément à l'arrêté n°2019-2629/SG/DRECV du 23 juillet 2019 portant décision d'examen au cas par cas stipule que le projet est soumis à évaluation environnementale.

Le Tableau 15 ci-après synthétise les impacts du projet sur l'environnement. Le dossier complet d'étude d'impact est fourni en annexe.

Tableau 15: Synthèse des effets du projet sur le milieu terrestre et marin et des mesures associées

Thématique	Sous-thématique	Phase du projet	Impact potentiel	Niveau d'impact	Mesures d'évitement et de réduction	Impact résiduel	Coût en euros HT
Sol et sous-sol	Morphologie	Phase travaux	Des terrassements seront nécessaires pour la réalisation des travaux mais ils seront limités en profondeur. Le terrain sera remis à niveau après travaux et nivelé après destruction des murs du belvédère, du muret sur l'estran. Les nivellements en haut de plage et en pied de plage rendront à la plage une topographie plus harmonieuse et plus praticable.	Faible-temporaire	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
		Phase d'exploitation	Le projet aura un impact nul sur la morphologie de la plage.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
	Qualité du Sol	Phase travaux	Les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires induits par : - la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules),	Moyen-temporaire	Aménagement la zone de chantier Limitation des risques de pollution accidentelle Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants	Nul	Coût intégré au projet

Eaux			-la manipulation de produits polluants pour les besoins du chantier -la mise en œuvre de béton pour l'aménagement de l'écran de butée du fonçage avec risque de départ de laitance				
		Phase d'exploitation	Aucun effet du projet	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
	Eaux de surface	Phase travaux	Seuls les travaux au niveau du talweg sont susceptibles d'avoir une incidence sur les eaux de surface par déversement accidentel de produits polluants par les engins de travaux.	Faible – temporaire	Aucun travaux n'aura lieu en période de pluie. Limitation des risques de pollution accidentelle	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Aucune interaction entre le projet et les eaux de surface	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
	Eaux souterraines	Phase travaux	Les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires : - induits par la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules) polluant dans un premier temps le sol et par infiltration les eaux souterraines ; -départ de laitance de béton pour l'aménagement	Faible – temporaire	Aucun travaux n'aura lieu en période de pluie. Limitation des risques de pollution accidentelle	Nul	Coût intégré au projet

			de l'écran de butée de la fosse de fonçage.				
		Phase d'exploitation	Le risque pollution accidentelle par les hydrocarbures dû à la présence de véhicule sur le site est nulle. Le site n'est pas accessible aux engins	Faible	Gestion des eaux usées du poste MNS Gestion des eaux des douches	Nul	Sans objet
	Eaux marines et côtières	Phase travaux	La zone de projet en milieu marin est très localisée donc peu d'incidence sur l'état de la masse d'eau côtière. A la côte les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires induits par la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules) et par apport indirect via le ruissellement sur les sols.	Moyen - Temporaire	Limitation des risques de pollution accidentelle Adaptation des modalités d'exécution des travaux maritimes pour maintenir les engins hors d'eau Gestion des déchets (évitement) Maitrise de la qualité des eaux (réduction) Contrôle de la qualité des eaux (réduction)	Nul	Coût intégré au projet
		Phase exploitation	Les impacts du projet sont liés à : L'apport d'eau douce au débouché de la canalisation du talweg L'apport d'eau douce par les douches publiques	Moyen	le projet intègre déjà dès le stade de conception les enjeux de la qualité des eaux côtières. En exploitation, les mesures de gestion des eaux prévues pour les	Nul	Sans objet

			La modification des conditions d'agitation dans le bassin par la modification de la protection en enrochement et notamment un renouvellement insuffisant des eaux.		eaux souterraines inhérentes à la gestion des eaux usées du poste MNS et des eaux des douches permettront également de garantir l'absence de pollution indirecte des eaux côtières.		
Océanographie		Phase travaux	Les travaux n'auront pas d'impact sur l'hydrodynamisme côtier. L'enrochement présent sera retiré à l'avancement de la mise en œuvre du nouvel enrochement.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
		Phase d'exploitation	Une fois le projet finalisé, la protection en enrochement aura un faible impact sur l'hydrodynamisme côtier au voisinage de l'ouvrage. La baignade dans le bassin sera sécurisée. Le renouvellement de l'eau sera assuré.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
Milieux naturels terrestres	Faune et flore terrestres	Phase travaux	Perturbation et/ou destructions des habitats et espèces végétales terrestres Perturbations et/ou destructions d'espèces faunistiques terrestres	Moyen – Temporaire	Mesure E02 – Interdiction des travaux nocturnes durant le chantier Mesure R01 – Adaptation des modalités d'éclairage des installations de chantier	Nul	Mesure E02, R01 intégré au projet L'accompagnement environnemental du projet est estimé Coût évalué sur la base de la durée du

			Développement des espèces végétales exotiques envahissantes		Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet		chantier : 40 000 € sur 12 mois
		Phase d'exploitation	Risque de piétinement de la végétation par les usagers	Faible	Les aménagements du haut de plage (boudin cocos)	Nul	Coût intégré au projet
Milieux naturels marins	Faune et Flore Marine	Phase travaux	Altération, destruction des communautés benthiques par recouvrement direct	Fort – Temporaire	Mesure R02- Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux	Nul	R02 intégré au projet
			Développement de colonies coralliennes dans le futur bassin		Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux		R03 : Coût à définir suivant la nature des travaux maritimes sensibles et leur durée : suivi hebdomadaire ou mensuel suivant la période visée.
			Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau		Mesure R04 – Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine		R04 : Coût intégré au projet pour la coordination environnementale
			Dérangement sonore des cétacés		Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier		Contrôle acoustique évalué à 40 k€
			Risques de pollutions du milieu marin				
			Effets sur la fonctionnalité écologique locales		Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet		R05 : Coût intégré à la gestion des travaux par les entreprises (+

					Enfin, selon cette même démarche ERC, en maximisant les démarches d'évitement et de réduction, il est également proposé des mesures d'accompagnement, à savoir : □ MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation) □ MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)		maîtrise d'œuvre et accompagnement environnemental) et dans la conception du projet R07 : Coût évalué sur la base de la durée du chantier : 40 000 € sur 12 mois
		Phase d'exploitation	Altération, destruction des communautés benthiques par recouvrement direct Développement de colonies coralliennes dans le futur bassin Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau Dérangement sonore des cétacés	Moyen - Définitif	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Enfin, selon cette même démarche ERC, en	Faible	E01 : intégré au projet R06 : intégré au projet MA01 : Coût pour les suivis des biocénoses marines (substrat dur) : 80 000 € MA02 : Coût total de 30 000 € pour les 5 suivis en mer, comprenant 3 experts MMO

			Risques de pollutions du milieu marin Effets sur la fonctionnalité écologique locales		maximisant les démarches d'évitement et de réduction, il est également proposé des mesures d'accompagnement, à savoir : ☐ MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation) ☐ MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation) ☐ MA03 – Information et éducation du public vis-à-vis de la sensibilité de la biodiversité littorale du site de Grand Anse		(observateurs cétacés), rapports et bancarisation. MA03 : Coût total estimé à 25 000 € comprenant des actions d'information et la mise en place d'une signalétique adaptée (panneaux...)
					L'installation de la protection en sera favorable au maintien et au développement les peuplements coralliens.	Positif	Coût intégré au projet
Air et Climat	Emission GES/poussière	Phase travaux	Augmentation des émissions de gaz à effet de serre et de poussière liée aux engins	Faible – Temporaire	Respect les normes anti-pollution en vigueur Respect de la limitation de vitesse Suivi et entretiens périodiques des engins	Nul	Coût intégré au projet

					Arrêt des moteurs des engins à l'arrêt		
		Phase d'exploitation	Aucun engin n'a accès au site	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
Environnement humain	Bruit	Phase travaux	Les travaux vont générer une augmentation de bruit, toutefois les habitations les plus proches sont situées à plus d'1 km du site.	Faible – Temporaire	Utilisation de matériel et engins de chantier conformes à la réglementation en vigueur	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Le bruit proviendra des visiteurs du site. L'impact sur le voisinage est négligeable	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
	Déchets	Phase travaux	Les travaux vont générer des déchets mais ceux-ci seront de faible volume et temporaire.	Faible – Temporaire	Mise en place d'une gestion des déchets sur le chantier.	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	La production de déchets en phase exploitation se limite aux déchets des visiteurs et du poste MNS	Faible permanent	Site d'entreposage et de tri approprié. Evacuation des déchets par le service de ramassage et d'entretien du site.	Nul	Coût intégré au projet
Paysage		Phase d'exploitation	La qualité paysagère du haut de plage sera améliorée avec la destruction du mur du belvédère et l'implantation	Positif et permanent	Aucune mesure nécessaire. L'aspect paysager est pris en compte dès la conception du projet.	Nul	Sans objet

			du poste MNS intégré dans le paysage. L'aspect visuel de l'enrochement sera intégré au paysage. Des îlots d'enrochement volcanique seront installés dans le bassin afin de casser le visuel linéaire de la digue.				
Transport et trafic	Fréquentions du site et accès	Phase travaux	Les travaux nécessitent la présence d'engins/véhicule/personnel de chantier sur le secteur	Faible – Temporaire	La circulation est limitée aux heures de travail	Nul	Sans objet
		Phase d'exploitation	L'accès au site se fera uniquement à pied. Des accès PMR seront installés. La fréquentions du site va augmenter avec les aménagements d'arrière-plage déjà réalisé.	Positif Le projet permet de proposer une zone de baignade surveillée et adaptée aux visiteurs du site.	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
Risques	Risque Inondation	Phase travaux	Les travaux n'auront aucun effet sur le risque inondation et mouvement de terrain. Toutefois ils auront lieux à proximité d'une ravine.	Faible - Temporaire	Les travaux seront stoppés en cas de forte pluie.	Nul	Sans objet

	Risques littoraux	Phase travaux	Les travaux auront lieux en zone d'aléa fort submersion marine et recul du trait de côte. Etant donné la courte durée des travaux, le risque pour le chantier est faible.	Faible-Temporaire	Installations et engins de chantier installés/stockés hors d'atteinte des vagues hors période de travaux. Mise en sécurité du personnel et des engins en cas d'évènement météo-océanique exceptionnel. L'entreprise mettra en place un système d'alerte et des mesures de sauvegarde décrit dans le PPSPS et le PQA.	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	La zone d'implantation du poste MNS est concernée par un aléa fort recul du trait de côte ainsi que des aléas faible, moyen et fort submersion marine. Toutefois la conception du bâtiment assure une transparence hydraulique. Le projet contribue aussi au retrait des points durs sur le trait de côte. Le projet contribuera à diminuer l'érosion du haut de plage. La fréquentation du secteur sera augmentée.	Faible – Permanent	Des panneaux d'information et de signalisation sur le risque submersion destiné au public seront installés à proximité du poste MNS. En cas d'évènement majeur de submersion marine, la zone sera interdite d'accès au public par la municipalité.	Nul	Sans objet
	Risque cyclonique	Phase travaux Phase d'exploitation	L'île de la réunion est exposée au risque cyclonique.	Moyen	En cas de cyclone, les travaux seront interrompus.	Nul	Sans objet

					Le matériel sera mis à l'abris. Durant la phase d'exploitation le site sera fermé		
	Risque technologique	Phase travaux Phase d'exploitation	Les travaux et l'exploitation associés à la création du bassin de baignade n'ont pas d'effet sur les risques technologiques et industriels	Nul		Nul	Sans objet
	Risque sanitaire	Phase travaux	Les zones d'installation de chantier peuvent constituer des zones favorables à la création d'eau stagnantes en cas de pluie.	Faible - Temporaire	Stockage des déchets et matériaux dans des bacs fermés. Une lutte mécanique sera mise en place avec un contrôle hebdomadaire et une élimination manuelle des potentiels gîtes larvaires.	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Les douches publiques et la canalisation du talweg peuvent constituer des zones favorables à la création d'eau stagnante en cas de pluie.	Faible - Permanent	L'eau des douches publiques sera infiltrée dans un puisard. La conception de la canalisation du talweg permet une vidange de celle-ci et ne permet pas la création de gîtes larvaires.	Nul	Coût intégré au projet

9 MODALITES DE SUIVI DU PROJET

9.1 Suivis du projet

Des comités techniques et de pilotages se sont déroulés pendant toute la durée des études préalables (Etudes préliminaires et Avant-projet).

Les services de l'Etat ont été consultés lors des réunions suivantes :

- Réunion du 05 novembre 2018 de pré-cadrage réglementaire à la suite des études préliminaires ;
- Réunion du 31 janvier 2019 de présentation de la première version de l'AVP ;
- Réunion du 29 août 2019 qui a porté sur la présentation complète du projet sur site et un récapitulatif des démarches réglementaires.

Deux réunions de concertation publique se sont également tenues le 10 juillet 2019 et le 13 novembre 2019 à la salle le Fangourin de Petite-Ile.

9.2 Suivis environnementaux

Durant les études préalables, un diagnostic écologique a été réalisé afin d'évaluer les enjeux écologiques en présence et de programmer le projet de façon à limiter les impacts sur le milieu naturel.

À l'issue des missions de diagnostics écologiques, des enjeux terrestres et marins ont pu être recensés sur la zone du projet. Aussi des mesures de suivis seront mises en place en phase travaux et en phase d'exploitation afin de limiter l'impact du projet sur le milieu naturel.

En phase travaux

Plusieurs actions seront menées en phase travaux :

- Afin de limiter le risque d'introduction de flore exotique envahissante, tout apport et stockage de terre végétale sur la zone de chantier sera contrôlée ;
- un balisage temporaire de la zone pourra être mis en œuvre, de façon à bien indiquer les limites de la zone sensible au personnel du chantier. La circulation des engins à proximité des zones sensibles sera limitée au maximum ;
- Des moyens pourront être définis pour la réduction des impacts acoustiques des travaux bruyants en milieu marin notamment le déroctage ;
- Un contrôle préventif de l'absence d'espèces faunistiques sensibles avant abattage des vacoas pour la construction du poste MNS et durant les travaux maritimes sensibles ;
- Un suivi et contrôle de l'absence des cétacés dans la zone d'influence sera réalisé durant le chantier ;
- Un suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur sera réalisé avant le début du chantier (état initial) et pendant celui-ci à raison d'un suivi annuel (en été austral) durant la phase de travaux maritimes ;
- Un suivi de la qualité de l'eau sera réalisé avant le début du chantier et pendant celui-ci à raison d'un suivi trimestriel durant les travaux maritimes.

En phase d'exploitation

● **Suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur**

Lors de l'exploitation, deux suivis pourront être réalisés, en année N+1 et N+3 (après livraison du bassin de baignade). Cela devrait permettre de veiller au bon développement des communautés vivantes.

● **Suivi de la mégafaune marine**

De façon à suivre régulièrement les évolutions des populations de mégafaune marine, au regard du contexte et des enjeux de la zone d'étude, il est proposé la réalisation de campagne en année N+1 et N+3.

9.3 Suivis réglementaires

La réglementation prévoit un contrôle de la qualité des eaux de baignade qui est assuré à La Réunion par l'Agence Régionale de Santé Océan Indien.

Le Code de la Santé Publique (Articles législatifs : L.1332-1 à L.1332-9 et articles réglementaires : D.1332-14 et suivants) ainsi que 2 arrêtés définissent notamment la fréquence et les modalités d'exercice du contrôle sanitaire, ainsi que les critères de conformité des sites.

10 NATURE DES OPERATIONS EN FIN DE TITRE OU EN FIN D'UTILISATION

Les prescriptions intégrées à la circulaire du 20 janvier 2012 relative à la gestion durable et intégrée du Domaine Public Maritime naturel (DPMn) portent sur les problématiques environnementales posées par la présence d'équipements dans le DPM. A ce titre, il est clairement précisé au chapitre 5 que : « le DPMn n'a pas vocation à recevoir des implantations permanentes, ainsi que le prévoient les articles L.2122-1 et L. 2122-2 du Code Général de la propriété des personnes publiques. Ainsi les ouvrages sur le DPMn doivent être réversibles ».

10.1 Nature des opérations après travaux

Après la réalisation des travaux, toutes les installations de chantier seront repliées, les éventuels déchets ramassés.

La plage sera nivelée avec les matériaux du site pour effacer les traces de passage.

10.2 Nature des opérations en fin d'exploitation

Après l'exploitation du poste MNS, celui-ci sera démantelé. Les douches publiques, les panneaux d'affichage et les cheminements piétons seront retirés.

De même l'aménagement hydraulique sera retiré et le sol sera remis à niveau.

En ce qui concerne le bassin de baignade, le scénario le moins impactant consistera sans doute à maintenir en place et en l'état l'ouvrage.

En effet, il est rappelé que l'enrochement délimitant l'actuel bassin de baignade existe depuis les années 1980. Les formations coralliennes présents dans le bassin sont apparues grâce à la construction de ce 1^{er} bassin. Le développement corallien devrait également être possible dans le futur bassin (milieu clos, oxygéné, à l'abri d'un hydrodynamisme marqué).

En cas de retrait souhaité de l'ouvrage, l'enrochement pourra être démantelé par retrait des blocs rocheux non cohésifs.

11 RESUME NON TECHNIQUE

11.1 Préambule

La création de zones de loisirs structurées autour de bassins de baignade est une orientation prioritaire pour l'attractivité touristique de l'île de la Réunion (décision prise en 2013 par le Comité d'Orientations Stratégiques du Tourisme - COST, associant l'État, le Département de la Réunion et la Région Réunion).

Dans le cadre de la mise en œuvre d'une offre de baignade sécurisée, la Commune de Petite-Ile s'est positionnée avec le site touristique exceptionnel de Grande Anse, à très fort potentiel, réputé notamment pour son bassin de baignade. Actuellement, la baignade dans le bassin n'est pas autorisée du fait de l'absence de structure permettant la surveillance.

Le projet de la commune, qui consiste à étendre et à rénover le bassin de baignade existant et à créer un poste de surveillance de la baignade, constitue un équipement d'intérêt général nécessaire à la sécurité des populations en raison du risque requin, et participe à la préservation des espaces et des milieux.

Le programme des études et des travaux pour l'extension du bassin de baignade a été approuvé lors du conseil municipal du 19 septembre 2017.

L'objet de la présente demande est l'autorisation d'occupation du Domaine Public Maritime (DPM) pour une durée de 30 ans, soit jusqu'en 2050, conformément à l'article R2124-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

L'objet de la présente demande est l'autorisation d'occupation du Domaine Public Maritime (DPM) pour une durée de 30 ans, soit jusqu'en 2050, conformément à l'article R2124-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

Une demande de Déclaration d'Utilité Publique a été soumise en parallèle de la présente demande.

11.2 Identité du demandeur

La présente demande est établie par la Commune de la Petite-Ile.

Tableau 16 : Identité du demandeur

Maitre d'Ouvrage	Commune de Petite-Ile
Représentant	Mr HOAREAU Serge (maire en exercice)
Forme juridique	Collectivité territoriale
Numéro SIRET :	219 740 057 00019
Adresse	192, rue Mahé de Labourdonnais 97429 Petite-Ile
N° de téléphone	02 62 56 79 79
Logo	

11.3 Situation, consistance et superficie de l'emprise

11.3.1 Consistance

Cette demande d'occupation du DPM concerne :

- L'aménagement du bassin de baignade comprenant : la pose d'une protection en enrochement pour l'extension du bassin, le creusement d'une fosse d'apprentissage dans l'emprise du bassin, la création d'un système de circulation d'eau dans le bassin;
- l'aménagement d'une canalisation ensouillée pour la dérivation du rejet des eaux pluviales d'un talweg en mer, hors emprise du bassin de baignade ;
- l'aménagement d'un poste de surveillance la baignade en haut de plage ;
- la démolition d'ouvrages existants sur le DPM.

Les coordonnées géographiques sont fournies à titre indicatif dans le tableau précédent. Les coordonnées géographiques réelles seront transmises après pose des ouvrages.

11.3.2 Situation

La demande porte sur l'occupation du Domaine Public Maritime (DPM) sur la commune de Petite-Ile. La zone concernée comprend :

- Pour le poste MNS : 120 m² au global d'emprise au sol, dégagements et terrasse compris (pour 45 m² de surface utile) comprenant le poste MNS, les locaux handiplage, les douches publiques et les affichages à l'arrière du bâtiment.
- Pour l'aménagement hydraulique, une surface totale de 1346 m² (106 m de long par 2 m de large) correspondant à l'emprise de la canalisation et à une servitude de maintenance.
- Pour la protection en enrochement, une emprise projetée au sol d'environ 2427.21 m² en partie maritime pour un ouvrage de 11 m de large et 226 m de linéaire (hors îlots en enrochements aménagés dans le bassin).
- Pour le système de circulation d'eau dans le bassin : Trois saignées dans le platier de 1m de large et de longueur de 14, 9 et 13.5m. Un réseau de canalisation de DN600 mm est prévu mais dont l'emprise est comprise dans celle de la protection en enrochement.
- une fosse d'apprentissage de la baignade de 750 m² d'une dimension de 15m de large et 50 m de long comprenant une zone profonde de 1.4m (7m x 50m) et une zone profonde de 1,80m (7m x 50m) .
- Le bassin de baignade occupera une surface globale de 6500 m².

L'emprise totale du DPM utilisé pour les ouvrages est donc de 4643 m² (hors surface de la zone de baignade).

11.4 Accidentologie

11.4.1 Identification des sources de danger

En dehors des sources de dangers liés à la conception ou au fonctionnement, les principales sources de danger identifiées pour les ouvrages sont :

- Déstabilisation de la protection en enrochement par la houle
- Déstabilisation du poste MNS et de la canalisation du talweg par des déplacements de sable
- Submersion du poste MNS par la houle

11.4.2 Mesures de protection

La protection en enrochement est dimensionnée pour une houle centennale. L'ouvrage sera stable pour des évènements de période de retour inférieur.

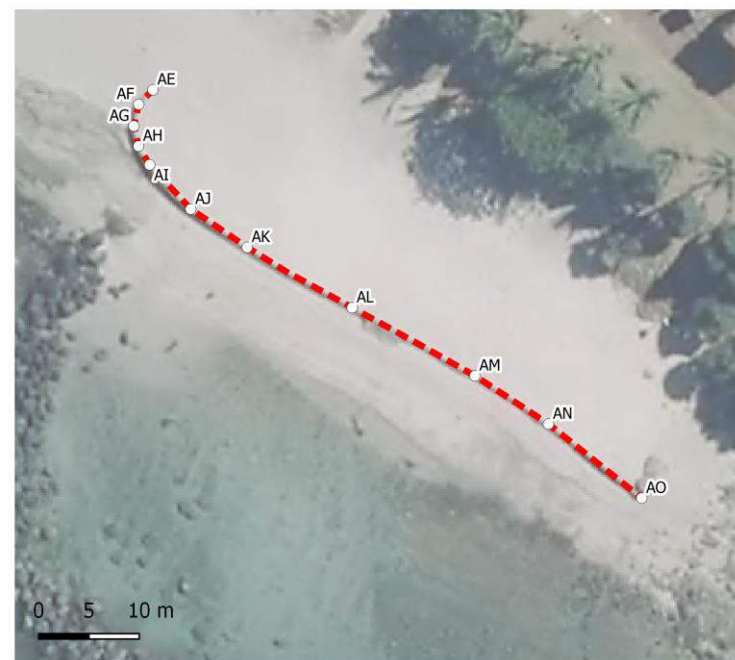
Le talus en avant du poste MNS sera conforté par des boudins cocos et végétalisé afin de reconstituer un stock sédimentaire qui protégera l'ouvrage en cas d'atteinte de cette zone par la houle. De plus, le poste MNS étant conçu sur pilotis, l'ouvrage est surélevé par rapport à la plage, ce qui limite l'atteinte du bâtiment en cas de submersion marine.

11.5 Cartographie du site d'implantation

11.5.1 Implantation des ouvrages démolis

Désignation	Points	Coordonnées RGR92 UTM40S	
		X	Y
Esplanade démolie	A	349456.913	7636290.21
	B	349462.002	7636296.17
	C	349472.69	7636287.03
	D	349473.714	7636288.21
	E	349473.97	7636291.09
	F	349473.526	7636291.65
	G	349474.836	7636293.19
	H	349476.041	7636291.74
	I	349475.605	7636287.37
	J	349474.204	7636285.75
	K	349471.305	7636282.36
	L	349472.356	7636281.48
	M	349475.214	7636284.85
	N	349478.158	7636282.29
	S	349474.194	7636277.46
	T	349471.792	7636279.47
	X	349470.737	7636278.2
	Y	349466.281	7636282.03
	AA	349464.649	7636279.93
	AB	349463.197	7636281.19
	AD	349464.844	7636283.27
Mur de soutènement conservé	O	349488.112	7636271.8
	P	349481.888	7636271.57
	Q	349479.159	7636273.37
	R	349477.323	7636274.89
Mur de soutènement démoli	R	349477.323	7636274.89
	U	349470.084	7636280.9
	X	349470.737	7636278.2
	Y	349466.281	7636282.03
	Z	349465.242	7636280.55
	V	349468.5	7636282.58
	W	349466.12	7636284.76
	AC	349463.765	7636281.86
	AD	349464.844	7636283.27
	A	349456.913	7636290.21

Emprise des ouvrages démolis



Fond image: IGN, BD ORTHO 2008

- Mur démolí
- Mur conservé
- Esplanade démolie

EXTENSION DU BASSIN DE BAIGNADE DE GRANDE ANSE

DEMANDE DE CONCESSION D'UTILISATION DU DPM EN DEHORS DES PORTS

18MRU028
07/02/2020



11.5.2 Implantation des ouvrages construits

Les coordonnées géographiques des fuseaux d'implantation des ouvrages sont fournies à titre indicatif sur les figures et dans le tableau suivant. Les coordonnées géographiques réelles seront transmises après réalisation des ouvrages.

Désignation	Points	Coordonnées RGR92 UTM40S	
		X	Y
Poste MNS	A1	349480.6	7636293.12
	A2	349484.64	7636288.68
	A3	349483.057	7636286.84
	A4	349483.582	7636286.39
	A5	349473.073	7636274.08
	A6	349467.522	7636278.83
	A7	349473.399	7636285.71
	A8	349472.067	7636286.85
	A9	349470.543	7636288.15
	A10	349476.895	7636295.59
	A11	349478.419	7636294.29
	A12	349480.26	7636292.72
	A13	349479.285	7636291.58
	A14	349477.44	7636293.13
	A15	349473.366	7636288.37
	A16	349474.699	7636287.24
	A17	349478.02	7636291.13
	A18	349478.53	7636290.69
Canalisation du talweg	B1	349490.091	7636272.996
	B2	349495.859	7636267.731
	B3	349492.508	7636266.468
	B4	349475.472	7636246.420
	B5	349406.569	7636220.070
	B6	349403.047	7636218.648
	B7	349401.359	7636223.069
	B8	349404.922	7636224.375
	B9	349472.327	7636250.178
	B10	349489.159	7636269.321
Protection en enrochement	C1	349416.862	7636280.321
	C2	349422.632	7636275.561
	C3	349395.367	7636258.468
	C4	349405.997	7636253.864
	C5	349393.167	7636254.268

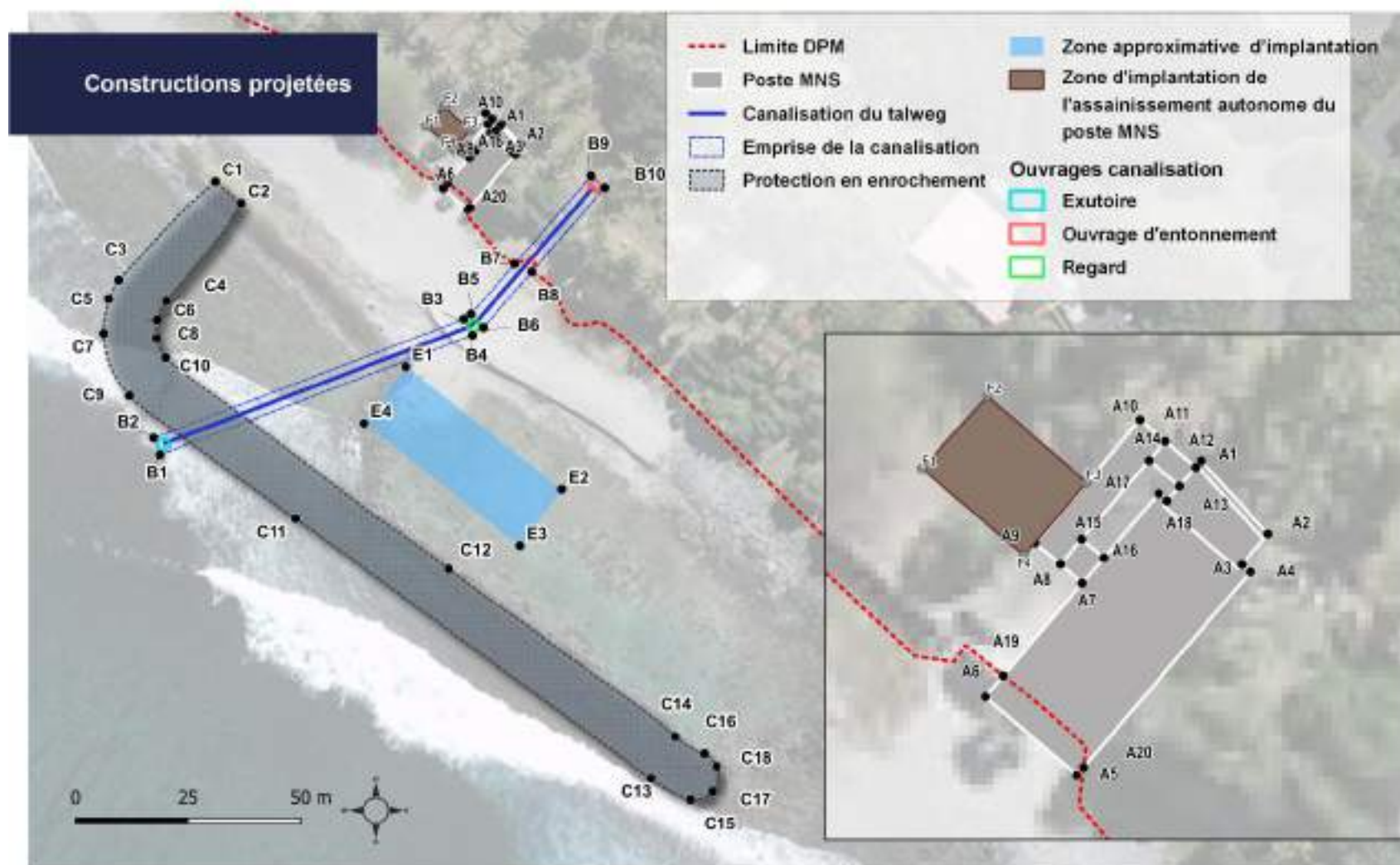
	C6	349403.977	7636249.617
	C7	349392.078	7636246.613
	C8	349403.832	7636245.561
	C9	349397.689	7636232.79
	C10	349405.823	7636241.22
	C11	349434.693	7636205.468
	C12	349468.706	7636194.283
	C13	349513.729	7636147.775
	C14	349519.115	7636157.031
	C15	349522.562	7636143.006
	C16	349525.587	7636153.238
	C17	349527.417	7636144.805
	C18	349528.318	7636150.425
Fosse D'apprentissage De la baignade	E1	349459.217	7636239.184
	E2	349493.89	7636211.96
	E3	349484.588	7636199.428
	E4	349449.915	7636226.652
Assainissement autonome du poste MNS	F1	349463.678	7636292.646
	F2	349467.644	7636297.029
	F3	349473.664	7636291.805
	F4	349469.868	7636287.376



EXTENSION DU BASSIN DE BAINNADE DE GRANDE ANSE
DEMANDE DE CONCESSION D'UTILISATION DU DPM EN DEHORS DES PORTS

18MRU028
AOÛT 2022





11.6 Destination, nature, coût et calendrier des travaux programmés

11.6.1 Le local de surveillance de la baignade

Le local de surveillance sera aménagé sur l'actuel emplacement du belvédère afin de permettre une bonne visibilité sur l'ensemble de l'emprise du futur bassin de baignade pour les MNS (Figure 3 et Figure 4).

Le poste MNS aura une superficie de 62 m². Le bâtiment de forme cubique sera composé :

- D'un local principal dédié aux MNS comprenant :
 - ▷ Un espaces de vie avec kitchenette
 - ▷ Sanitaires
 - ▷ Infirmerie
 - ▷ Local de stockage
- D'un local PMR comprenant une douche et un vestiaire réservé aux PMR
- De douches publiques à l'arrière.

Le haut de plage sera modifié pour accueillir le local. En effet, le mur de soutènement du belvédère sera démoli à hauteur du sable, la base du mur enfouit sera conserver pour stabiliser le talus.

Le poste MNS sera posé sur pilotis avec une surface de plancher réhaussé de 50cm par rapport au terrain naturel (TN).

Le local sera équipé d'un système d'assainissement autonome de type une fosse toutes eaux de 3 m² équipé d'un Filtre à Sable Vertical Non Drainé de 20 m².

Vue avant



Vue arrière



Figure 56: Vues en perspectives du local de surveillance.



Figure 57: Vue panoramique sur le futur talus végétalisé au pied du local de surveillance

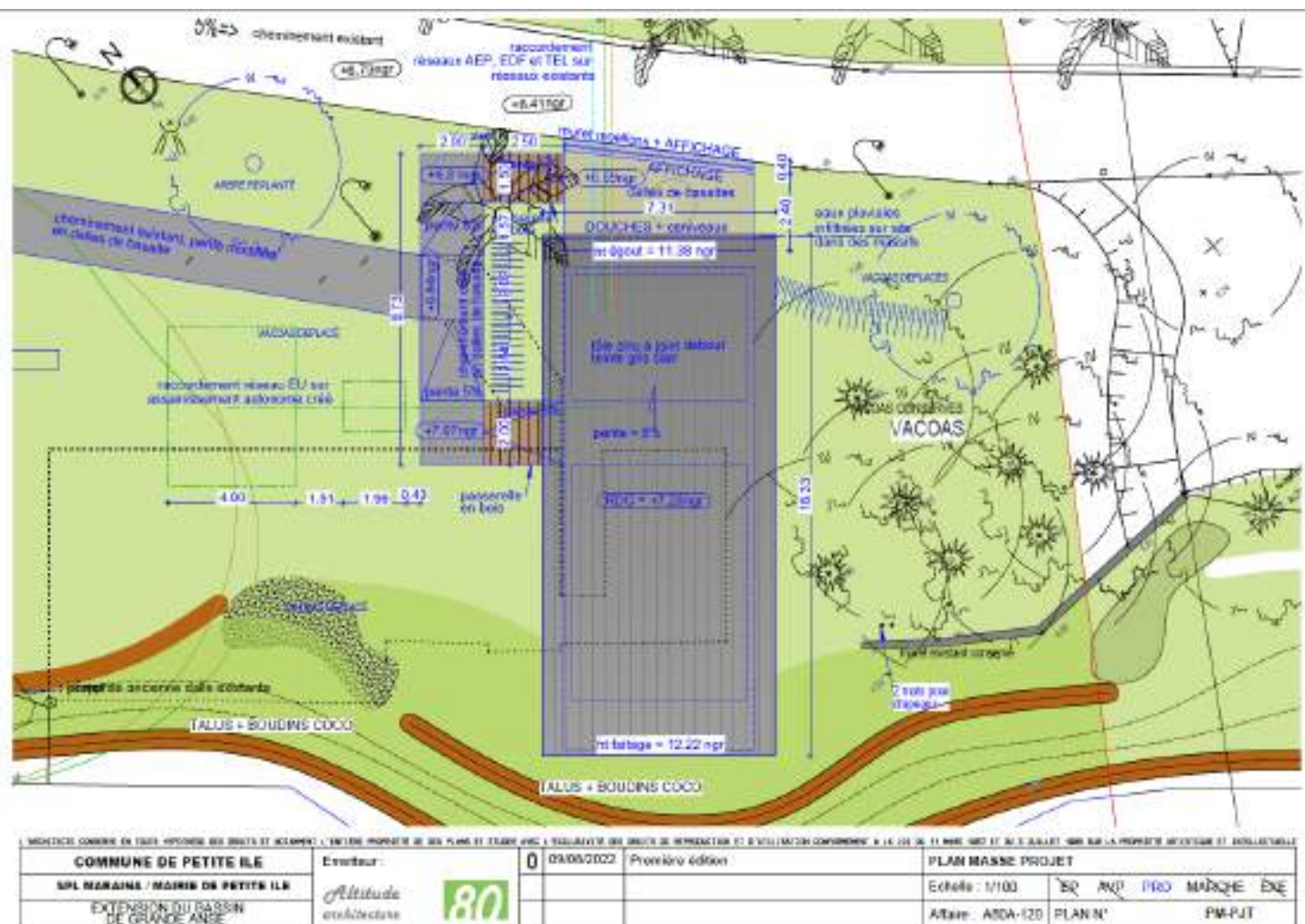


Figure 58: Plan d'implantation général du local du surveillance

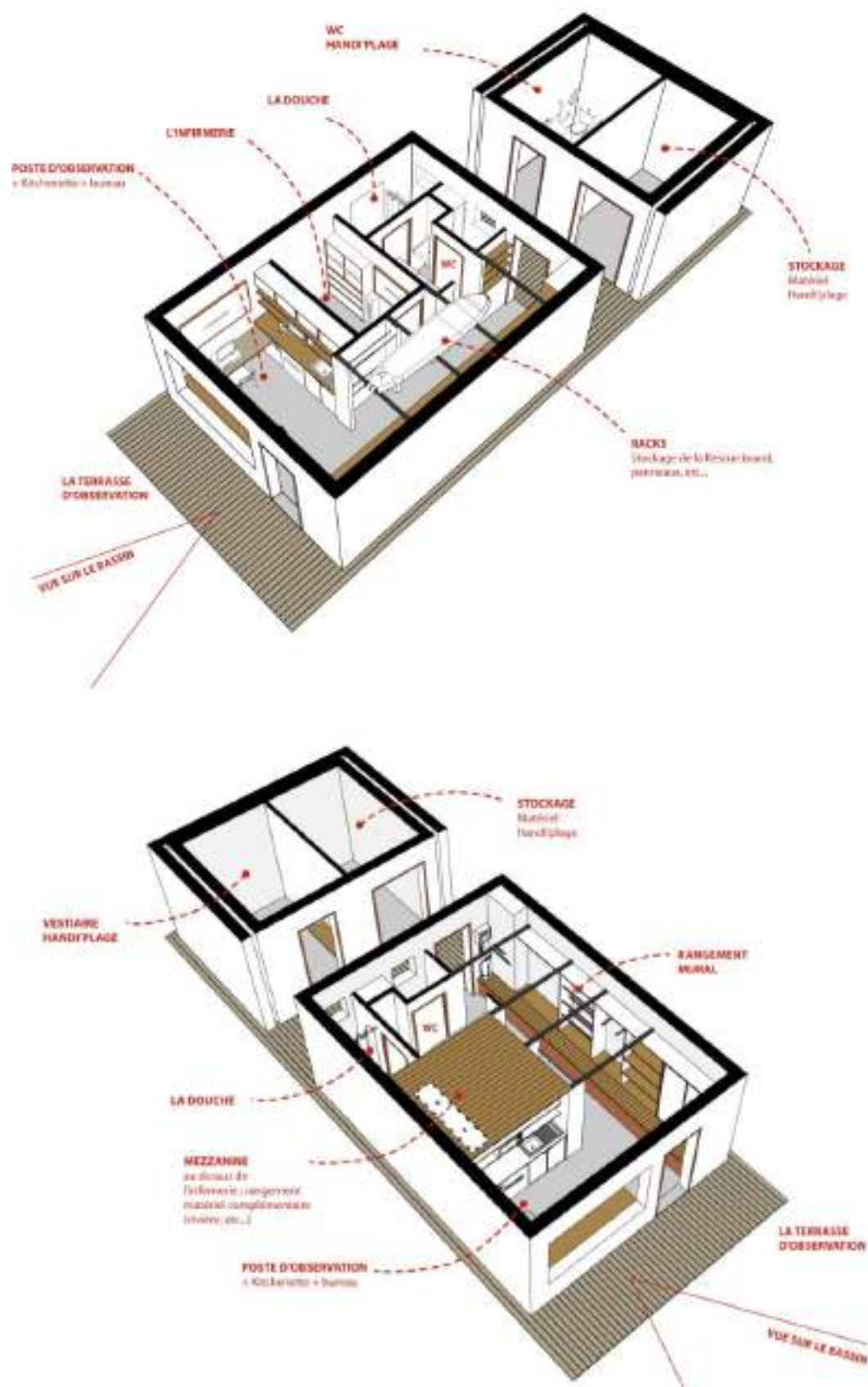


Figure 59: Vues de détails de l'organisation du poste de surveillance

11.6.2 Le bassin de baignade

11.6.2.1 Consistance générale des travaux

Le projet de travaux d'extension du bassin comprend :

- Le nettoyage du bassin par l'enlèvement de blocs rocheux;
- Le réarrangement des blocs rocheux pour la réhabilitation de l'enrochement à l'extrémité sud-est du bassin où se concentrent de forts enjeux écologiques (présence de coraux et d'oursins) ;
- La refaçon de la protection en enrochement et son extension dans le prolongement de l'ouvrage existant (qui représente la limite du platier récifal) pour atteindre une surface protégée globale de 6400 m² ;
- La réalisation de butées de pied ensouillées sur fond rocheux à la base de l'ouvrage pour garantir un soutien de l'ouvrage. En effet, le sol de fondation de l'ouvrage étant rocheux, il n'y a donc aucune cohésion ni encastrement au niveau du soubassement. La stabilité est alors uniquement pesante et flottante ;
- Le déroctage d'une surface d'environ 650 m² environ et de profondeur variant de 0,00 à 1,50m ; à l'intérieur du bassin afin de créer une fosse d'apprentissage de la baignade à destination des scolaires (primaire et collège) ;
- La création d'îlots rocheux par la réorganisation de blocs existants à l'intérieur du bassin afin de diminuer la rectitude de l'ouvrage et d'améliorer son aspect visuel ;
- La destruction du muret maçonné présent sur l'estran et le reprofilage de la plage afin de faciliter l'accès au bassin ;
- Le ré-ensablement et le nivellement de la plage pour assurer un confort d'accès au bassin.

11.6.2.2 La protection en enrochement

Afin de sécuriser la baignade, il est envisagé la réalisation d'une protection en enrochement constituée d'un talus en blocs naturels (Figure 62).

Les éléments de dimensionnement de l'ouvrage sont synthétisés ci-après :

- La protection en enrochement peut être divisé en deux tronçon :
 - **Tronçon principal** : parallèle à la côte d'une longueur de 165 ml.
 - **Tronçon de retour (secondaire)** : d'une longueur de 30 ml, qui permet le retour de la digue vers la côte. C'est le tronçon qui permet de se protéger des houles réfléchies sur le tronçon principal. Les houles sont donc moins importantes selon l'angle de la houle choisie.
- **Caractéristiques de l'ouvrage**

Caractéristiques	Nomenclature	Valeur
Altimétrie du couronnement	R_c	1,10m NGR
Bathymétrie en pied d'ouvrage	h	-0,5m NGR
Pente des fonds	φ	~5%
Masse volumique de l'enrochement naturel	ρ_r	2600 kg/m ³
Masse volumique de l'eau de mer	ρ_w	1025 kg/m ³
Pente talus	α	3H/2V

Tableau 17 : Caractéristiques de l'ouvrage

- La cote de la crête de la digue a été définie pour permettre une baignade dans des conditions de sécurité satisfaisantes 90% de l'année (Cf. rapport de BW-CGC).
- Le sol de fondation de la digue est rocheux. Il n'y a donc aucune cohésion ni d'encastrement au niveau du soubassement. La stabilité est alors uniquement pesante et flottante. La réalisation d'une butée de pied doit permettre de garantir un soutien contre le glissement de la carapace de l'ouvrage.

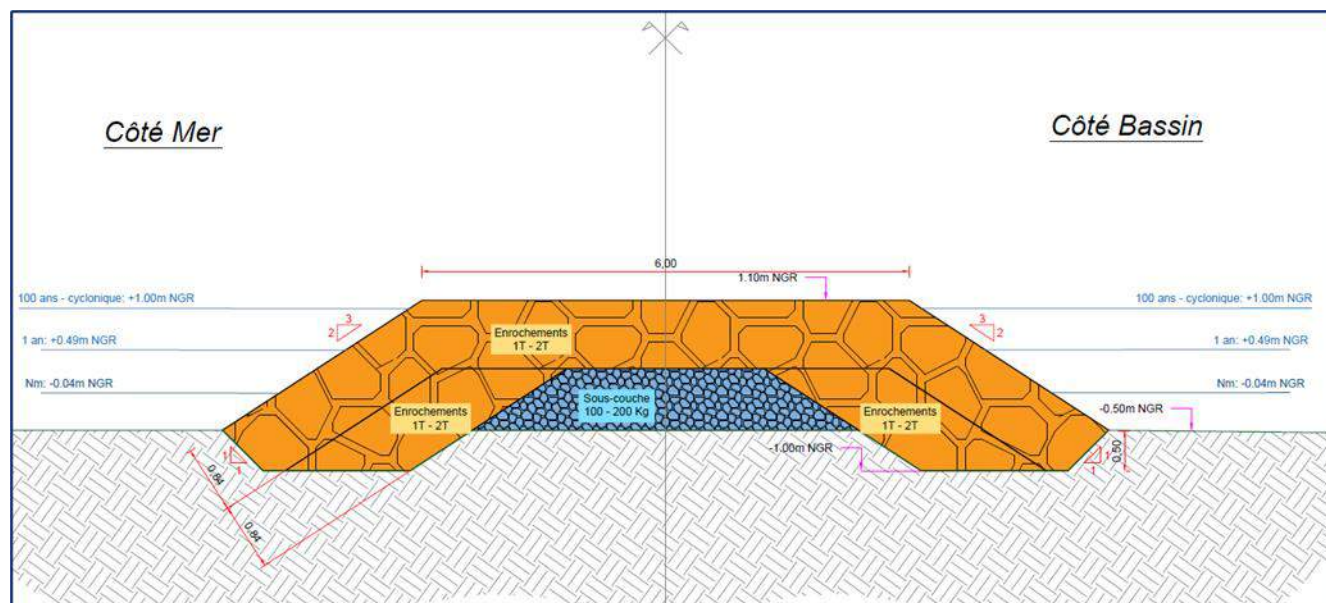


Figure 60 : Coupe type de la digue – Tronçon de retour

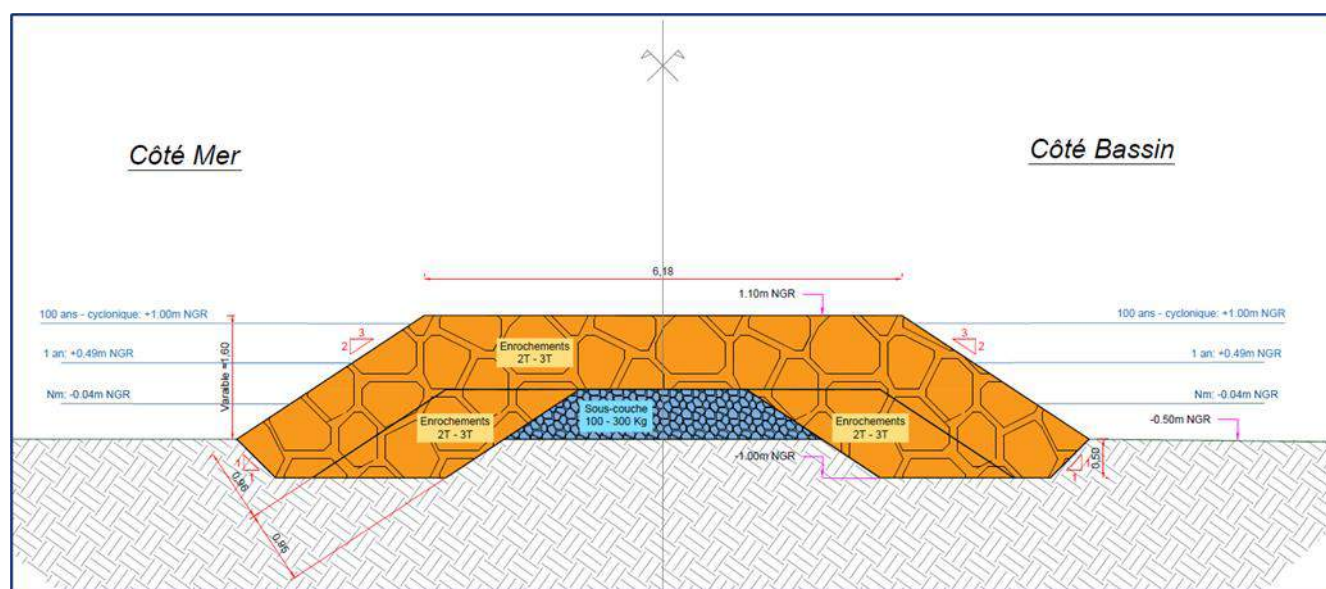


Figure 61 : Coupe type de la digue – Tronçon Principal



Figure 62: Plan de masse de la protection en enrochement

Afin d'atténuer la rectitude de l'enrochement, il est proposé d'aménager des ilots dans le bassin et des circonvolutions à l'aide d'enrochements installés du côté protégé du bassin (Figure 14).

Des blocs de dimensions similaires à ceux utilisés pour la carapace seront mis en place de manière non uniforme à l'intérieur du bassin. Les blocs seront placés, un à un, par la pelle située sur le cheminement de l'enrochement, durant la seconde phase de réalisation, ainsi que par un autre engin depuis la plage.

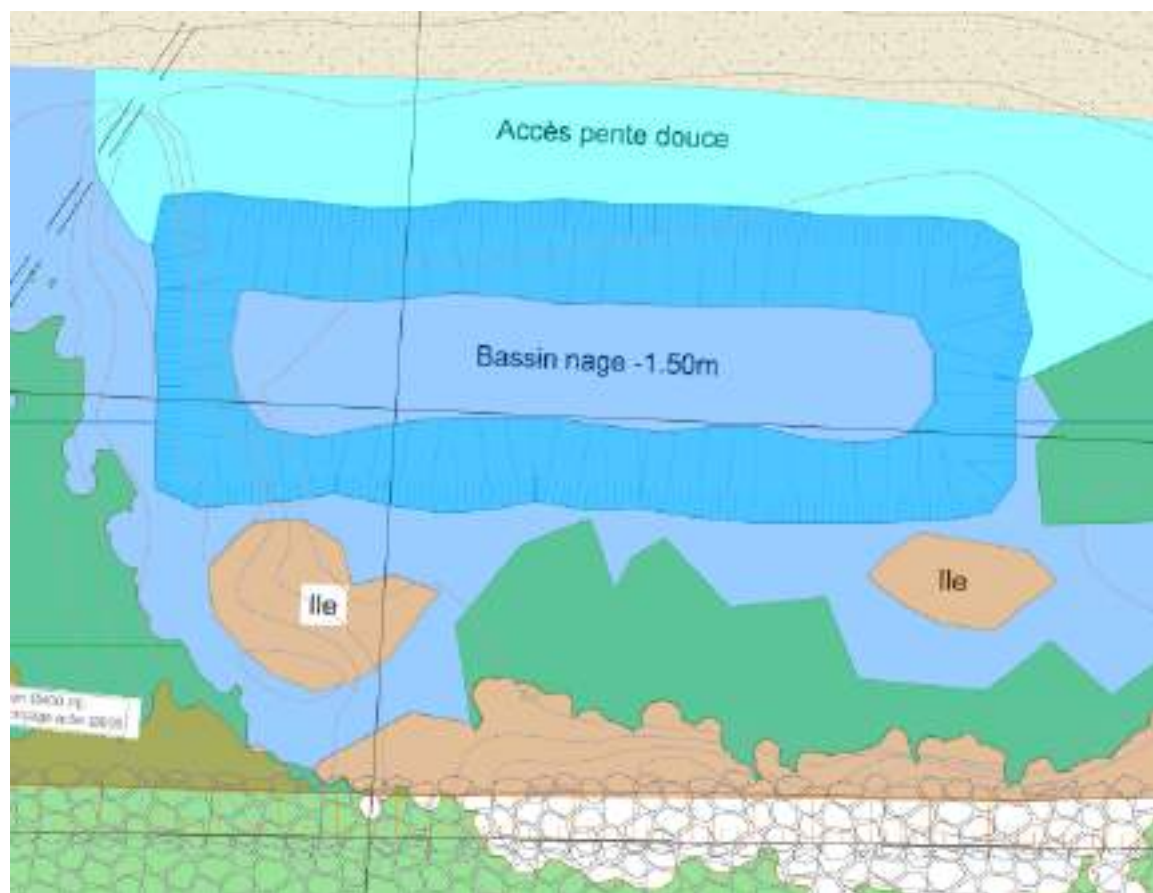


Figure 63: Vue depuis le Piton de Grande Anse sur le futur bassin de baignade

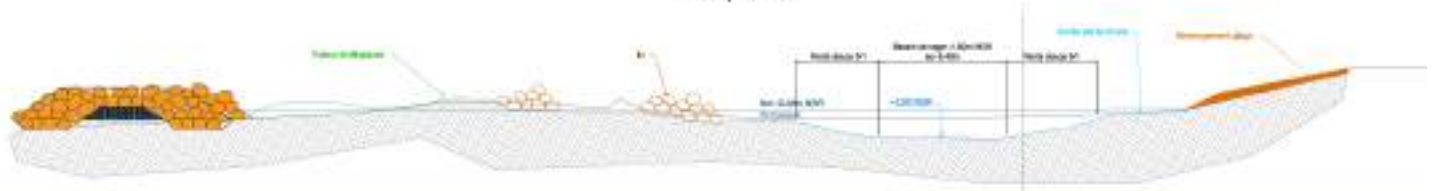
11.6.2.3 La fosse de natation

La municipalité a souhaité l'aménagement, au sein du bassin de baignade, d'une zone propice à l'apprentissage de la natation. Il est donc prévu d'approfondir le platier par déroctage sur une surface d'environ 650 m² afin d'obtenir des profondeurs d'environ 1.50m à marée très basse, jusqu'à près de 2m en marée haute annuelle (cote de fond -1.50mNGR).

Les dimensions de ce bassin seront d'environ 45m de long par 15m de large, incluant des pentes douces (pente d'environ 5H/1V) pour atteindre le fond de la fosse.



Coupe A-A



Coupe B-B



Figure 64 – Vue en plan + coupe de la fosse d'apprentissage

N.B : La fosse étant créé par déroctage, les cotes sont données à titre indicatif. Les plans de masses entier sont fournis dans la pièce B éléments graphiques

Un muret est présent sur l'estran au droit du bassin de baignade actuel et s'étend sur un linéaire d'environ 71m (Figure 19). Il a été construit a priori pour contenir le sable en contre-haut de celui-ci. La présence de ce muret crée un talus avec en contrebas du muret une plage érodée, tandis que la partie haute de la plage reste bien ensablée et se retrouve « suspendue ».

Ce muret constitue actuellement un danger pour l'accès au bassin en raison du caractère glissant.



Figure 65: Photographie du muret au droit du bassin de baignade.

Une fois le muret démolì, un reprofilage de plage à la pelle mécanique sera effectué autant que nécessaire pour répartir le sable accumulé en amont du muret. Il n'y a pas d'apport extérieur de sable prévu. Le but est d'assurer une pente faible et confortable pour faciliter l'accès au bassin. Le pente de la plage sera identique aux zones adjacentes.

11.6.3 Aménagement hydraulique du talweg

L'analyse de l'état initial a mis en évidence la présence d'un talweg dont le débouché est situé à l'heure actuelle sur la plage au droit de l'extrémité nord-ouest du bassin et qui se situera après les travaux d'extension dans l'emprise du futur bassin de baignade. Compte tenu de la présence potentielle de rejets d'eaux usées (traces de pollutions bactériennes identifiées par les services de la CIVIS) et des enjeux de qualité des eaux de baignade, le maintien du rejet direct de la ravine dans le bassin a été écarté. Un scénario canalisant le talweg sous la plage et sous le bassin a été privilégié.



Figure 66: Vue du ponceau sur la petite ravine



Il est possible de créer un regard au niveau de la digue afin de pouvoir procéder à un curage si nécessaire.



Les résultats de débits franchissants obtenus montrent que pour l'arase de l'ouvrage projeté à +1.1 m NGR :

- Pour la configuration projetée, on obtient donc les taux de renouvellement suivants.

Tableau 18 : Comparaison des temps nécessaires au renouvellement de 50%, 80%, et 98% des eaux du bassin entre l'ancien et le nouveau projet d'extension du bassin.

Taux de renouvellement des eaux	Temps (T1) -- ancien projet	Temps (T2) -- nouveau projet (T2=T1×1.52)
50%	4.5 h	6.8 h
80%	8.5 h	12.9 h
98%	16 h	24.3 h

11.6.5 Modalités d'exécution particulières des travaux

11.6.5.1 Zone d'installation de chantier et accès

Les installations de chantier devront être mises en place à proximité de la zone d'exécution des travaux. Voici les emplacements qui pourront potentiellement être utilisés à cet effet sur le site.



Figure 69 – Zones potentiellement disponibles à proximité du site des travaux

La réalisation des travaux nécessitera l'accès et la circulation d'engins sur la plage. Un accès par la plage de galets à l'extrémité sud-est de la plage sera privilégié pour limiter l'impact sur le haut de plage.

11.6.5.2 La protection en enrochement

Pour la réalisation des travaux de réfection de la protection en enrochement du bassin, les travaux par voie terrestre seront privilégiés.

Afin de minimiser l'impact des travaux sur les fonds marins et pour optimiser l'accès des engins à la digue, sans les exposer à la houle, la solution la plus appropriée semble être de créer un cheminement sur la digue existante avec une progression des engins à l'avancement.

Les travaux débuteront à l'extrémité nord-est. Les travaux de réfection de la digue seront décomposés en deux phases : la première et la seconde passe.

Pour la première passe, une pelle mécanique cheminera sur la digue depuis l'extrémité Nord-Ouest jusqu'à l'autre extrémité de la digue. La piste créée sur la digue devra être compatible avec l'engin utilisé ainsi qu'avec le passage de camions permettant l'évacuation et l'amenée des blocs. La pelle réalisera les travaux suivants, à l'avancement :

- ▷ L'enlèvement des blocs existants considérés non réutilisables,
- ▷ La création d'une piste de roulement constituée à partir de matériaux de sous-couche, plaques de roulement et blocs mis en protection côté extérieur,
- ▷ Le déroctage de la butée de pied (côté intérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement.
- ▷ Si nécessaire, il sera procédé à un décalage de la piste de roulement vers l'intérieur afin de pouvoir procéder à la phase suivante,
- ▷ Le déroctage de la butée de pied (côté extérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement,
- ▷ La réalisation de l'exutoire de la canalisation du talweg ;
- ▷ Arrivé à la fin du linéaire (première phase), la piste de roulement sera retirée et suivra la mise en place de la carapace en faisant le chemin retour.

Une fois arrivée à l'extrémité Sud-Est de la digue, la pelle entamera alors la seconde passe, soit le chemin retour vers l'extrémité Nord-Ouest de la digue. Durant cette passe, la deuxième et dernière partie de la carapace sera réalisée à l'avancement. De plus, des blocs seront placés irrégulièrement à l'intérieur du bassin au cours de cette seconde passe, conformément aux plans, afin de créer des circonvolutions.



Figure 70 – Exemple de réalisation de digue à l'avancement

Pour la mise en place de la piste, une bande de roulement provisoire sera cloutée sur la digue. Il sera choisi un dispositif homogène rendant le cheminement carrossable aux engins type tombereaux et pelle, sans nécessité de matériaux d'apport. Ainsi, aucun matériau fin ne sera soumis aux entrées maritimes et susceptible de se répandre dans le bassin. L'impact sur les coraux sera donc minimisé.



Figure 71 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport

11.6.5.3 La fosse de natation

Le déroctage pour la fosse d'apprentissage sera réalisé depuis la plage. Une plateforme carrossable en matériaux d'apport permettra à la pelle hydraulique et aux engins nécessaires aux travaux de déroctage d'atteindre la zone.

Compte tenu des contraintes du milieu, elle sera réalisée en matériaux grossier non cohésif. Le diamètre minimum des matériaux devra être au minimum de 100 à 200mm. A la pose, un géotextile ultra résistant sera positionné sous les matériaux afin de faciliter leur retrait.

Les matériaux seront acheminés par tombereau depuis les cheminements préalablement mis en place. La taille et les dimensions de la plateforme devront s'adapter à l'avancement de l'excavation de la fosse. Une fois la fosse d'apprentissage terminée, la plateforme sera complètement démantelée, les matériaux d'apport seront alors évacués pour être retraités.

Compte tenu de la méthode de pose des enrochements, la plateforme ne sera pas directement exposée au déferlement des vagues.

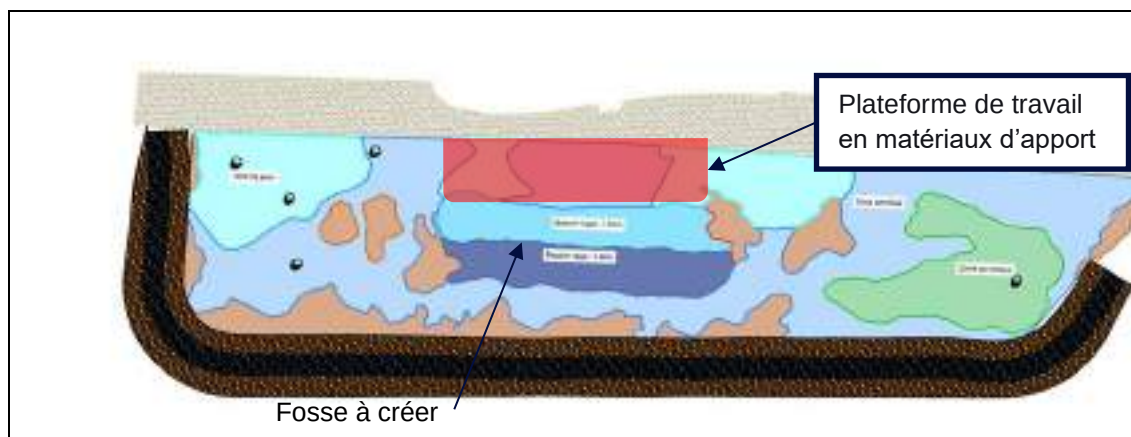
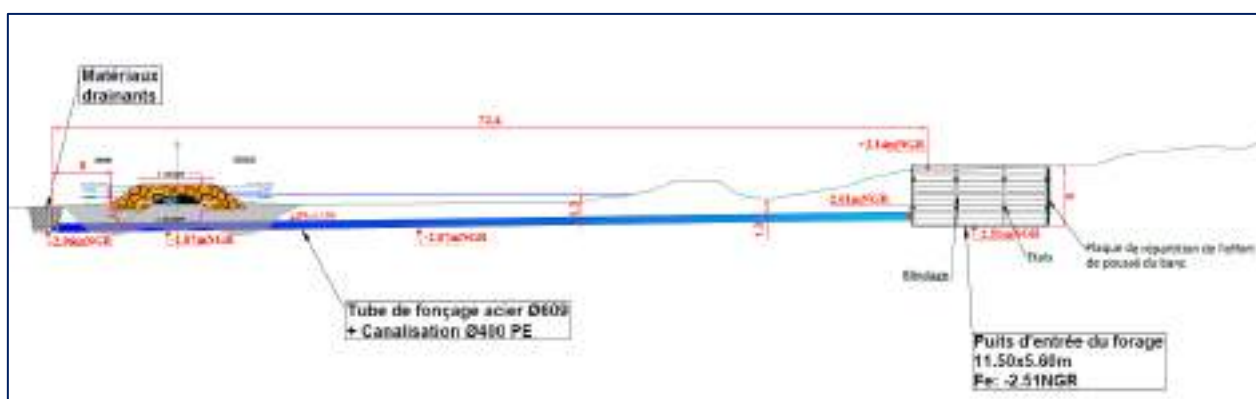


Figure 72 – Déroctage pour fosse d'apprentissage

11.6.5.4 La canalisation du talweg

Le talweg sera canalisé depuis l'embouchure actuelle, cheminera sous la plage, sous le bassin de baignade, sous la protection en enrochement, et se déversera en mer. La première part de la canalisation depuis l'embouchure actuelle jusqu'à la plage sera réalisée par pose en tranchée. Ensuite depuis la plage jusqu'à l'exutoire finale en arrière de la protection en enrochement, Afin de limiter l'impact sur le milieu naturel aquatique et pour ne pas interférer avec les travaux de réalisation de la protection en enrochement, une solution de mise en place de la canalisation via forage dirigé sera privilégiée. Le forage devra respecter le profil de canalisation suivant :



Il est rappelé que la blocométrie retenue pour la protection en enrochement (entre 2 et 3 tonnes) permet de garantir une bonne tenue des ouvrages dans des conditions normales, et d'avoir des dommages acceptables en période cyclonique pour des événements jusqu'à une période de retour de 100 ans.

De plus, dans la conception de l'ouvrage il est prévu la réalisation de deux butées de pied qui doivent permettre de garantir un soutien contre le glissement de la carapace de l'ouvrage.

Aussi compte tenu de ces éléments de dimensionnement ainsi que de sa configuration (protection en enrochement sur substrat rocheux dans des faibles profondeurs d'eau), la surveillance de l'ouvrage se fera par inspection visuelle. Une inspection de routine annuelle sera suffisante. Des inspections seront également réalisées après un événement de forte houle.

Ils auront pour objectif de détecter toute anomalie structurelle de la protection en enrochement, notamment:

- usure/fissuration des blocs
- stabilité de la butée de pied
- intégrité des canalisations d'avivement d'eau et des grilles de protection.

Les inspections pourront être réalisées par des moyens aquatiques et subaquatique, côté bassin et côté large.

Une fiche d'inspection d'ouvrage sera complétée à chaque visite et archivée par le maître d'ouvrage.

11.6.6.2 Entretien du poste MNS

À l'issue des travaux, le gestionnaire du site de baignade aura la charge de la maintenance et l'entretien du poste MNS et de ces abords.

11.6.6.3 L'aménagement hydraulique

L'aménagement hydraulique sera sollicité particulièrement lors des périodes de crue du talweg. Aussi après chaque épisode de crue, le gestionnaire de l'ouvrage réalisera des inspections afin de vérifier l'absence d'obstruction des regards et de la canalisation.

L'ouvrage d'entonnement au niveau du débouché du talweg sera constitué d'une grille avaloir permettant de retenir les macrodéchets apportés par une crue. Les macrodéchets seront récupérés et évacués vers les filières agréées par les services en charge de l'entretien des espaces publics.

L'exutoire de la ravine canalisée sera en mer, il y aura donc un fonctionnement en charge qui permettra l'auto-curage de la canalisation.

Un regard enfoui sera présent sur la plage et permettra si nécessaire un curage hydraulique de la canalisation.

En l'absence de période de crue, une surveillance de routine de l'ouvrage pourra être effectuée 1 à 2 fois par an afin d'identifier les éventuels désordres.

Si une obstruction est constatée, un curage de la canalisation et des regards sera réalisé afin de dégager l'aménagement.

11.6.6.4 La fosse de natation

Le risque de comblement de la fosse par dépôt sableux en provenance du platier est faible. Toutefois, il n'est pas à exclure un apport de sable depuis la plage dans des conditions de vagues énergétique. En condition d'agitation normale, le déferlement sur la plage au droit du bassin sera limité du fait de la présence de la protection en enrochement.

Un niveau d'ensablement de la fosse de l'ordre de 20cm d'épaisseur de sable, soit un volume de 50m³ peut être fixé comme valeur seuil. Au-delà de 20cm de sable, il peut être considéré que la profondeur d'eau dans la fosse n'est plus optimale.

Aussi, le pétitionnaire propose :

- Une surveillance des niveaux d'ensablement par lançage à l'aiguille une fois tous les 6 mois idéalement après la saison des houles australes les 3 premières années. Cette surveillance sur 3 ans permettra de déterminer des vitesses d'ensablement de la fosse. Au-delà de 3 ans, la fréquence de surveillance pourra être réduite à 1 fois par an.
- En cas d'ensablement important constaté (supérieur à 20cm), un curage de la fosse sera mis en œuvre par dragage hydraulique à l'aide d'une pompe à sédiments embarquée sur une embarcation légère munie d'une conduite d'aspiration guidée par des plongeurs. Le sable dragué sera remis sur l'estran au droit du bassin.



Figure 74 : Exemple de dragage hydraulique en situation de faible tirant d'eau dans le port de Saint Leu

11.6.7 Estimation des travaux

Le tableau suivant présente l'estimation des travaux au stade étude d'avant-projet. Le coût des travaux est estimé à **5 077 184,30 € TTC** dont 4 201 852,38 € TTC pour les travaux maritimes (enrochement et canalisation du talweg).

Liste des lots :	Montant HT en €	TVA	Montant TVA en €	Montant TTC en €
Lot N°01 TVX MARITIMES	3 872 675,00	8,50	329 177,38	4 201 852,38
Lot N°02 VRD & PAYSAGER	244 900,00	8,50	20 816,50	265 716,50
Lot N°03 GROS ŒUVRE	63 566,00	8,50	5 403,11	68 969,11
Lot N°04 STR BOIS COUV BARDAGE SECOND ŒUVRE	222 284,00	8,50	18 894,14	241 178,14
Lot N°05 RESINE DE SOL	6 755,00	8,50	574,18	7 329,18
Lot N°06 FAIENCE	1 857,41	8,50	157,88	2 015,29

Lot N°07 ELECTRICITE CFO/Cfa	15 170,00	8,50	1 289,45	16 459,45
Lot N°08 PLOMBERIE	29 395,00	8,50	2 498,58	31 893,58
Total	4 456 602,41	8,50	378 811,20	4 835 413,61
Aléas (5%)	222 830,12	8,50	18 940,56	241 770,68
Prix global	4 679 432,53		397 751,77	5 077 184,30

11.6.8 Planning prévisionnel

Le planning prévisionnel des travaux est donné ci-après. Les travaux maritimes seront réalisés hors périodes d'hiver austral.

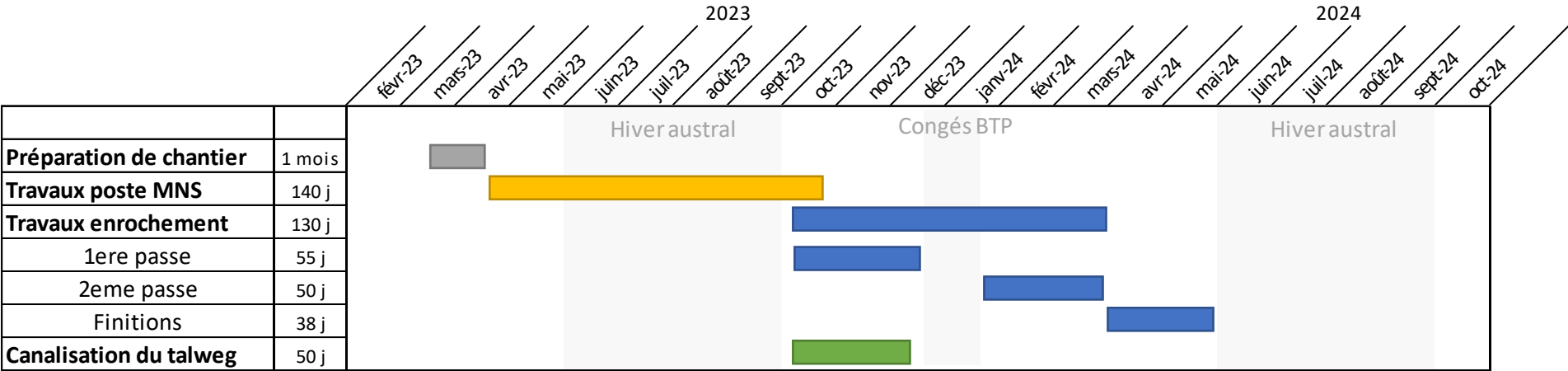


Figure 75: Planning prévisionnel

11.7 Etude d'incidences du projet sur le milieu terrestre et marin

Les incidences sur le milieu terrestre et le milieu marin du projet ont été évaluées dans le cadre de l'étude d'impact réalisée conformément à l'arrêté n°2019-2629/SG/DRECV du 23 juillet 2019 portant décision d'examen au cas par cas stipule que le projet est soumis à évaluation environnementale.

Le Tableau 19 ci-après synthétise les impacts du projet sur l'environnement. Le dossier complet d'étude d'impact est fourni en annexe.

Tableau 19: Synthèse des effets du projet sur le milieu terrestre et marin et des mesures associées

Thématique	Sous-thématique	Phase du projet	Impact potentiel	Niveau d'impact	Mesures d'évitement et de réduction	Impact résiduel	Coût en euros HT
Sol et sous-sol	Morphologie	Phase travaux	Des terrassements seront nécessaires pour la réalisation des travaux mais ils seront limités en profondeur. Le terrain sera remis à niveau après travaux et nivelé après destruction des murs du belvédère, du muret sur l'estran. Les nivellements en haut de plage et en pied de plage rendront à la plage une topographie plus harmonieuse et plus praticable.	Faible-temporaire	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
		Phase d'exploitation	Le projet aura un impact nul sur la morphologie de la plage.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
	Qualité du Sol	Phase travaux	Les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires induits par : - la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules),	Moyen-temporaire	Aménagement la zone de chantier Limitation des risques de pollution accidentelle Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants	Nul	Coût intégré au projet

Eaux			-la manipulation de produits polluants pour les besoins du chantier -la mise en œuvre de béton pour l'aménagement de l'écran de butée du fonçage avec risque de départ de laitance				
		Phase d'exploitation	Aucun effet du projet	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
	Eaux de surface	Phase travaux	Seuls les travaux au niveau du talweg sont susceptibles d'avoir une incidence sur les eaux de surface par déversement accidentel de produits polluants par les engins de travaux.	Faible – temporaire	Aucun travaux n'aura lieu en période de pluie. Limitation des risques de pollution accidentelle	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Aucune interaction entre le projet et les eaux de surface	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
	Eaux souterraines	Phase travaux	Les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires : - induits par la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules) polluant dans un premier temps le sol et par infiltration les eaux souterraines ; -départ de laitance de béton pour l'aménagement	Faible – temporaire	Aucun travaux n'aura lieu en période de pluie. Limitation des risques de pollution accidentelle	Nul	Coût intégré au projet

			de l'écran de butée de la fosse de fonçage.				
		Phase d'exploitation	Le risque pollution accidentelle par les hydrocarbures dû à la présence de véhicule sur le site est nulle. Le site n'est pas accessible aux engins	Faible	Gestion des eaux usées du poste MNS Gestion des eaux des douches	Nul	Sans objet
	Eaux marines et côtières	Phase travaux	La zone de projet en milieu marin est très localisée donc peu d'incidence sur l'état de la masse d'eau côtière. A la côte les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires induits par la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules) et par apport indirect via le ruissellement sur les sols.	Moyen - Temporaire	Limitation des risques de pollution accidentelle Adaptation des modalités d'exécution des travaux maritimes pour maintenir les engins hors d'eau Gestion des déchets (évitement) Maitrise de la qualité des eaux (réduction) Contrôle de la qualité des eaux (réduction)	Nul	Coût intégré au projet
		Phase exploitation	Les impacts du projet sont liés à : L'apport d'eau douce au débouché de la canalisation du talweg L'apport d'eau douce par les douches publiques	Moyen	le projet intègre déjà dès le stade de conception les enjeux de la qualité des eaux côtières. En exploitation, les mesures de gestion des eaux prévues pour les	Nul	Sans objet

			La modification des conditions d'agitation dans le bassin par la modification de la protection en enrochement et notamment un renouvellement insuffisant des eaux.		eaux souterraines inhérentes à la gestion des eaux usées du poste MNS et des eaux des douches permettront également de garantir l'absence de pollution indirecte des eaux côtières.		
Océanographie		Phase travaux	Les travaux n'auront pas d'impact sur l'hydrodynamisme côtier. L'enrochement présent sera retiré à l'avancement de la mise en œuvre du nouvel enrochement.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
		Phase d'exploitation	Une fois le projet finalisé, la protection en enrochement aura un faible impact sur l'hydrodynamisme côtier au voisinage de l'ouvrage. La baignade dans le bassin sera sécurisée. Le renouvellement de l'eau sera assuré.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
Milieux naturels terrestres	Faune et flore terrestres	Phase travaux	Perturbation et/ou destructions des habitats et espèces végétales terrestres Perturbations et/ou destructions d'espèces faunistiques terrestres	Moyen – Temporaire	Mesure E02 – Interdiction des travaux nocturnes durant le chantier Mesure R01 – Adaptation des modalités d'éclairage des installations de chantier	Nul	Mesure E02, R01 intégré au projet L'accompagnement environnemental du projet est estimé Coût évalué sur la base de la durée du

			Développement des espèces végétales exotiques envahissantes		Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet		chantier : 40 000 € sur 12 mois
		Phase d'exploitation	Risque de piétinement de la végétation par les usagers	Faible	Les aménagements du haut de plage (boudin cocos)	Nul	Coût intégré au projet
Milieux naturels marins	Faune et Flore Marine	Phase travaux	Altération, destruction des communautés benthiques par recouvrement direct	Fort – Temporaire	Mesure R02- Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux	Nul	R02 intégré au projet
			Développement de colonies coralliennes dans le futur bassin		Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux		R03 : Coût à définir suivant la nature des travaux maritimes sensibles et leur durée : suivi hebdomadaire ou mensuel suivant la période visée.
			Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau		Mesure R04 – Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine		R04 : Coût intégré au projet pour la coordination environnementale
			Dérangement sonore des cétacés		Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier		Contrôle acoustique évalué à 40 k€
			Risques de pollutions du milieu marin				
			Effets sur la fonctionnalité écologique locales		Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet		R05 : Coût intégré à la gestion des travaux par les entreprises (+

					Enfin, selon cette même démarche ERC, en maximisant les démarches d'évitement et de réduction, il est également proposé des mesures d'accompagnement, à savoir : □ MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation) □ MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)		maîtrise d'œuvre et accompagnement environnemental) et dans la conception du projet R07 : Coût évalué sur la base de la durée du chantier : 40 000 € sur 12 mois
		Phase d'exploitation	Altération, destruction des communautés benthiques par recouvrement direct Développement de colonies coralliennes dans le futur bassin Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau Dérangement sonore des cétacés	Moyen - Définitif	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Enfin, selon cette même démarche ERC, en	Faible	E01 : intégré au projet R06 : intégré au projet MA01 : Coût pour les suivis des biocénoses marines (substrat dur) : 80 000 € MA02 : Coût total de 30 000 € pour les 5 suivis en mer, comprenant 3 experts MMO

			Risques de pollutions du milieu marin Effets sur la fonctionnalité écologique locales		maximisant les démarches d'évitement et de réduction, il est également proposé des mesures d'accompagnement, à savoir : □ MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation) □ MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation) □ MA03 – Information et éducation du public vis-à-vis de la sensibilité de la biodiversité littorale du site de Grand Anse		(observateurs cétacés), rapports et bancarisation. MA03 : Coût total estimé à 25 000 € comprenant des actions d'information et la mise en place d'une signalétique adaptée (panneaux...)
					L'installation de la protection en sera favorable au maintien et au développement les peuplements coralliens.	Positif	Coût intégré au projet
Air et Climat	Emission GES/poussière	Phase travaux	Augmentation des émissions de gaz à effet de serre et de poussière liée aux engins	Faible – Temporaire	Respect les normes anti-pollution en vigueur Respect de la limitation de vitesse Suivi et entretiens périodiques des engins	Nul	Coût intégré au projet

					Arrêt des moteurs des engins à l'arrêt		
		Phase d'exploitation	Aucun engin n'a accès au site	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
Environnement humain	Bruit	Phase travaux	Les travaux vont générer une augmentation de bruit, toutefois les habitations les plus proches sont situées à plus d'1 km du site.	Faible – Temporaire	Utilisation de matériel et engins de chantier conformes à la réglementation en vigueur	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Le bruit proviendra des visiteurs du site. L'impact sur le voisinage est négligeable	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
	Déchets	Phase travaux	Les travaux vont générer des déchets mais ceux-ci seront de faible volume et temporaire.	Faible – Temporaire	Mise en place d'une gestion des déchets sur le chantier.	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	La production de déchets en phase exploitation se limite aux déchets des visiteurs et du poste MNS	Faible permanent	Site d'entreposage et de tri approprié. Evacuation des déchets par le service de ramassage et d'entretien du site.	Nul	Coût intégré au projet
Paysage		Phase d'exploitation	La qualité paysagère du haut de plage sera améliorée avec la destruction du mur du belvédère et l'implantation	Positif et permanent	Aucune mesure nécessaire. L'aspect paysager est pris en compte dès la conception du projet.	Nul	Sans objet

			du poste MNS intégré dans le paysage. L'aspect visuel de l'enrochement sera intégré au paysage. Des ilots d'enrochement volcanique seront installés dans le bassin afin de casser le visuel linéaire de la digue.				
Transport et trafic	Fréquentions du site et accès	Phase travaux	Les travaux nécessitent la présence d'engins/véhicule/personnel de chantier sur le secteur	Faible – Temporaire	La circulation est limitée aux heures de travail	Nul	Sans objet
		Phase d'exploitation	L'accès au site se fera uniquement à pied. Des accès PMR seront installés. La fréquentions du site va augmenter avec les aménagements d'arrière-plage déjà réalisé.	Positif Le projet permet de proposer une zone de baignade surveillée et adaptée aux visiteurs du site.	Aucune mesure nécessaire	Nul	Sans objet
Risques	Risque Inondation	Phase travaux	Les travaux n'auront aucun effet sur le risque inondation et mouvement de terrain. Toutefois ils auront lieux à proximité d'une ravine.	Faible - Temporaire	Les travaux seront stoppés en cas de forte pluie.	Nul	Sans objet

	Risques littoraux	Phase travaux	Les travaux auront lieux en zone d'aléa fort submersion marine et recul du trait de côte. Etant donné la courte durée des travaux, le risque pour le chantier est faible.	Faible- Temporaire	Installations et engins de chantier installés/stockés hors d'atteinte des vagues hors période de travaux. Mise en sécurité du personnel et des engins en cas d'évènement météo-océanique exceptionnel. L'entreprise mettra en place un système d'alerte et des mesures de sauvegarde décrit dans le PPSPS et le PQA.	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	La zone d'implantation du poste MNS est concernée par un aléa fort recul du trait de côte ainsi que des aléas faible, moyen et fort submersion marine. Toutefois la conception du bâtiment assure une transparence hydraulique. Le projet contribue aussi au retrait des points durs sur le trait de côte. Le projet contribuera à diminuer l'érosion du haut de plage. La fréquentation du secteur sera augmentée.	Faible – Permanent	Des panneaux d'information et de signalisation sur le risque submersion destiné au public seront installés à proximité du poste MNS. En cas d'évènement majeur de submersion marine, la zone sera interdite d'accès au public par la municipalité.	Nul	Sans objet
	Risque cyclonique	Phase travaux Phase d'exploitation	L'île de la réunion est exposée au risque cyclonique.	Moyen	En cas de cyclone, les travaux seront interrompus.	Nul	Sans objet

					Le matériel sera mis à l'abris. Durant la phase d'exploitation le site sera fermé		
	Risque technologique	Phase travaux Phase d'exploitation	Les travaux et l'exploitation associés à la création du bassin de baignade n'ont pas d'effet sur les risques technologiques et industriels	Nul		Nul	Sans objet
	Risque sanitaire	Phase travaux	Les zones d'installation de chantier peuvent constituer des zones favorables à la création d'eau stagnantes en cas de pluie.	Faible - Temporaire	Stockage des déchets et matériaux dans des bacs fermés. Une lutte mécanique sera mise en place avec un contrôle hebdomadaire et une élimination manuelle des potentiels gîtes larvaires.	Nul	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Les douches publiques et la canalisation du talweg peuvent constituer des zones favorables à la création d'eau stagnante en cas de pluie.	Faible - Permanent	L'eau des douches publiques sera infiltrée dans un puisard. La conception de la canalisation du talweg permet une vidange de celle-ci et ne permet pas la création de gîtes larvaires.	Nul	Coût intégré au projet

11.8 Modalités de suivi du projet

11.8.1 Suivis du projet

Des comités techniques et de pilotages se sont déroulés pendant toute la durée des études préalables (Etudes préliminaires et Avant-projet).

Les services de l'Etat ont été consultés lors des réunions suivantes :

- Réunion du 05 novembre 2018 de pré-cadrage réglementaire à la suite des études préliminaires ;
- Réunion du 31 janvier 2019 de présentation de la première version de l'AVP ;
- Réunion du 29 août 2019 qui a porté sur la présentation complète du projet sur site et un récapitulatif des démarches réglementaires.

Deux réunions de concertation publique se sont également tenues le 10 juillet 2019 et le 13 novembre 2019 à la salle le Fangourin de Petite-Ile.

11.8.2 Suivis environnementaux

Durant les études préalables, un diagnostic écologique a été réalisé afin d'évaluer les enjeux écologiques en présence et de programmer le projet de façon à limiter les impacts sur le milieu naturel.

À l'issue des missions de diagnostics écologiques, des enjeux terrestres et marins ont pu être recensés sur la zone du projet. Aussi des mesures de suivis seront mises en place en phase travaux et en phase d'exploitation afin de limiter l'impact du projet sur le milieu naturel.

En phase travaux

Plusieurs actions seront menées en phase travaux :

- Afin de limiter le risque d'introduction de flore exotique envahissante, tout apport et stockage de terre végétale sur la zone de chantier sera contrôlée ;
- un balisage temporaire de la zone pourra être mis en œuvre, de façon à bien indiquer les limites de la zone sensible au personnel du chantier. La circulation des engins à proximité des zones sensibles sera limitée au maximum ;
- Des moyens pourront être définis pour la réduction des impacts acoustiques des travaux bruyants en milieu marin notamment le déroctage ;
- Un contrôle préventif de l'absence d'espèces faunistiques sensibles avant abattage des vacoas pour la construction du poste MNS et durant les travaux maritimes sensibles ;
- Un suivi et contrôle de l'absence des cétacés dans la zone d'influence sera réalisé durant le chantier ;
- Un suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur sera réalisé avant le début du chantier (état initial) et pendant celui-ci à raison d'un suivi annuel (en été austral) durant la phase de travaux maritimes ;
- Un suivi de la qualité de l'eau sera réalisé avant le début du chantier et pendant celui-ci à raison d'un suivi trimestriel durant les travaux maritimes.

En phase d'exploitation

- Suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur

Lors de l'exploitation, deux suivis pourront être réalisés, en année N+1 et N+3 (après livraison du bassin de baignade). Cela devrait permettre de veiller au bon développement des communautés vivantes.

○ **Suivi de la mégafaune marine**

De façon à suivre régulièrement les évolutions des populations de mégafaune marine, au regard du contexte et des enjeux de la zone d'étude, il est proposé la réalisation de campagne en année N+1 et N+3.

11.8.3 Suivis réglementaires

La réglementation prévoit un contrôle de la qualité des eaux de baignade qui est assuré à La Réunion par l'Agence Régionale de Santé Océan Indien.

ANNEXE : ÉTUDE D'IMPACT

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact

CONSULTING

SAFEGE
14 Rue Jules Thirel
Bât A – Bureau 34 – Savanna
97460 SAINT PAUL

Agence de la Réunion

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'île - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safeg.com

Sommaire

1.....	Description du projet	13
1.1	Contexte de la demande	13
1.2	Identité du demandeur	14
1.3	Localisation du projet.....	15
1.4	Description technique du projet.....	19
1.5	Estimation des émissions dans l'environnement et des déchets produits....	98
1.6	Consommation raisonnée de l'énergie et des ressources	100
2.....	Etat initial du site et de son environnement	101
2.1	Sol et sous-sol	101
2.2	Eau.....	109
2.3	Océanographie.....	113
2.4	Air et climat	121
2.6	Périmètres de protection et inventaire	125
2.7	Milieu naturel terrestre	128
2.8	Milieu naturel marin	170
2.9	Environnement humain.....	233
2.10	Paysage	233
2.11	Risques naturels et technologiques	239
2.12	Analyse des enjeux et sensibilités.....	242
3.....	Description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet	248
4.....	Analyse des incidences et mesures ERC prises en faveur de l'environnement et de la santé humaine	252
4.1	Approche retenue	252
4.2	Sol et sous-sol	253
4.3	Eau.....	256

4.4	Océanographie.....	273
4.5	Air et climat	274
4.6	Milieu naturel.....	274
4.7	Environnement humain.....	330
4.8	Paysage	330
4.9	Risques	333
4.10	Effets cumulés avec d'autres projets	339
4.11	Synthèse des effets et des mesures associées	343
5.....	Description des variantes et justification des solutions retenues	349
5.1	Historique du projet.....	349
5.2	Démarche entreprise par la commune de Petite-Ile	349
5.3	Présentation des alternatives étudiées et de la solution retenue	350
6.....	Analyse des méthodes et difficultés	376
6.1	Cadre réglementaire	376
6.2	Préambule.....	376
6.3	Analyse des méthodes et difficultés pour l'étude de l'état initial.....	377
6.4	Analyse des méthodes et difficultés pour l'évaluation des effets.....	378
6.5	Difficultés éventuelles rencontrées	379
7.....	Compatibilité avec les documents de planification du territoire	381
7.1	Le Schéma d'Aménagement Régional (SAR)	381
7.2	Le Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM)	383
7.3	Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT)	385
7.4	Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)	385
7.5	Le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE)	388
7.6	Plan Local d'Urbanisme (PLU)	389
7.7	Domaine Public Maritime	390

8.....Auteurs des études	392
8.1 Auteurs des pièces du dossier d'autorisation environnementale.....	392
8.2 Auteurs des études techniques	392
9.....Bibliographie	394
9.1 Document réglementaire.....	394
9.2 Etudes complémentaires au projet.....	394
9.3 Etudes et rapports	394
9.4 Sitographie	394
10 ...Résumé non technique.....	395
10.1 Contexte et objectif du projet	395
10.2 Identité du demandeur	395
10.3 Localisation du projet.....	396
10.4 Caractéristiques principales du projet	400
10.5 Etat initial de l'environnement.....	423
10.6 Effets prévisibles du projet et mesures prévues.....	429
10.7 Justification de la solution retenue	435
10.8 Eléments majeurs du projet.....	436

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude	15
Figure 2: Situation cadastrale du projet.....	17
Figure 3: Situation du projet vis-à-vis du Domaine Public Maritime	18
Figure 4: Vue panoramique sur le futur talus végétalisé au pied du local de surveillance	20
Figure 5: Plan d'implantation général du local de surveillance.....	21
Figure 6: Vues de détails de l'organisation du poste de surveillance	22
Figure 7: Clichés des boudins cocos et enrochements libres dans le cadre du chantier de l'arrière-plage.....	24
Figure 8: Coupe de principe des fascines en boudins cocos	25
Figure 9: Vues en perspectives du local de surveillance.	26
Figure 10 : Plan d'implantation du système d'assainissement envisagé	33
Figure 11 : Plan de coupe A-A du système d'assainissement autonome envisagé.....	34
Figure 12 : Plan de coupe B-B du système d'assainissement autonome envisagé.....	35
Figure 13: Plan de masse de la protection en enrochement.....	37
Figure 14 : Vue en plan de la protection en enrochement	39
Figure 15 : Détail d'un pied sur fond rocheux (source : Rock Manuel §6.3.4.1)	42
Figure 16 : Coupe type de l'enrochement – Tronçon de retour	42
Figure 17 : Coupe type de l'enrochement – Tronçon Principal	42
Figure 18: Vue depuis le Piton de Grande Anse sur le futur bassin de baignade.....	43
Figure 19 – Vue en plan + coupe de la fosse d'apprentissage	44
Figure 20: Vue d'ensemble de l'aménagement dans le bassin de baignade.....	45
Figure 21: Profil topographique de la plage à l'endroit du muret.....	47
Figure 22: Vue depuis l'arrière-plage sur le cheminement d'accès au local de surveillance.....	48
Figure 23: Photographie du muret au droit du bassin de baignade.....	49
Figure 24: Vue du ponceau sur la petite ravine	50
Figure 25: Profil en long de la petite ravine et de la plage	50
Figure 26: Schéma d'implantation de la canalisation sous la plage et le bassin	51
Figure 27: Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique.....	52
Figure 28: Localisation du bassin versant	52
Figure 29 : Graphiques des vitesses et débits d'écoulement nécessaires au maintien de la capacité d'auto-curage de la canalisation.....	55
Figure 30 : Localisation des stations de sortie des modèles de vagues ERM-WW3 (Actimar) et MARC IFREMER exploitées dans le cadre de l'étude. Fonds de plan : carte SHOM 7328 ; orthophotographie IGN Géoportail.	56
Figure 31 : Sorties du modèle de vagues ERM-WW3 d'Actimar exploitées sur la période 2000-2014 : (a) Séries temporelles de hauteur significative de vagues (Hs en m), période de pic (Tp en s), direction moyenne (Dirm en °N), les couleurs faisant références aux différents percentiles pour chaque variable ; (b) Analyse directionnelle (en fonction de Dirm et Dirp) des Hs et Tp ; (c) et (d) roses des hauteurs de vagues en fonction des directions moyenne et de pic, respectivement.	57
Figure 32 : Images Google Earth exploitées entre 2015 et 2021, et conditions de vagues (Hs, Tp) et de niveaux d'eau déterminées en évaluant l'heure de chaque prise de vue à partir de l'orientation des ombres à terre. Les événements entourés en noir ont été simulés avec le modèle SWASH.	59
Figure 33 : Localisation du profil de modélisation SWASH 1D pour la configuration existante du bassin.	60
Figure 34 : Modèle 1D SWASH mis en place sur la configuration existante du bassin, avec sa bathymétrie (en m NGR), et la rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de l'enrochement sur les franchissements par paquets de mer.	61
Figure 35 : Exemple de résultats du modèle SWASH obtenus pour la configuration existante du bassin, avec un Hs de 2.14 m, une période Tp de 15.4 s et un niveau d'eau de +0.11 m NGR, correspondant aux conditions du 15/08/2019. La figure du haut permet de visualiser la surface libre au début et à la fin de la simulation d'une heure, et ainsi le remplissage du bassin induit par les franchissements par paquets de mer. La figure du bas présente les séries temporelles des débits instantanés et cumulés au niveau de l'arase, orientés en direction du bassin. Le débit franchissant moyen et les vitesses moyenne et maximale des lames d'eau franchissantes sont indiqués dans le titre.	62
Figure 36 : Facteurs d'atténuation des hauteurs de vagues entre le large ($H_{m0,off}$) et le pied d'ouvrage ($H_{m0,toe}$) obtenus pour les différentes conditions hydrodynamiques (i.e. combinaisons ($H_{m0,off}$, Niveau d'eau)) simulées avec le modèle SWASH.	63

Figure 37 : Comparaison des débits franchissants (Q en l/m/s) estimés à partir de la modélisation SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop pour les différentes images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021. Les conditions hydrodynamiques (Hs, Tp, Niveau d'eau) associées sont également représentées.	64
Figure 38 : Comparaison des débits franchissants (Q en l/m/s) estimés à partir de la modélisation SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop pour les différentes images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021. Les débits franchissants sont ici représentés en fonction de la revanche relative Rc/Hm0 (représentation classique).65	65
Figure 39 : Débits franchissants et vitesses maximales des lames d'eau au niveau de l'arase pour les 22 dates simulées avec le modèle SWASH.	66
Figure 40 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (Hs et Tp extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées. Les périodes représentées en rouge sont associées à des débits franchissants supérieurs au seuil sécuritaire de 10 l/m/s.	67
Figure 41 : Débits franchissants supérieurs au seuil sécuritaire de 10 l/m/s (Q en l/m/s), calculés à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021, représentés dans un diagramme (Hs, Niveau d'eau). Les traits pointillés verticaux et horizontaux donnent des indications sur les niveaux d'eau de référence et les percentiles de vagues (Hs) associés, respectivement.	67
Figure 42 : Projet d'extension retenu pour bassin de baignade et coupe-type sélectionnée (P06) pour la mise en place du modèle 1DH SWASDH.	68
Figure 43 : Modèle 1DH SWASH mis en place pour le projet d'extension retenu pour le bassin de Grande-Anse, avec une configuration d'ouvrage caractérisée par une arase de 6 m de large à la cote +1.1 m NGR : localisation du profil, bathymétrie (en m par rapport au niveau moyen, i.e. -0.044 m NGR), et rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de l'enrochement sur les franchissements par paquets de mer.	69
Figure 44 : Synthèse des débits franchissants obtenus avec le modèle 1DH SWASH pour la configuration projetée retenue, représentés en fonction de la revanche relative Rc/Hm0, du niveau d'eau et des hauteurs de vagues incidentes, ou de la vitesse maximale des lames d'eau franchissantes au niveau de l'arase (graphes du haut et en bas à droite). En bas à gauche : superposition des débits franchissants SWASH et de la relation exponentielle ajustée à partir de ces derniers en fonction de la revanche relative.	70
Figure 45 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH sur la période 2017-2021 pour la configuration projetée retenue. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (Hs extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées.	70
Figure 46 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s), réalisé à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH, présenté sur une période caractérisée par des hauteurs de vagues moyennes (Hs proches du percentile 50), pour la configuration projetée retenue. Sur les 2 graphes du bas, les volumes franchissants sont intégrés entre 2 basses mers successives sur l'ensemble du linéaire de l'ouvrage directement exposé à la houle (en m³/12h), et ces volumes sont mis en regard avec le volume du bassin (trait violet). Note : % vol. bassin = (volume franchissant / volume bassin)×100.	71
Figure 47 : Conditions des circulation littorales (courants en m/s) sur le site du bassin de Grande-Anse pour différentes conditions de vagues incidentes.	73
Figure 48 – Zones potentiellement disponibles à proximité du site des travaux 76	76
Figure 49 – Cheminement d'accès à la zone des travaux 77	77
Figure 50 – Pistes d'accès aux zones d'intervention 78	78
Figure 51 – Exemple de réalisation d'un enrochement à l'avancement 80	80
Figure 52 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport 80	80
Figure 53 – Principe de l'exutoire de la canalisation 83	83
Figure 54 – Déroctage pour fosse d'apprentissage 85	85
Figure 55 – Embouchure actuelle du talweg..... 86	86
Figure 56 – Travaux de fonçage de la canalisation 86	86
Figure 57 – Muret à démolir 87	87
Figure 58 : Exemple de dragage hydraulique en situation de faible tirant d'eau dans le port de Saint Leu 89	89
Figure 59: Localisation des points de prélèvements de sédiments sur la plage 91	91
Figure 60: Planning prévisionnel 97	97
Figure 61: Pédologie de la zone d'étude (Source : Raunet, 1989 dans Feder et Bourgeon 2009) 101	101
Figure 62 : Perspectives morpho-géologiques schématiques sur la zone d'étude (Source : Raunet, 1991).....102	102
Figure 63 : Extrait de la carte géologique au niveau du secteur d'étude (BRGM). (Source : Note de présentation du PPR de Petite-Ile) 104	104
Figure 64: Position du trait de côte sur la plage de Grande Anse (Source : BRGM, 2012) 106	106
Figure 65: Evolutions de la plage autour du muret observées par images satellites, images de juin 2011, juillet 2012 at août 2012 (source : Google Earth). 107	107
Figure 66 : Prises de vue de la plage autour du muret 107	107
Figure 67 : Lignes de niveau +2 m, +2.5 m et +3 m NGR, à partir des données topographiques Maraina 2018. 108	108
Figure 68 : Localisation des masses d'eau souterraines.....110	110
Figure 69 : Fiche descriptive - Masse d'eau littorale (Source : Comité de Bassin de La Réunion, 2013) 112	112

Figure 70: Cartes des courants simulées pour la plage de Grande Anse (Actimar, 2019)	114
Figure 71 : Les différents régimes de houle à La Réunion (Météo France, 2009).....	117
Figure 72 : Distribution des hauteurs de vagues et directions associées	118
Figure 73: Propagation des vagues simulées pour la plage de Grande Anse (Actimar, 2019)	119
Figure 74 : Valeurs extrêmes des états de mer en conditions non-cycloniques au large de Grande Anse (Données Actimar)	120
Figure 75 : Températures annuelles moyennes de 2015 (Source : Météo France).....	121
Figure 76 : Température sur la commune de Petite-Ile en 2018.....	122
Figure 77 : Cumul moyen annuel de précipitations en mm sur la période 1970-2009 (Source : Note de présentation du PPR de Petite-Ile)	123
Figure 78 : Les ZNIEFF proche de la zone d'étude	126
Figure 79 : Espace remarquable du littoral	127
Figure 80 – Plage et côtes rocheuse du Piton Grande Anse (Biotope, 2018)	129
Figure 81 - Cartographie simplifiée des habitats naturels indigènes à une échelle élargie avant et après la colonisation humaine (Source : DEAL, 2015).....	129
Figure 82 - Cartographie simplifiée des habitats littoraux réalisée en 2016 (Source : DEAL, 2016)	130
Figure 83 – Proportion des formations végétales au sein de la zone d'étude (Biotope, 2018).	131
Figure 84 – Cartographie des habitats de la zone d'étude immédiate (Biotope, 2018)	139
Figure 85 - Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude (Biotope, 2018) [xx ; xx % : nombre d'espèce et pourcentage].....	140
Figure 86 - Henotesia narcissus borbonica (© Biotope).....	148
Figure 87 – Cartographie des données faunistiques (reptiles) selon la bibliographie	150
Figure 88 - Agame arlequin (<i>Calotes versicolor</i>) (© Biotope).....	151
Figure 89 : Localisation des observations et des habitats favorables aux reptiles.....	152
Figure 90 - Cartographie des réseaux écologiques des oiseaux marins (DEAL, 2014) (Biotope, 2018)	156
Figure 91 - Cartographie des données d'oiseaux marins selon la bibliographie (Biotope, 2018).....	156
Figure 92 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Puffin tropical (Gineste 2016) et zone d'étude (en noir).....	158
Figure 93 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Pétrel de Barau (Gineste 2016, thèse Biotope-Entropie) et zone d'étude réduite (en noir).....	159
Figure 94 - Cartographie des données concernant l'avifaune selon la bibliographie (PNR, SEOR, OMAIR, BIOTOPE)	160
Figure 95 - Fréquence relative des espèces sur l'aire d'étude (Biotope, 2018).....	161
Figure 96 – Représentativité des espèces par statut (BIOTOPE)	162
Figure 97 - Cartographie des habitats favorables à l'avifaune (Biotope, 2018)	165
Figure 98 : Données bibliographiques concernant les chiroptères (Source : PNR, 2010 et Ecomed, 2016).....	166
Figure 99 : Petit Molosse (<i>Mormopterus francoismoutou</i>) (© Biotope 2018)	166
Figure 100 - Cartographie des habitats favorables aux chiroptères (Biotope, 2018)	168
Figure 101 : Carte de synthèse des enjeux pour le milieu terrestre	169
Figure 102 : Géomorphologie de la zone d'étude. D'après Carex et Arvam, 2005. La zone marine non cartographiée est la pente externe.	176
Figure 103 : Imagerie drone laissant apparaître le début de ces éperons/sillons caractéristique de cette pente externe. © Ocean Obs, 2021.	177
Figure 104 : Résultats des reconnaissances vidéo sur la pente externe entre 4 et 14 mètres et au-delà de 15 mètres.	177
Figure 105 : Éperons-sillons très marqués dans la zone des 8-9 mètres de profondeur (© Biotope, 2018).	179
Figure 106 : Éperons-sillons moins marqués dans la zone des 12-13 mètres (© Biotope, 2018).....	179
Figure 107 : Fonds à sédiments grossiers associés à des galets décimétriques (© Biotope, 2018).....	180
Figure 108 : Habitats et géomorphologie du platier interne de Grande Anse. Cartographie combinant les analyses de terrain, données bibliographiques et imageries aérienne par drone (d'après Carex et Arvam, 2005 ; Pareto, BCEOM, 2004 et Biotope/Ocean Obs, 2021).	181
Figure 109 : A gauche, couverture corallienne faible voire nulle à proximité du bassin de baignade, à droite couverture plus importante dans la zone sud-ouest du bassin (© Biotope, 2018).....	181
Figure 110 : Contexte morpho-sédimentaire du bassin de baignade (d'après SPL MARAINA, 2016).	182
Figure 111 : Géomorphologie du platier interne (d'après PARETO, BCEOM, 2004).....	182
Figure 112 : Fonds à galets à l'entrée du nord du bassin. © Biotope, 2021.	183
Figure 113 : Colonies de Porites localisées principalement au centre du bassin. © Biotope, 2021.	183
Figure 114 : Zone sableuse présentant quelques galets et blocs basaltiques (non visibles sur la photo). © Biotope, 2021.....	184

Figure 115 : Colonies coralliennes présentes au niveau de la partie sud -est du bassin. © Biotope, 2021.....	184
Figure 116 : Cartographie fine des habitats du bassin de baignade de Grande Anse (actualisation 2021)	185
Figure 117 : A gauche, profil général de la station à colonies coralliennes petites et dispersées - A droite, exemple d'une petite colonie corallienne du genre <i>Galaxea sp</i> (© Biotope, 2018)	186
Figure 118 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 12m de profondeur.	186
Figure 119 : Présence importante des algues calcaires <i>Halimeda sp</i> (cercles rouges).	187
Figure 120 : Recouvrement relatif des grands types de coraux au niveau de la pente externe, à 12 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores].....	187
Figure 121 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe (profondeur de 12 m).ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroutant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CMR : Corail champignon ; CS : Corail Submassif.	188
Figure 122 : Répartition des genres pour les coraux durs présents au niveau de la pente externe à 8 mètres de profondeur.	188
Figure 123 : A gauche, profil général de la station à colonies coralliennes plus grandes et moins dispersées - A droite, exemple de colonies coralliennes très proches les unes des autres, avec dominance du genre <i>Acropora sp</i> (© Biotope, 2018).....	189
Figure 124 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 8m de profondeur.	189
Figure 125 : Recouvrement relatif par type de coraux au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores].	190
Figure 126 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACE : Acropore encroutant ; ACS : Acropore submassif ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroutant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CS : Corail Submassif].	190
Figure 127 : Répartition des genres des coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur.	191
Figure 128 : Colonies coralliennes rencontrées au niveau du platier interne (prospection aléatoire). Colonies de Millépores (en haut à gauche), Acropores (en haut à droite) et formes massives et submassives (en bas).	192
Figure 129 : Géomorphologie du bassin de baignade (d'après PARETO, BCEOM, 2004)	193
Figure 130 : Colonies coralliennes présentes au niveau des enrochements effondrés à proximité de l'enceinte du bassin (© Biotope, 2018).....	193
Figure 131 : Colonies coralliennes observées sur le secteur sud-est du bassin de baignade. En haut, couverture corallienne importante en début de transect (à proximité des enrochements), en bas couverture corallienne plus faible (à proximité du centre du bassin) (© Biotope, 2018)	194
Figure 132 : Recouvrement benthique sur la station située au sud-est du bassin de baignade.	194
Figure 133 : Le bassin de baignade accueille localement le développement important des oursins (<i>Diadema savigny</i>) (© Biotope, 2018).....	195
Figure 134 : Recouvrement par type de coraux (à gauche) et par type de forme (à droite) sur la station sud-est du bassin de baignade. NAC : Non Acropore ; CAC : Coraux Acropores.	195
Figure 135 : Diversité des genres coralliens au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.	195
Figure 136 : Densité des échinidés au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.	196
Figure 137 : Formations coralliennes observées au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade (© Biotope, 2018).	196
Figure 138 : Zone où se concentrent les oursins diadèmes. © Ocean Obs, 2021.	197
Figure 139 : Recouvrement benthique au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade.	197
Figure 140 : Type de coraux (à gauche) et type de formes (à droite) des colonies coralliennes sur la station centre-ouest du bassin de baignade.	198
Figure 141 : Répartition des genres de coraux observés au niveau de la station centre-ouest.	198
Figure 142 : Densité des différents Échinidés observés au niveau de la station centre-ouest du bassin.....	199
Figure 143 : Répartition des 256 espèces potentiellement identifiées au sein des embranchements. Annélides (6 espèces), Arthropodes (59), Cnidaires (47), Echinoderme (45), Mollusque (88), Plathelminthes (8) et Spongiaire (3).	200
Figure 144 : Dominance des genres de coraux au sein du bassin de baignade.	201
Figure 145 : Planche d'illustrations d'invertébrés remarquables et menacées	205
Figure 146 : A gauche : <i>Echinopora gemmacea</i> ; Au centre : <i>Favia pentagona</i> (© Biotope, 2021).....	205
Figure 147 : Individu de <i>Eucidaris metularia</i> observé de jour dissimulé dans une anfractuosité. © Biotope, 2021.	205
Figure 148 : Individu de <i>Carpilius convexus</i> observé de nuit. © Biotope, 2021.	206
Figure 149 : Individu de <i>Tridacna sp.</i> © Biotope, 2021.	206
Figure 150 : Habitat étudié dans le bassin de baignade avec peuplement ichthyologique associé (� Biotope, 2018).....	208
Figure 151 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage	209
Figure 152 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance).....	210
Figure 153 : Habitat d'espèce de la pente externe avec peuplement ichthyologique associé (� Biotope, 2018).....	211

Figure 154 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage	212
Figure 155 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)	213
Figure 156 : Cartographie des enjeux pour le milieu marin dans le cadre de ce projet (Biotopie, 2021)	216
Figure 157 : Synthèse cartographique des observations de cétacés dans le Sud-Ouest de l'île entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)	218
Figure 158 : Synthèse des observations de cétacés dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)	219
Figure 159 : Effort de prospection réalisé dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)	219
Figure 160 : Distribution des observations de Baleine à bosse autour de la Réunion entre 2008 et 2015 (Cottarel et al., 2018) [Point rouge : bassin de Grand Anse]	220
Figure 161 : Abondance relative de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)	221
Figure 162 : Fréquence d'observation de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)	222
Figure 163 : Fréquence d'observation et observation du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2015. D'après Cottarel et al. 2018.	223
Figure 164 : Modélisation de l'habitat du Grand Dauphin de l'Indo-Pacifique à la Réunion. D'après Cottarel et al., 2018.	224
Figure 165 : Abondance relative du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)	225
Figure 166 : Fréquence d'observation du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)	226
Figure 167 : Tortue verte (à gauche) et Tortue imbriquée (à droite). © J.S. Philippe, Biotopie	228
Figure 168 : Bilan des observations de tortues marines à la Réunion (Kelonja, Ifremer, Natural Earth, Globice, IGN). D'après Philippe et al., 2014.	229
Figure 169 : Activité de ponte (traces seules ou traces et pontes) entre 1980 et 2012. D'après Philippe et al., 2014.	229
Figure 170 : Carte de synthèse des enjeux pour les biocénoses marines	232
Figure 171: Clichés du four à chaux de Grande Anse	234
Figure 172: Plan d'ensemble du futur aménagement de l'arrière-plage	235
Figure 173: Vue sur les vacoas à l'est du belvédère (en haut) et sur le badamier à l'ouest (en bas)	236
Figure 174: Esquisse paysagère au voisinage de l'implantation du projet	238
Figure 175 : Carte aléa mouvement de terrain site de Grande Anse	239
Figure 176 : Carte aléa inondation site de Grande Anse	240
Figure 177 : Carte aléa submersion marine et recul du trait de côte site de Grande Anse	241
Figure 178 : Localisation du bassin versant du talweg	259
Figure 179 : Débits moyens et maximaux journalier et par mois en m3/j pour le talweg	260
Figure 180 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport	267
Figure 181: Représentation de principe pour la localisation des barrières anti-MES à disposer lors du creusement de la fosse de natation -linéaire orangé sur la carte-	269
Figure 182 : Cartographie fine des habitats marins	276
Figure 183 : Carte de localisation des aménagements et impacts sur le platier récifal (avec les enrochements)	277
Figure 184 : Synthèse des émissions acoustique des différents types de travaux marins (CNRS, 2022)	282
Figure 185: Représentation de principe pour la localisation des barrières anti-MES à disposer lors du creusement de la fosse de natation -linéaire orangé sur la carte-	293
Figure 186 : Exemple de gain acoustique (graphique et sonogramme) obtenu avec l'utilisation d'un double rideau de bulles lors d'une opération de brise-roche à La Possession dans le cadre du chantier NRL (Nortékméd, 2015).	300
Figure 187 : Illustration de certaines étapes pour la transplantation corallienne (prélèvement, stockage, nettoyage du site récepteur, transplantation/bouturage (© Biotopie, 2022)	313
Figure 188: Zones potentielles d'installation de chantier	331
Figure 189: Pistes d'accès aux zones d'intervention	332
Figure 190: Principe de l'implantation du poste MNS entièrement sur pilotis	334
Figure 191: Insertion de l'ouvrage (depuis le ponceau (à Gauche) et depuis l'allée (à droite))	335
Figure 192: Position du futur muret d'entonnement	336
Figure 193 : Plan de masse du poste MNS – solution originelle	351
Figure 194: Visuel de l'architecture initiale du poste MNS	352
Figure 195: Implantations rejetées pour l'implantation du poste MNS	353
Figure 196: Hypothèses étudiées pour l'implantation du poste MNS	354
Figure 197 : Implantation du poste MNS	355
Figure 198 : Solution retenue pour l'agencement du local de surveillance	356
Figure 199: Solution retenue pour l'architecture du local de surveillance	356
Figure 200 : Propositions initiales de design de l'escalier d'accès	357
Figure 201 : Visuel initial de la protection en enrochement depuis le Piton Grande Anse	358

Figure 202 : Visuel final du projet d'extension depuis le piton Grande-Anse.....	359
Figure 203: Coupe type de l'enrochement de protection	362
Figure 204 : Premier projet d'extension du bassin de baignade et coupe-type sélectionnée (B-B') pour la mise en place du modèle 1DH SWASDH.....	364
Figure 205 : Modèle 1DH SWASH mis en place pour le premier projet d'extension du bassin, avec une configuration d'ouvrage avec une arase initialement prévue à la cote +1.5 m NGR : localisation du profil, bathymétrie (en m par rapport au niveau moyen, i.e. -0.044 m NGR), et rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de l'enrochement en enrochement sur les franchissements par paquets de mer.	364
Figure 206 : Synthèse des débits franchissants obtenus avec le modèle SWASH pour les 3 configurations d'ouvrage caractérisées par différentes cotes d'arase, représentés en fonction de la revanche relative R_c/H_{m0} , du niveau d'eau et des hauteurs de vagues incidentes, ou de la vitesse maximale des lames d'eau franchissantes au niveau de l'arase (graphes du haut et en bas à droite). En bas à gauche : comparaison des débits franchissants SWASH et de l'Eurotop pour l'ensemble des configurations d'ouvrage testées, représentés en fonction de la revanche relative.	365
Figure 207 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021 pour les 3 configurations d'ouvrage caractérisées par différentes cotes d'arase. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (Hs extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées.	366
Figure 208 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s), réalisé à partir de la formule de l'Eurotop, présenté sur une période caractérisée par des hauteurs de vagues moyennes (Hs proches du percentile 50), pour les 3 configurations d'ouvrage caractérisées par différentes cotes d'arase. Sur les 2 graphes du bas, les volumes franchissants sont intégrés entre 2 basses mers successives sur l'ensemble du linéaire de l'ouvrage directement exposé à la houle (en m ³ /12h), et ces volumes sont mis en regard avec le volume du bassin (trait violet). Note : % vol. bassin = (volume franchissant / volume bassin)×100.	367
Figure 209 : Résultats du modèle SWASH (débits franchissants instantanés et intégrés au cours du temps) obtenus pour le premier projet d'extension du bassin avec une cote d'arase à +1.1 m NGR pour des conditions de vagues moyennes (Hs=1.78 m, Tp=12.78 s) et un niveau d'eau de référence de PHMA (i.e. « 0 » sur le graphe du haut = +0.366 m NGR). Le débit franchissant moyen obtenu sur l'heure simulée est de 7.15 l/m/s.	368
Figure 210 – Coupe type de la protection en enrochement initialement envisagé.....	369
Figure 211 : Coupe type de la protection en enrochement retenue sur le tronçon principal	370
Figure 212 : Vue en plan du projet initial envisagé pour la protection en enrochement.....	371
Figure 213: Vue en plan de l'aménagement du bassin retenu	372
Figure 214: Solutions envisagées pour l'aménagement de l'exutoire du talweg.....	373
Figure 215: Principe d'implantation de la canalisation	375
Figure 216: Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique.....	375
Figure 217: Extrait de Schéma de Mise en Valeur de la Mer sur le secteur Petite-Ile (SAR, 2020).....	384
Figure 218 : Localisation du projet vis-à-vis de l'Espace remarquable du littoral	385
Figure 219 : Cartographie du Plan d'Urbanisme.....	389
Figure 220: Situation du projet vis-à-vis du Domaine Public Maritime.....	391
Figure 221 : Localisation de la zone d'étude	397
Figure 222: Situation cadastrale du projet	398
Figure 223: Situation du projet vis-à-vis du Domaine Public Maritime.....	399
Figure 224: Vues en perspectives du local de surveillance.	401
Figure 225: Vue panoramique sur le futur talus végétalisé au pied du local de surveillance	402
Figure 226: Plan d'implantation général du local de surveillance	403
Figure 227: Vues de détails de l'organisation du poste de surveillance	404
Figure 228 : Coupe type de l'enrochement – Tronçon de retour.....	406
Figure 229 : Coupe type de l'enrochement – Tronçon Principal	406
Figure 230: Plan de masse de la protection en enrochement.....	407
Figure 231: Vue depuis le Piton de Grande Anse sur le futur bassin de baignade	408
Figure 232 – Vue en plan + coupe de la fosse d'apprentissage.....	409
Figure 233: Photographie du muret au droit du bassin de baignade.	410
Figure 234: Vue du ponceau sur la petite ravine	410
Figure 235: Schéma d'implantation de la canalisation sous la plage et le bassin.....	411
Figure 236: Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique.....	411
Figure 237 – Zones potentiellement disponibles à proximité du site des travaux.....	412
Figure 238 – Exemple de réalisation d'un enrochement à l'avancement	413
Figure 239 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport	414
Figure 240 – Déroctage pour fosse d'apprentissage	415
Figure 241 – Travaux de fonçage de la canalisation	415

Figure 242 : Exemple de dragage hydraulique en situation de faible tirant d'eau dans le port de Saint Leu.....	417
Figure 243: Planning prévisionnel	422

Table des tableaux

Tableau 1 : Identité du demandeur.....	14
Tableau 2 : Mandataire agissant pour le compte du demandeur	14
Tableau 3 : Volume d'eaux usées produit	29
Tableau 4 : Synthèse du système d'assainissement autonome.....	32
Tableau 5 : Valeurs du taux de dommage en fonction de périodes de retour de la houle.	38
Tableau 6 : Hauteur de la houle H_s considérée pour les périodes de retour du projet.....	39
Tableau 7 : Caractéristiques de l'ouvrage	39
Tableau 8 : Masse, diamètre et volume moyen des blocs calculés pour les périodes de retour de projet pour le tronçon principal	40
Tableau 9 : Masse, diamètre et volume moyen des blocs calculés pour les périodes de retour de projet pour le tronçon de retour à la côte	40
Tableau 10 : Profil en long de l'ouvrage hydraulique	51
Tableau 11: Données hydrologiques du bassin versant de Petite Ravine.....	53
Tableau 12: Note de calcul de perte de charge dans la canalisation d'évacuation de la ravine	54
Tableau 13: Conditions de vagues retenues pour les simulations numériques.	57
Tableau 14 : Niveaux d'eau de référence (RAM, 2020) à Saint-Pierre, qui seront notamment utilisés dans les simulations numériques.....	58
Tableau 15 : Extrait des comparaisons des débits franchissants obtenus avec le modèle SWASH et avec l'outil Eurotop (classés par ordre décroissant d'intensité) associés aux différentes images Google Earth, et caractérisation des conditions de baignade en fonction du niveau d'agitation observé dans le bassin et des valeurs de débit calculées.	65
Tableau 16 : Volumes franchissants V_{fr} (en m^3/m), Volume tidal (V_{tidal}) et <i>in fine</i> des rapports $V_{bassin}/(V_{tidal}+V_{fr})$ du projet d'extension du bassin.....	72
Tableau 17 : Temps nécessaires au renouvellement de 50%, 80%, et 98% des eaux du bassin projeté.	74
Tableau 18: Estimation des volumes en fonction des seuils d'ensablement considérés	90
Tableau 19: Etat chimique et quantitatif de la masse d'eau FRLG105.....	109
Tableau 20: Niveau de marée à Saint-Pierre (source : SHOM RAM édition 2017)	115
Tableau 21 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition normale (Source : Actimar 2016).....	116
Tableau 22 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition cyclonique (Source : Actimar 2018).....	116
Tableau 23 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition normale, à l'horizon 2100 (Source :	116
Tableau 24 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition cyclonique, à l'horizon 2100	117
Tableau 25: Valeurs extrêmes des états de mer en conditions cycloniques au large de Grande Anse (Source : BRGM, 2009)	120
Tableau 26 – Liste des habitats recensés sur la zone d'étude (Source : Biotopie 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010)....	132
Tableau 27 – Liste des habitats recensés sur la zone d'étude (Source ; Biotopie 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010)....	136
Tableau 28 - Bioévaluation de la flore indigène recensée	142
Tableau 29 – Classe d'invasibilité de la flore exotique définie pour La Réunion [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016) (Source ; CBNM 2016).....	144
Tableau 30 – Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion [Source ; CBNM 2016]	145
Tableau 31 : Espèces d'invertébrés patrimoniales observées sur la zone d'étude.....	148
Tableau 32 : Bio-évaluation des espèces remarquables de reptile dans la zone d'étude.....	152
Tableau 33 : Espèces d'oiseaux recensées sur la zone d'étude.....	154
Tableau 34 : Oiseaux remarquables et protégés recensés sur le site.....	163
Tableau 35 : Espèces protégées de mammifères recensées sur le site	167
Tableau 36 : Résultats des paramètres de charge particulière C1 : campagne 1 (10/2018) - C2 : Campagne 2 (12/2018).	171
Tableau 37 : Résultats des analyses des nutriments effectués sur les 3 stations hydrologiques. Les valeurs sont en $\mu mol/L$. C1 : Campagne 1 (10/2018) ; C2 : Campagne 2 (12/2018).....	171
Tableau 38 : Résultats bactériologiques des prélèvements effectués au niveau de la pente externe et du littoral	172
Tableau 39: Synthèse des suivis de qualité des eaux de baignade de 2015 à 2020 (d'après ARS).....	173

Tableau 40 : Synthèse de l'évaluation patrimoniale des invertébrés marins recensés dans la zone d'étude.....	202
Tableau 41 : Tableau de synthèse d'indicateurs de référence sur la structuration des peuplements sur d'autres sites de La Réunion	207
Tableau 42 : Tableau de synthèse des espèces remarquables pour la zone d'étude	214
Tableau 43 : Description des différents habitats et communautés et critères pour définir leur enjeu écologique.....	215
Tableau 44 : Synthèse des données collectées entre 2008 et 2017 pour les cétacés côtiers dans la zone d'étude (Globice 2018) [Nombre d'observations, nombre d'individus total et taille moyenne des groupes observés dans la zone d'étude]	217
Tableau 45 : Enjeux écologiques pour les mammifères marins recensés dans la zone d'étude	227
Tableau 46 : Évolution des effectifs des tortues marines s'alimentant à la Réunion. D'après Philippe et al. 2014.....	228
Tableau 47 : Enjeux écologiques pour les tortues marines sur la zone d'étude	230
Tableau 48 : Définition des niveaux d'enjeu et de sensibilité	242
Tableau 49 : Analyse des enjeux et sensibilités environnementales.....	243
Tableau 50 : Surface des emprises par grands types d'aménagements et habitats marins	278
Tableau 51 : Surface des emprises des enrochements et estimation des colonies coralliennes impactées par recouvrement	278
Tableau 52 : Sensibilité acoustique des cétacés (SEL-SPL). D'après Ministère de la transition écologique et solidaire, 2020 et National Marine Fisheries Service, 2018. NC : non connu à ce jour.....	283
Tableau 53 : Evaluation des impacts résiduels du projet	321
Tableau 54 : Projet pouvant être concernés par les effets cumulés.....	340
Tableau 55 : Débit franchissant critiques.....	361
Tableau 56 : Résultats des calculs de franchissement	362
Tableau 57 : Débit franchissants moyen en l/m/s en fonction des niveaux d'eau, de la cote d'ouvrage et de la méthode de calcul (formule Eurotop ou modèle SWASH)	367
Tableau 58 : Identité du demandeur.....	395
Tableau 59 : Mandataire agissant pour le compte du demandeur	396
Tableau 60 : Caractéristiques de l'ouvrage	405
Tableau 61 : Temps nécessaires au renouvellement de 50%, 80%, et 98% des eaux du bassin projeté	412

Table des annexes

ANNEXES

Annexe 1 : Phase 1 : Extension du bassin de baignade de grande anse, mission de diagnostic, Biotope 2019

Annexe 2 : Phase 2 : Impact et Mesures : volet faune, flore réalisée par biotope en septembre 2022.

Annexe 3 : Etude hydrodynamiques et sédimentaires, ACTIMAR 2019

1 DESCRIPTION DU PROJET

1.1 Contexte de la demande

La création de zones de loisirs structurées autour de bassins de baignade est une orientation prioritaire pour l'attractivité touristique de l'île de la Réunion (décision prise en 2013 par le Comité d'Orientation Stratégique du Tourisme - COST, associant l'État, le Département de la Réunion et la Région Réunion).

Dans le cadre de la mise en œuvre d'une offre de baignade sécurisée, la Commune de Petite-Ile s'est positionnée avec le site touristique exceptionnel de Grande Anse, à très fort potentiel, réputé notamment pour son bassin de baignade. Actuellement, la baignade dans le bassin n'est pas autorisée du fait de l'absence de structure permettant la surveillance. La baignade à Grande Anse est dangereuse du fait des forts courants, des vagues qui se cassent sur la plage et l'observation à plusieurs reprises de requins. Le bassin est une alternative mais il n'est plus adapté à l'augmentation de la fréquentation du site.

Le projet de la commune, qui consiste à étendre et à rénover le bassin de baignade existant et à créer un poste de surveillance de la baignade, constitue un équipement d'intérêt général nécessaire à la sécurité des populations en raison du risque requin, et participe à la préservation des espaces et des milieux. En outre, ce projet d'extension du bassin de baignade est également développé par la Commune afin d'assurer la « compétence communale du savoir nager en classe de primaire » et de proposer un service HANDIPLAGE – accès à tous (Petite Ile – Une VILLE pour Tous).

Le programme des études et des travaux pour l'extension du bassin de baignade a été approuvé lors du conseil municipal du 19 septembre 2017.

Ce projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse s'inscrit dans la rubrique Loi sur l'eau 4.1.2.0 du code de l'environnement. Au vu du montant des travaux, le projet est soumis à la procédure d'autorisation « loi sur l'eau ». L'arrêté n°2019-2629/SG/DRECV du 23 juillet 2019 portant décision d'examen au cas par cas stipule que le projet est soumis à évaluation environnementale.

1.2 Identité du demandeur

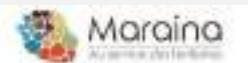
La présente demande est établie par la Commune de la Petite-Ile.

Tableau 1 : Identité du demandeur

Maitre d'Ouvrage	Commune de Petite-Ile
Représentant	Mr HOAREAU Serge (maire en exercice)
Forme juridique	Collectivité territoriale
Numéro SIRET :	219 740 057 00019
Adresse	192, rue Mahé de Labourdonnais 97429 Petite-Ile
N° de téléphone	02 62 56 79 79
Logo	

La SPL Maraina est le mandataire agissant pour le compte de la Commune de la Petite-Ile.

Tableau 2 : Mandataire agissant pour le compte du demandeur

Mandataire agissant au nom du MOA	SPL MARAINA
Forme juridique	SA à Conseil d'administration
Numéro SIRET :	520 664 004 00030
Adresse	38 rue Colbert 97460 SAINT PAUL
N° de téléphone	02 62 91 91 60
N° de télécopie	02 62 91 91 69
Nom de la personne en charge du suivi du dossier	Pasquin PARADIS (Chef du service Aménagement) pasquin.paradis@spl-maraina.com Redha MANSERI (Responsable d'Opérations Aménagement) redha.manseri@spl-maraina.com
Logo	

1.3 Localisation du projet

1.3.1 Situation géographique

Le projet se situe sur le site de la plage de Grande Anse sur la commune de Petite-Ile au sud de La Réunion. La plage de Grande Anse s'étend sur 500 m entre le Cap de l'Abri à l'ouest et le Piton Grande Anse à l'est.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

1.3.2 Maitrise foncière

Sur la partie terrestre, le projet s'étend sur les parcelles cadastrales AX 85, AX 82 et sur le Domaine Public Maritime.

La commune de la Petite-Ile a la maitrise foncière des parcelles concernées (les justificatifs de maitrise foncière sont en annexe pièce E. En ce qui concerne le Domaine Public Maritime, les services de la DEAL ont fourni une délimitation du DPM sur la zone du projet. Il apparait que seuls les aménagements projetés suivants se situeront sur le DPM :

- Une partie de la terrasse du poste MNS (le reste étant hors DPM) ;
- Une partie du talus reconstitué au pied du poste MNS en boudins coco et enrochements libres ;
- Une partie de la canalisation pour la dérivation des eaux pluviales du talweg ;
- Le bassin de baignade, y compris les ouvrages de protection et aménagements divers à l'intérieur (fosse d'apprentissage de la natation, îlots en enrochement côté bassin).

La maîtrise foncière sera donc assurée suite à une demande de concession d'occupation du Domaine Public Maritime en dehors des ports conformément aux dispositions des articles L.2124-3 et R.2124-1 à 2124-12 du Code Général de la propriété des personnes publiques définissant les modalités d'utilisation et les concessions d'utilisation du Domaine Public Maritime.

Le dossier réalisé permettra l'autorisation de l'exploitation du bassin de baignade et ses équipements pendant une durée de 30 ans en intégrant les travaux d'entretien. Ainsi, aucune formalité administrative ne sera nécessaire pour permettre l'entretien de l'ouvrage.

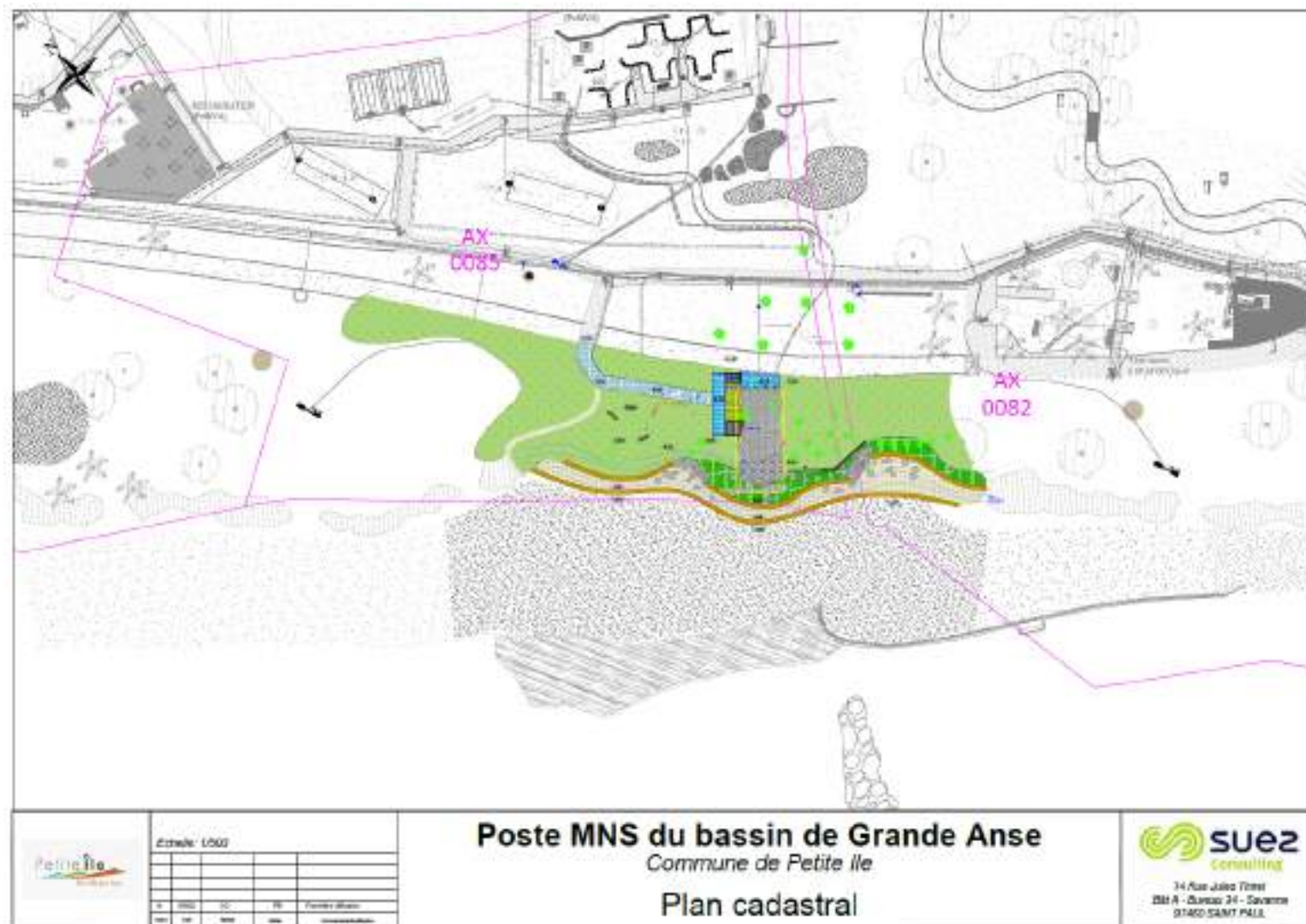


Figure 2: Situation cadastrale du projet

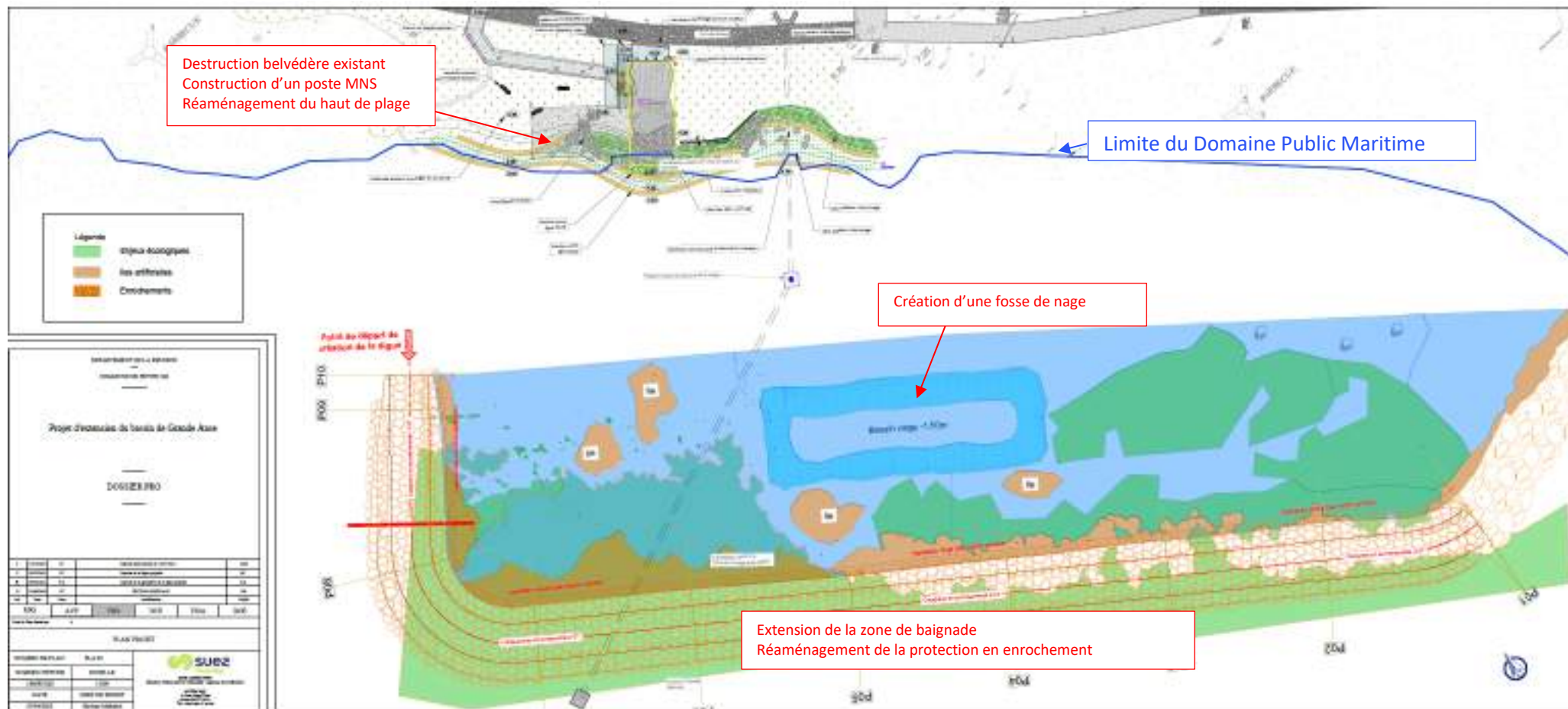


Figure 3: Situation du projet vis-à-vis du Domaine Public Maritime

1.4 Description technique du projet

1.4.1 Présentation générale du projet

Le projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse comporte les différents aménagements suivants :

- Sur la partie terrestre :
 - Un local de surveillance de la baignade sera construit en haut de plage avec une partie réservée aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR) ;
 - Le mur de soutènement du belvédère sera en partie détruit et remplacé par un talus végétalisé ;
 - L'accès au bassin est actuellement perturbé par la présence d'un muret au niveau de l'estran, rendant le cheminement glissant et parfois dangereux. Il sera démoli lors des travaux afin d'en faciliter l'accès ;
 - L'exutoire d'un talweg débouchant directement sur la plage au droit du bassin de baignade, et pouvant potentiellement être une source de dégradation de la qualité des eaux de baignades en cas d'écoulement, sera redirigé directement en mer par l'aménagement d'une canalisation sous la plage et sous le bassin;
- Sur la partie maritime :
 - La protection en enrochements délimitant le bassin sera renforcée et étendue vers l'ouest pour atteindre un linéaire final de 170ml. Ainsi, la capacité d'accueil du bassin sera quasiment doublée pour atteindre une surface de 6400 m² ;
 - Une zone d'apprentissage à la baignade sera creusée dans le bassin d'une surface de 650m² environ et de profondeur variant de 0,00 à 1,50m ;
 - La canalisation permettant de diriger l'écoulement du talweg sera implantée sous le bassin et un exutoire sera créé côté mer de la protection en enrochement du bassin de baignade.

1.4.2 Le local de surveillance de la baignade

Le local de surveillance sera aménagé sur l'actuel emplacement du belvédère afin de permettre une bonne visibilité sur l'ensemble de l'emprise du futur bassin de baignade pour les MNS (Figure 4 et Figure 5).

L'architecture de ce bâtiment respecte l'esprit du site et des différents bâtiments existants sur l'arrière-plage de Grande-Anse. Il reprend les principes de poteaux en bois en « V », la surtoiture en zinc, l'emploi du matériau Corten ...

Le bâtiment est composé de deux volumes cubiques disposés sur un deck en bois exotique et entre-coupés par une faille qui vient se connecter au cheminement piéton. Ce cheminement piéton est relié au cheminement existant accessible aux PMR. Il mène également à la zone de douches située à l'arrière, dans le prolongement du bâtiment afin de limiter l'effet de masque sur le site.

Le bâtiment bénéficie d'une sur-toiture avec larges débords participant au confort thermique du bâtiment. La proximité du badamier participe aussi à la protection solaire. Cette surtoiture est en charpente bois de teinte naturelle et la toiture est en zinc à joint debout de teinte gris clair.

Une partie du bardage du bâtiment sera en acier Corten (pour son côté durable, sans entretien, résistance à la corrosion, teinte "naturelle", etc...), un peu de bois exotique également, et pour la deuxième partie nous proposons un habillage en gabions constitués d'une maille en inox et remplie de pierres issues du recyclage des moellons du belvédère, mélangées avec

un peu d'agrégats du site (galets, corail mort). Ce gabion participera à l'insertion dans le site (puisque matériaux du site...) tout en rappelant les matériaux des constructions anciennes du site (four à chaux, etc...), mis en œuvre avec les techniques d'aujourd'hui, sans béton, tel que l'impose la réglementation de la zone.

Les menuiseries sont en aluminium de teinte gris clair. Des volets à projection en bois permettent de contrôler l'apport solaire à l'intérieur du poste d'observation sur la façade Sud du bâtiment. Les garde-corps de la terrasse d'observation du poste de secours sont en barreaudage en Corten.

Le haut de plage sera modifié pour accueillir le local. En effet, le mur de soutènement du belvédère sera démoli à hauteur du sable, la base du mur enfoui sera conserver pour stabiliser le talus.

Le poste MNS sera réhaussé de 50cm par rapport au terrain naturel (TN). Dans le cadre de la conception, des études géotechniques G1 ES/PGC ET G2 AVP (2019) ont été réalisées. Elles préconisent de mettre en place les fondations de l'ouvrage dans le grès de plage. Les fondations seront dimensionnées par rapport à la cote de plancher finale de l'ouvrage.

Ainsi le poste MNS ne sera pas « posé » sur le talus en remblai qui sera réalisé, mais fondé dans un substratum induré, en place et stable.

Des boudins cocos seront installés pour recréer un talus végétalisé en avant du local de surveillance. Cette technique de génie végétal vise la protection du trait de côte et la reformation des peuplements de patates à Durand et de manioc bord de mer pour assurer la circulation du gecko vert de Manapany.

La partie du mur se situant au niveau du cordon de vacoa sera en revanche conservée afin d'assurer la stabilité du talus et préserver cette végétation constituant un habitat potentiel pour le Gecko vert de Manapany.

D'un point de vue conception, le local de surveillance se divisera en 2 espaces principaux : le local principal destiné aux MNS et des locaux handiplage (Figure 6).



Figure 4: Vue panoramique sur le futur talus végétalisé au pied du local de surveillance



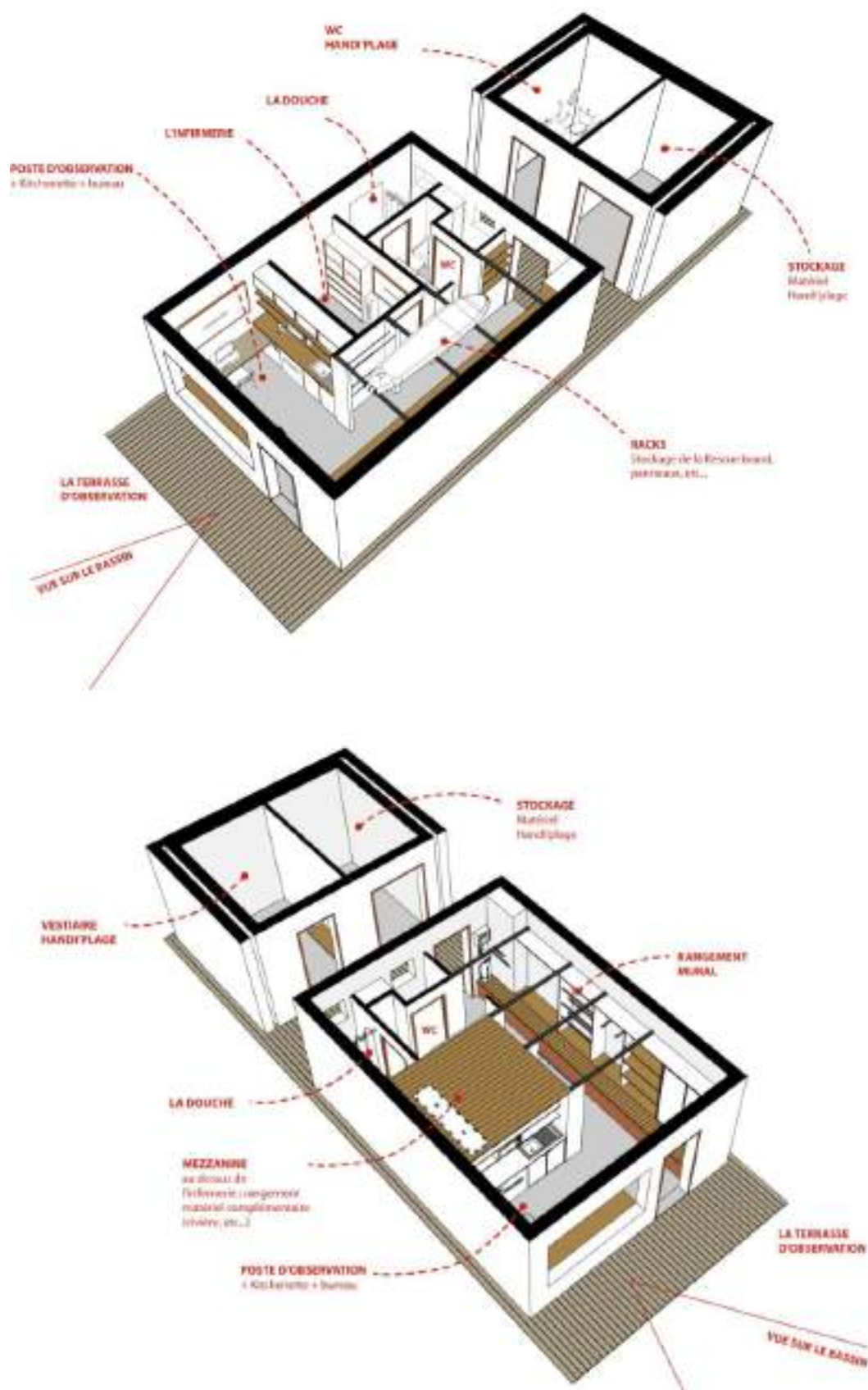


Figure 6: Vues de détails de l'organisation du poste de surveillance

1.4.2.1 Aménagement du local principal

L'organisation proposée prend en compte les observations émises par les utilisateurs (responsable des sauveteurs de Saint Pierre), gestionnaires (Service Equipements Communautaires à la CIVIS – section plages) et services de secours (SDIS Petite Ile) depuis le déclenchement des Etudes Préliminaires.

Le local propose un accès latéral, face à l'infirmerie afin de faciliter l'évacuation des blessés (Figure 6). L'infirmerie est close pour garantir l'intimité et la sécurisation de la pharmacie. Les sanitaires privés (douche alimentée en eau froide et toilettes) sont mixtes et dissimulés en fond de local, de même que les casiers du personnel.

L'avant du local accueille l'espace de vie des sauveteurs : poste de surveillance / repas, bureau et kitchenette. Les sauveteurs sont ainsi prêts à intervenir. Le local est prolongé d'une terrasse d'observation panoramique. De nombreux rangements muraux sont prévus en prenant en compte l'ergonomie. Des racks en partie haute du couloir (en mezzanine) sont également prévus.

1.4.2.2 Aménagement des locaux Handiplage

Ces locaux Handiplage, qui disposent d'accès spécifiques, sont accolés au local sauveteurs.

L'aménagement comporte un espace dédié au stockage des équipements spécifiques, et un espace de vestiaires avec table de change, banc, lavabo et WC, tel qu'exigé pour la labellisation Handiplage.

Une douche alimentée en eau froide accessible est également conseillée pour la labellisation : il est prévu plusieurs douches publiques extérieures sur le belvédère, l'une d'elle sera également équipée d'un flexible.

1.4.2.3 Aménagements extérieurs

Aux aménagements décrit ci-dessus viendront s'ajouter des équipements qui s'intégreront directement à l'architecture du poste MNS à savoir (Figure 9) :

- ☐ des douches publiques extérieures alimentées en eau froide situées en arrière du local du surveillance ;
- ☐ des panneaux d'affichage et de signalisation à proximité des douches.

Au niveau du haut de plage, une fois les dalles existantes au niveau du belvédère déposées et le mur de soutènement arrasé, il sera réalisé un aménagement paysager du haut de plage en un talus végétalisé en matériaux de remblai naturels, dont l'implantation sera conforme au plan en Pièce E.

Ce talus sera consolidé par des ouvrages de soutènement type boudin coco et enrochements libres en partie superficielle. Ces ouvrages seront identiques à ceux déjà réalisés sur le reste du linéaire dans le cadre des travaux d'aménagements de l'arrière-plage (cf. Figure 1).

A l'emplacement actuel du belvédère, la différence d'altitude entre le dallage et la plage est de l'ordre de 2m. Une reconstitution en pente douce du haut de plage en continuité de l'estran ne permettra pas un dénivelé approprié pour l'installation du poste MNS sur pilotis. La reconstitution d'un talus végétalisé sera donc nécessaire. Ce talus végétalisé et renforcé par des techniques de génie végétal permettra de prévenir du ravinement et de maintenir le trait de côte au droit du bâtiment. L'usage des boudins cocos et enrochements libres en consolidation du haut de plage se situe dans la continuité des aménagements déjà réalisés dans le cadre des aménagements de l'arrière-plage.



Figure 7: Clichés des boudins cocos et enrochements libres dans le cadre du chantier de l'arrière-plage

Les boudins cocos sont constitués de fibres de cocos biodégradables, compressés et enveloppés d'un géofilet en fibre de coco. Généralement de diamètre 30cm, ils seront utilisés pour créer des fascines au niveau du talus.

La mise en place des boudins coco végétalisés, se fera sur le talus préalablement préparé et nivelé (le boudin coco doit être en contact continu avec l'assise préalablement nettoyée).

Les boudins seront mis en place sur un substrat sableux homogène, les pierres et les branches sous l'emplacement des boudins seront enlevés afin d'éviter des zones de lessivage.

La stabilisation de la berge commence au pied du talus. Les boudins seront positionnés dans une assise préalablement créée en déblai dans le talus. Plusieurs boudins seront superposés puis fixés entre deux rangées de pieux disposés en quinconce tous les 0,8m selon la photo ci-dessous. Les pieux seront enfoncés dans le sol, ils seront de longueur suffisante pour garantir un ancrage permanent. Les déblais seront réutilisés pour combler la partie supérieure des fascines ainsi créées et permettront d'accueillir des plantations de végétation rampante de type Patate à Durand.

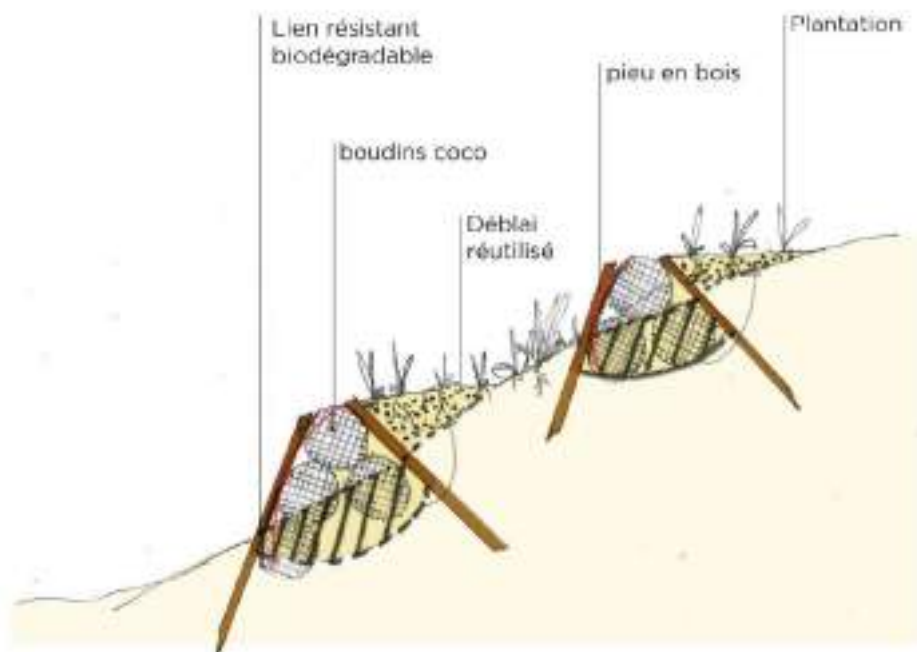


Figure 8: Coupe de principe des fascines en boudins cocos

1.4.2.4 Principe d'insertion architectural

L'architecture du bâtiment s'inspire des constructions neuves projetées pour l'aménagement de l'arrière-plage de Grande Anse, avec ses poteaux bois en « V ». L'ouvrage sera sur pilotis pour absorber la déclivité du nouveau talus créé après la destruction partielle du mur du belvédère.

Le « poste de surveillance » est détaché des « locaux handiplage » par un couloir qui vient se connecter avec le cheminement d'accès au poste.

L'intérêt de ce couloir est d'y concentrer toutes les portes d'accès : elles sont ainsi peu exposées aux vues et aux embruns et surtout le soir le couloir peut être fermée par une grille située de part et d'autre, renforçant ainsi la sécurisation de ce site potentiellement exposé au vandalisme.

Thermiquement, le bâtiment bénéficie de la sur-toiture avec larges débords et d'une ventilation naturelle pour les locaux du poste de secours. La proximité du badamier participe aussi à la protection solaire.

La sur-toiture permet aussi, si besoin ultérieur pour l'infirmerie, de caler en dessous une unité de climatisation, qui serait ainsi bien cachée.

Ce local sera conçu en ossature bois avec un traitement architectural soigné des façades et des matériaux spécifiquement sélectionnés pour leur durabilité et leur adaptation aux conditions marines. Le bardage du bâtiment sera en acier Corten (pour son côté durable, sans entretien, résistance à la corrosion, teinte « naturelle »), un peu de bois exotique également, et pour les locaux handiplage un habillage en gabions constitué d'une maille de Corten et remplie de pierres issues du recyclage des moellons du belvédère, mélangées avec un peu d'agréats du site est envisagée.

Vue avant



Vue arrière



Figure 9: Vues en perspectives du local de surveillance.

1.4.2.5 Système d'assainissement autonome

Le poste MNS sera équipé d'un système d'assainissement autonomes pour la gestion de ces eaux usées qui auront pour origines :

- les eaux vannes des WC handicapés (1 cabinet d'aisance « Handi Plage » + lave-main avec savon) et dont l'accès sera être contrôlé ;
- des eaux vannes du WC des MNS

- des eaux grises de la douche et de la kitchenette des MNS.

En ce qui concerne les douches extérieures, les eaux-usées seront récupérées dans un regard de décantation puis infiltrée dans une tranchée.

Une étude a été menée concernant la gestion des eaux usées associées au fonctionnement du poste MNS. Le système retenu est une fosse toutes eaux de 3 m² équipé d'un Filtre à Sable Vertical Non Drainé de 20 m².

1.4.2.5.1 Les filières de traitements

Le choix de la filière s'appuie sur les résultats de l'étude géotechnique 25RJB139B1G du laboratoire Régional de la Réunion réalisée en février 2002 et de l'étude géotechnique 16086-A de LACQ-BTP en date de février 2017.

Ces études, dont une synthèse est donnée ci-après, validait l'aptitude des sols à l'assainissement autonome par des filières traditionnelles tels que filtre à sable ou tranchée d'épandage.

Les emprises disponibles sur site étant suffisante, la filière tranchée d'épandage à faible profondeur a été retenue afin de s'adapter au mieux au terrain.

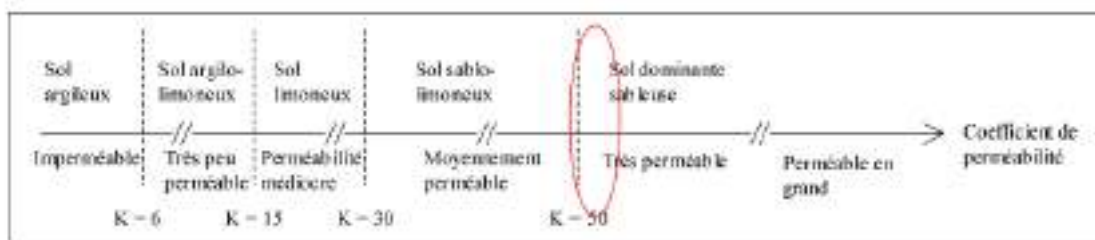
- Géologie
 - Sur 0.10 à 0.50 m d'épaisseur : terre végétale et limons brun foncé foisonnés. Couche localement décapée et remplacée par une couche de sable scoritique rapportée en remblais.
 - Puis sur 0.20 d'épaisseur : limons et cailloux à blocs bruns.
 - Puis localement : sables blancs jaunâtres à blocs de corail sur une épaisseur de 5.0 m interprétés comme des alluvions fluvio-marines.
 - Puis de 0.50 à 5.00 d'épaisseur : limons à blocs et basalte ou scories ou de basaltes altérés.
- Hydrogéologie

Il n'a pas été mis en évidence d'arrivée d'eaux au moment des sondages.

- Perméabilités

Sondage	Profondeur	Lithologie	Perméabilité (mm/h)	Perméabilité (m/s)
PER1	0.60	Limon Sableux	28.9	7.89 E-06
PER2	1.10	Limon brun sableux	183.17	4.53 E-05
PER3	0.60	Limon brun à cailloux et blocs	37.46	1.04 E-05
PER4	0.75	Limon Sableux	147.20	4.09 E-05
PER5	0.60	Limon Sableux	49.12	1.36 E-05
Perméabilité moyenne			39.08	1.08 E-05

L'étude géotechnique LACQ indique une perméabilité de 52.86 mm/h (moyenne harmonique) classant le terrain dans la classe des sols perméables. (XP DTU 64.1 P1-1 chapitre 8.2.1 – extraits ci-dessous).



Ces perméabilités (52.86mm/h) ne s'opposent pas à la réalisation d'un système d'assainissement autonome.

Nous rappelons que lorsque :

- $K < 5$ mm/h, l'épandage superficiel est impossible
- $5 < K < 15$ mm/h, l'épandage superficiel est déconseillé (nécessité de trop grande surface)
- **$15 < K < 300$ mm/h, l'épandage superficiel est conseillé**
- $K > 300$ mm/h, l'épandage superficiel est déconseillé (pouvoir épurateur trop faible)

1.4.2.5.2 Hypothèses et dimensionnement

1.4.2.5.2.1 Réglementation

- Arrêté du 7 septembre 2009 relatif aux installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5 soit 20EH

Il est à noter que cet arrêté concerne les systèmes d'ANC recevant une charge brute < 1.2 kg/j de DBO5 soit 20 Equivalents Habitants (EH)

- NF DTU 64.1 : « Dispositifs d'assainissement non collectif (dit autonome) – Pour les maisons d'habitation individuelle jusqu'à 20 pièces principales »

1.4.2.5.2.2 Hypothèses et données d'entrée

Les différentes surfaces nécessaires ont été calculées en fonction de la quantité d'effluent produite et de la capacité des sols à l'infiltration.

- **Volume d'eaux usées produit.**

Les volumes journaliers générés sont calculés sur les ratios suivants :

- ☐ Repas MNS : 4 l /repas
- ☐ Sanitaires MNS : 25l/pers
- ☐ Douche MNS : 60 l/douche
- ☐ Sanitaires handicapés : 6 l/pers pour chasse d'eau + 1l/pers lavage main

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-après.

Poste MNS						
			volume rejeté (L) par jour			
		Usagers	wc+lave main	douche	cuisine	total
MNS	Kitchenette	2	-	-	8	8
MNS	Douche MNS	2	-	120		120
MNS	Sanitaires (1)	2	50			50
MNS	des WC handicapés (1 cabinet d'aisance « Handi Plage » + lave-main avec savon)	20	140			140

Total :	318

Tableau 3 : Volume d'eaux usées produit

Soit un nombre d'équivalent habitant arrondi à 3 EH ; avec 1 EH = 150 l/j.

1.4.2.5.2.3 Dimensionnement des installations

- **Volumes des Fosse septiques toutes eaux :**

Le volume des fosses septiques toutes eaux (FSTE) a été calculé :

- Dans le cas des installations relevant de l'arrêté de septembre 2009 (<20 EH) : $3 \text{ m}^3 + 1 \text{ m}^3/\text{EH}$ supplémentaire au-delà de 5 EH soit :
 - o ANC (3EH) – Poste MNS : $V_{\text{FSTE}} = 3 \text{ m}^3$

- **Système d'épandage :**

Il a été dimensionné selon DTU 61.1.

- o Tranchées d'épandage :

Extrait DTU 61.1

Tableau 1 Dimensionnement d'épandage

Valeur de K^* (m/h)	de 15 à 30	de 30 à 50	de 50 à 200	supérieur à 200 (selon le type de sol)
	Perméabilité médiocre	Moyennement perméable	Sol perméable	Sol très perméable
Jusqu'à 5 pièces principales (p.p.)	Voir Annexe D	Tranchées d'épandage : 50 ml	Tranchées d'épandage : de 45 m	Lit d'épandage : 30 m ²
Au-delà de 5 p.p.	Voir Annexe D	Tranchées d'épandage : 10 ml/p.p. suppl.	Tranchées d'épandage : 8 ml/p.p. suppl.	Lit d'épandage : 8 m ² /p.p. suppl.

* Les valeurs de K^* sont données à l'aide du test de Porcher (test de perméabilité ou de percolation à niveau constant, voir 61.1.1).
Le niveau haut de la nappe doit se situer à au moins 1 mètre du fond de foule. Cette hauteur peut être augmentée en fonction de la nature du sol.
Les longueurs de tranchées d'épandage sont données pour une largeur de 0,5 m.
Dans le cas des sols à dominance sableuse où la réalisation des tranchées d'épandage est difficile, l'épandage en lit est réalisé dans une foule unique à fond horizontal.

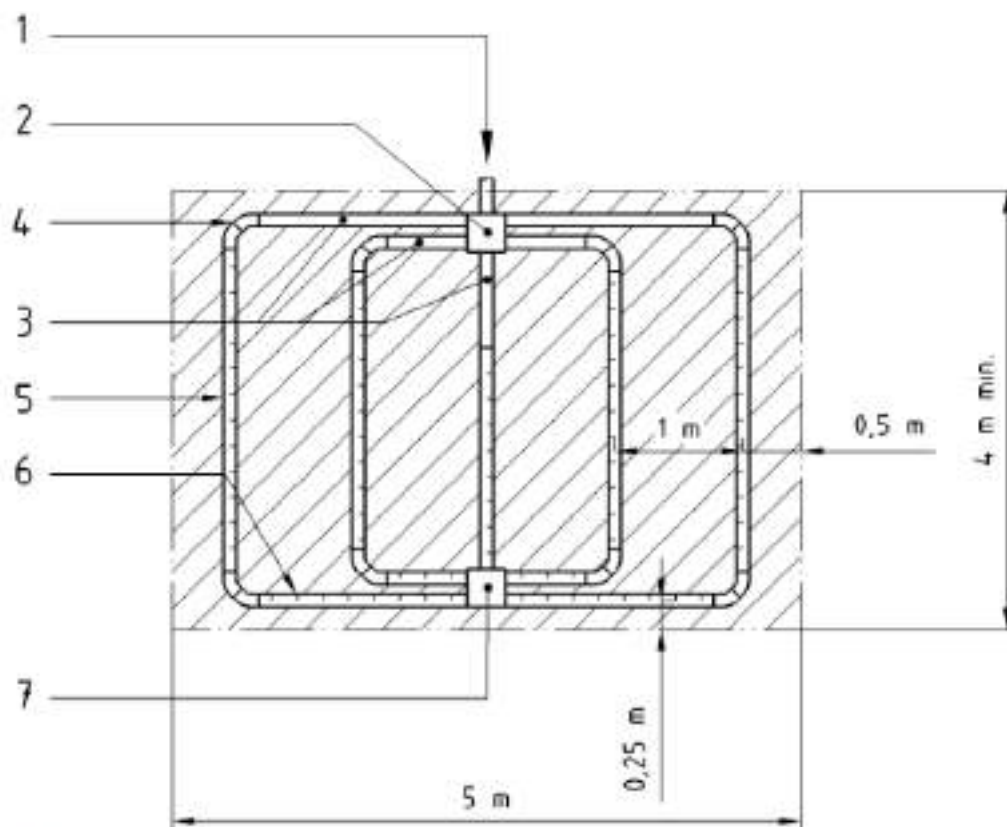
- ANC (3EH) – Poste MNS : 45 ml

Les surfaces disponibles pour la réalisation de tranchées d'épandage étant insuffisante (présence d'arbres), le système de traitement proposé est un Filtre à Sable Vertical Non Drainé.

- o FSVND :

La surface minimale doit être de 20m² selon le DTU 64.1.

Le filtre proposé sera donc d'une dimension de 5x4m tel que présenté sur le schéma ci-dessous.



Légende

Matériels

- 1 Arrivée des eaux prétraitées par tuyau plein
- 2 Boîte de répartition
- 3 Tuyau de raccordement
- 4 Chaque angle composé de deux coudes à 45° ou d'un coude à 90° à grand rayon
- 5 Tuyau d'épandage
- 6 Bouclage de l'épandage par un tuyau d'épandage
- 7 Boîte(s) de bouclage, de branchement ou d'inspection

- **Filtre décolloïdeur indicateur de colmatage**

Les FIC ont été dimensionnés sur la base d'un ratio compris en 5 et 10% du volume de la FSTE.

o ANC (3EH) – Poste MNS : $V_{FIC} = 150 \text{ l}$

Le FIC pourra être intégré à la FSTE.

- **Auget d'alimentation des filtres**

Le dispositif présentant un faible linéaire, il n'est pas prévu de les alimenter par bâchée.

- **Estimation des volumes de boues produites**

On estime que les boues s'accumulent en moyenne de 0.18 à 0.30 l/EH/jour. Pour tenir compte du fait qu'il s'agit de sanitaires publics et de rondavelles de restauration d'un site naturel présentant de forte variation de fréquentation entre les week-ends et la semaine nous retenons comme hypothèse une production moyenne de boues située dans le bas de la fourchette de 0,20 l/EH/jour, soit :

- o ANC (3EH) – Poste MNS : $V_{\text{Boué}} = 219 \text{ l/an}$

Nota : les FSTE nécessitent d'être vidangés régulièrement tous les 2 à 4 ans selon le que les EU sont plus ou moins chargées. Un accès pour les véhicules de vidanges a donc été prévu.

Tableau A.1 Entretien des dispositifs

Produit	Objectif de l'entretien	Action	Périodicité de référence
Fosse septique	Eviter le départ des boues vers le traitement secondaire	Inspection et vidange des boues et des flottants si hauteur de boues $\geq 50 \text{ cm}$ de la hauteur sous le dôme (fonction de la configuration de la fosse septique) et/ou selon la notice en eau	Première inspection de l'ordre de 4 ans après mise en service ou vidange, puis périodicité à adapter en fonction de la hauteur de boues
Pré-filtre immergé ou non à la fosse septique	Eviter son colmatage	Inspection et nettoyage si nécessaire	Inspection annuelle
Boîte de boudage et de collecte	Eviter l'encrassement des orifices	Inspection et si nécessaire drainage ou vidange	Inspection semestrielle
Boîte de boudage et de collecte (dimensionnée)	Eviter toute obstruction ou dépôt	Inspection et nettoyage si nécessaire	Inspection et nettoyage si boîte en charge

Une faible hauteur de boue résiduelle (quelques centimètres) est souhaitable.

1.4.2.5.3 Synthèse

Les principaux éléments concernant l'assainissement autonome du poste MNS de Grande Anse sont rappelés ci-dessous.

- Sols aptes à l'assainissement autonome (Etude géotechnique LRR 25RJB139B1G et LACQ 16086-A)
- Filière de traitement : Tranchée d'épandage.
- Système dimensionné pour 3EH.
- Absence de captage d'eau à proximité.
- Dimension des systèmes d'assainissement

	V FSTE en m ³	Surface d'épandage	V FIC	V Bâchée
ANC – Poste MNS	3 m ³	20 m ²	150 l	-

Tableau 4 : Synthèse du système d'assainissement autonome

Les dimensions et positionnement du systèmes d'assainissement figurent sur le plan des réseaux ci-après.

Ce mode d'assainissement a reçu un avis favorable du Service Public Intercommunal d'Assainissement Non Collectif (SPIANC) (Avis en annexe pièce E).

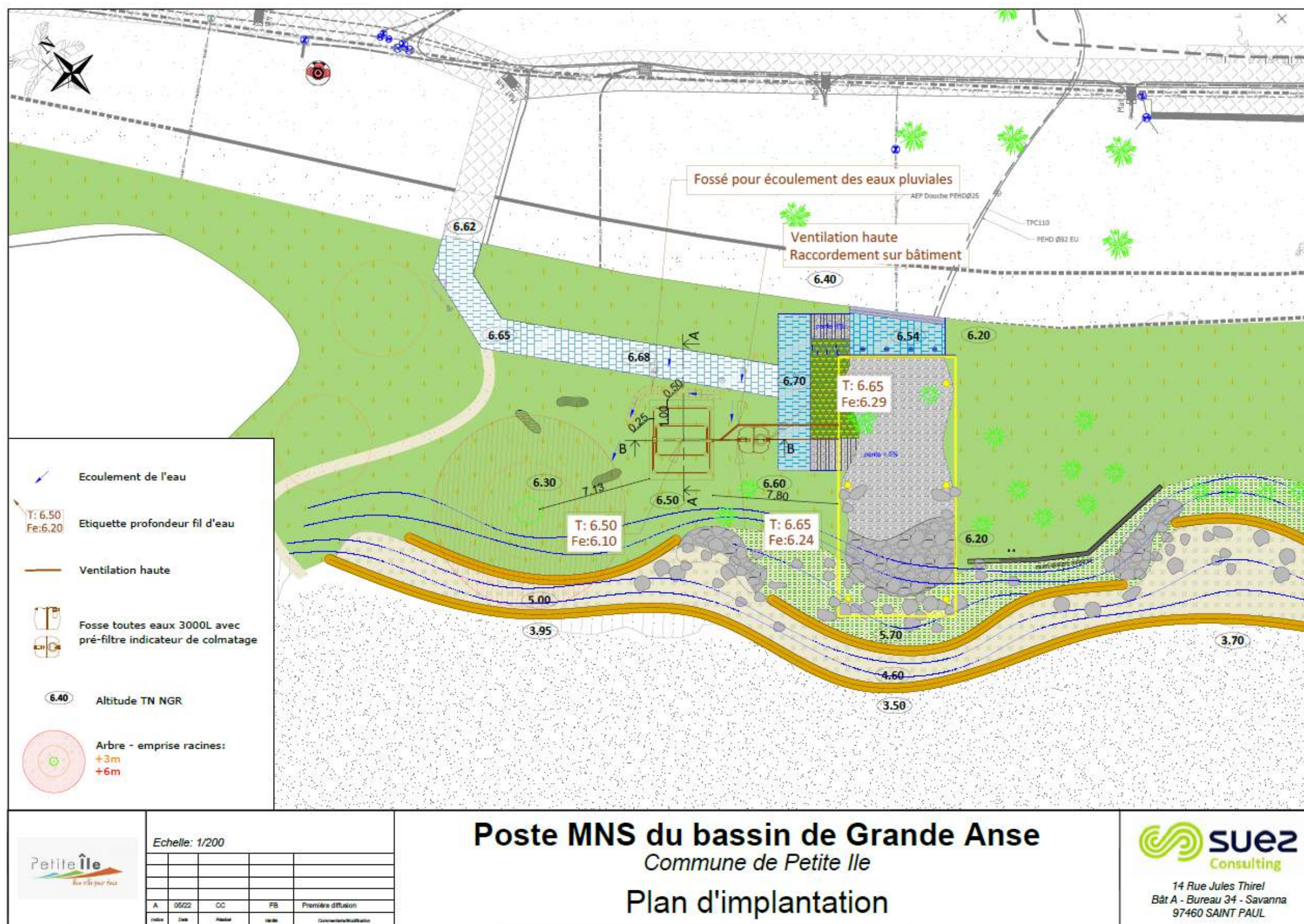


Figure 10 : Plan d'implantation du système d'assainissement envisagé

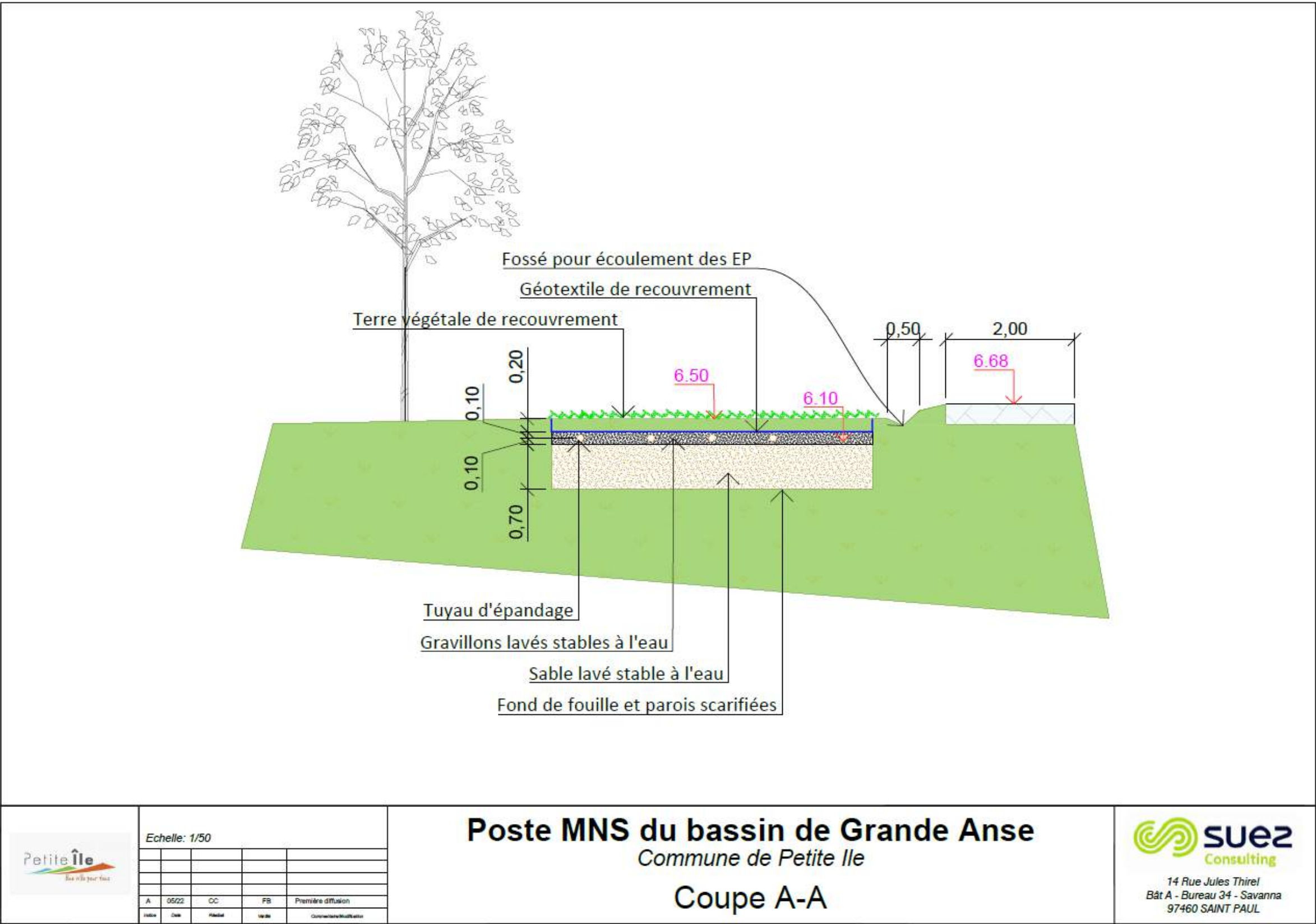
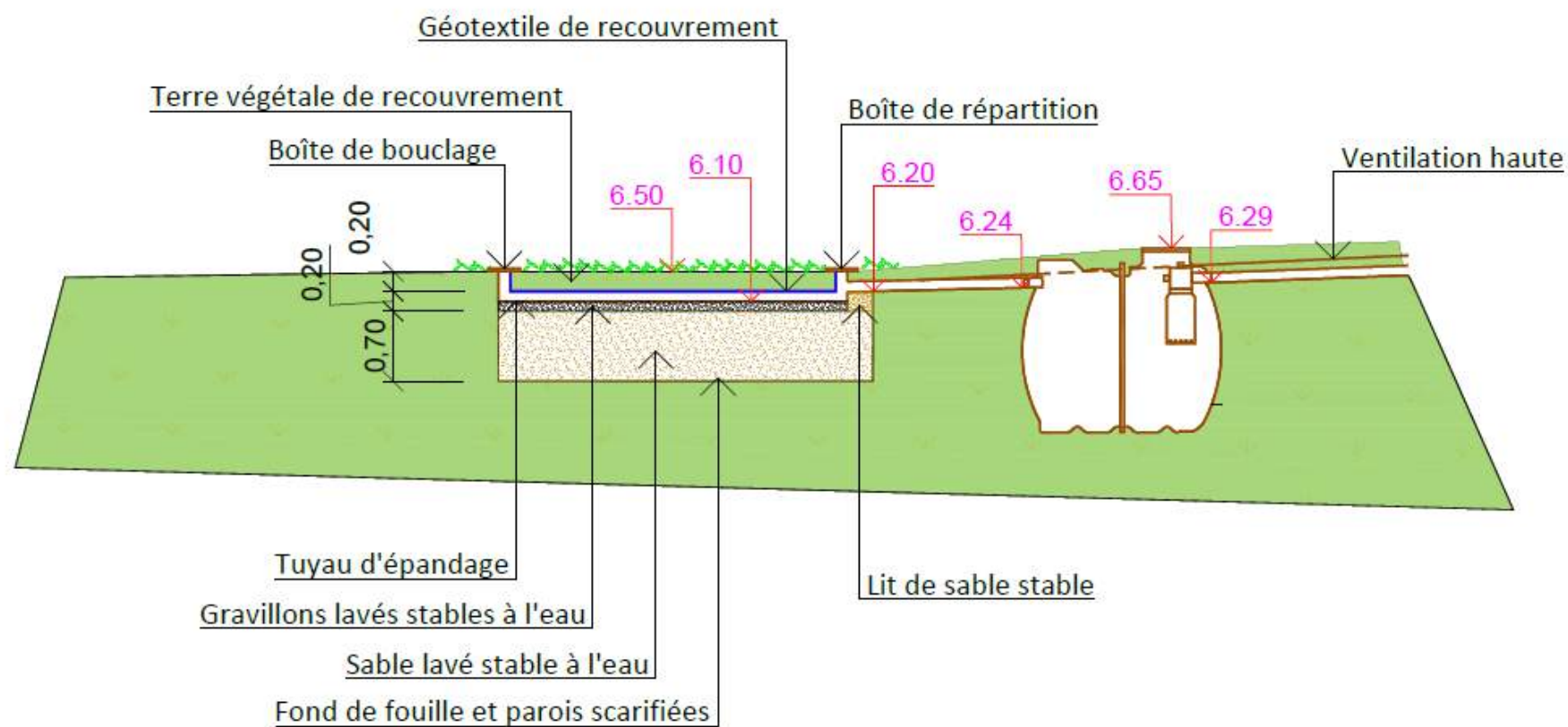


Figure 11 : Plan de coupe A-A du système d'assainissement autonome envisagé



	Echelle: 1/50				
	A	05/22	OC	FS	Première diffusion
	Index	Date	Projet	Version	Commentaire/Modifications

Poste MNS du bassin de Grande Anse	
Commune de Petite Ile	
Coupe B-B	


14 Rue Jules Thirel Bât A - Bureau 34 - Savanna 97460 SAINT PAUL

Figure 12 : Plan de coupe B-B du système d'assainissement autonome envisagé

1.4.3 Le bassin de baignade

1.4.3.1 Caractéristiques des travaux

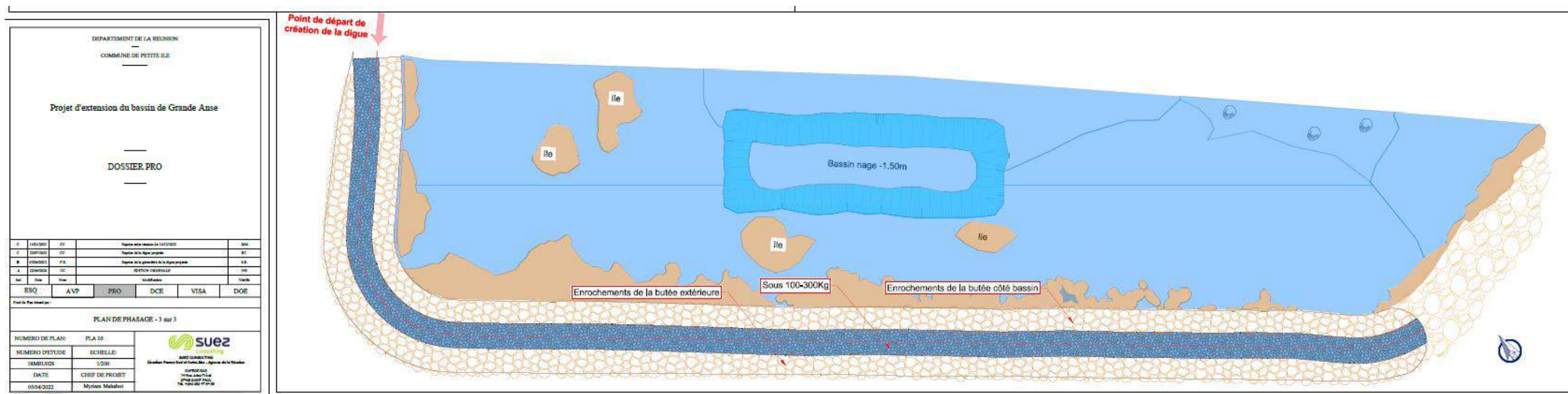
Le projet de travaux d'extension du bassin comprend :

- Le nettoyage du bassin par l'enlèvement de blocs rocheux;
- Le réarrangement des blocs rocheux pour la réhabilitation de l'enrochement à l'extrémité sud-est du bassin où se concentrent de forts enjeux écologiques (présence de coraux et d'oursins) ;
- La refaçon de la protection en enrochement et son extension dans le prolongement de l'ouvrage existant (qui représente la limite du platier récifal) pour atteindre une surface protégée globale de 6400 m² ;
- La réalisation de butées de pied ensouillées sur fond rocheux à la base de l'ouvrage pour garantir un soutien de l'ouvrage. En effet, le sol de fondation de l'ouvrage étant rocheux, il n'y a donc aucune cohésion ni encastrement au niveau du soubassement. La stabilité est alors uniquement pesante et flottante ;
- Le déroctage d'une surface d'environ 650 m² environ et de profondeur variant de 0,00 à 1,50m ; à l'intérieur du bassin afin de créer une fosse d'apprentissage de la baignade à destination des scolaires (primaire et collège) ;
- La création d'îlots rocheux par la réorganisation de blocs existants à l'intérieur du bassin afin de diminuer la rectitude de l'ouvrage et d'améliorer son aspect visuel ;
- La destruction du muret maçonné présent sur l'estran et le reprofilage de la plage afin de faciliter l'accès au bassin ;
- Le ré-ensablement et le nivellement de la plage pour assurer un confort d'accès au bassin.

1.4.3.2 La protection en enrochement

Afin de sécuriser la baignade, il est envisagé la réalisation d'une protection en enrochement constituée d'un talus en blocs naturels (Figure 230).

Les éléments de dimensionnement de l'ouvrage sont détaillées ci-après.



Structure finalisée :

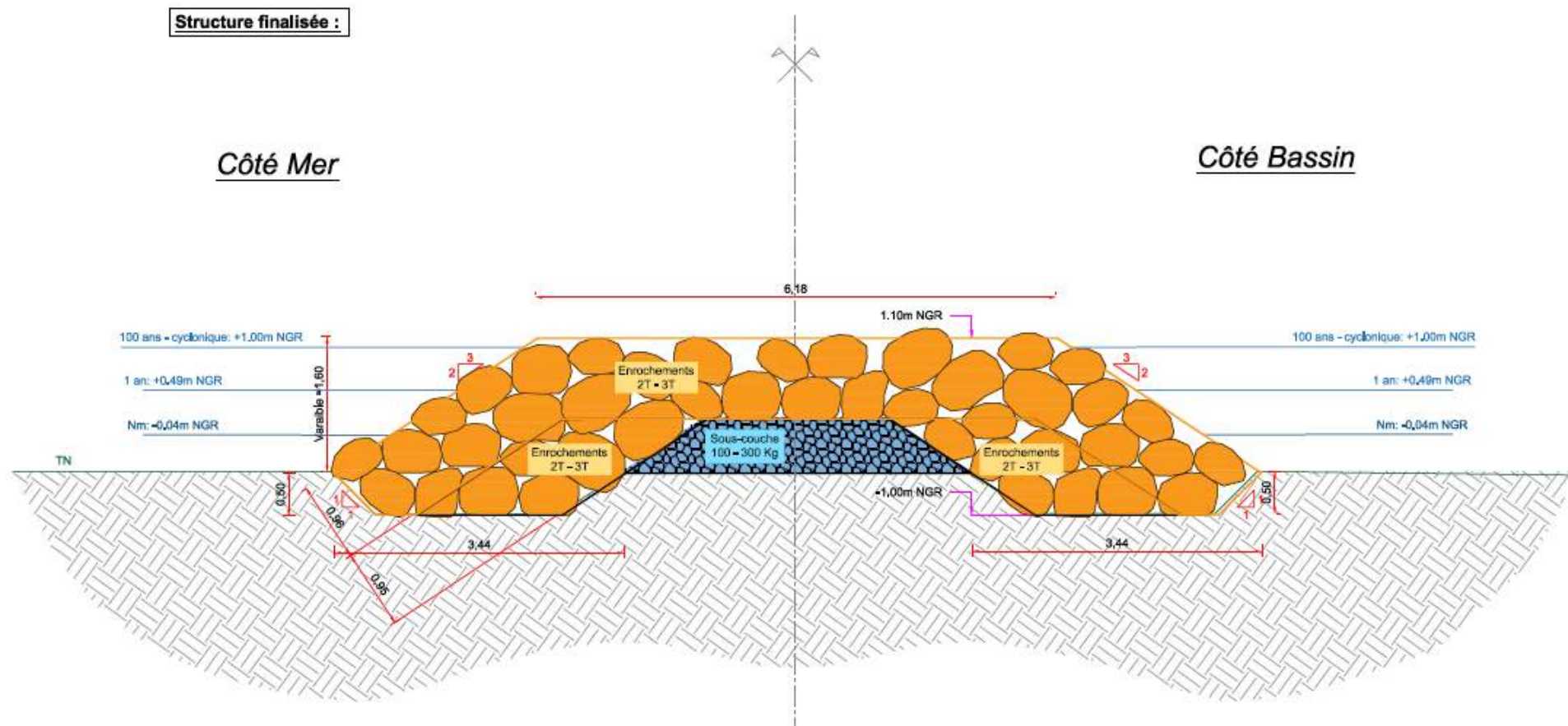


Figure 13: Plan de masse de la protection en enrochement

1.4.3.2.1 Hypothèses générales de dimensionnement

○ Masses volumiques

Les masses volumiques prises en compte sont les suivantes :

- ▷ Eau de mer : 1,025 t/m³
- ▷ Enrochements (Basalte) : 2,60 t/m³

○ Pente du talus

La pente de la carapace en bloc naturel a été choisie égale à 3 Horizontal pour 2 Vertical.

○ Dommages acceptables sur l'ouvrage

A des fins de dimensionnement, il est acceptable que 0 à 5% des enrochements situés entre la crête et le niveau d'une hauteur de vague en dessous du niveau de l'eau au repos soient déplacées de cette zone.

Selon la formule de Van Der Meer, un coefficient de dommage doit être assigné pour chaque période de retour choisi pour le dimensionnement de la carapace.

Les valeurs de S_d ainsi que les périodes de retour de la houle sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Valeurs du taux de dommage en fonction de périodes de retour de la houle.

Période de retour	Conditions	Taux de dommage S_d
1 an	Normal	1
10 ans	Normal	1
100 ans	Normal	2
100 ans	Cyclonique	2

Définition du taux de dommage S_d :

- $S_d = 1$ → Aucun dommage effectif
- $S_d = 2$ → Faible dommage
- $S_d = 4$ → Dommage intermédiaire
- $S_d = 8$ → Ruine de l'ouvrage

○ Hauteur de la houle

Les hauteurs de houle de projet considérer pour le dimensionnement, ont été défini selon l'étude de propagation de la houle réalisé par ACTIMAR pour les périodes de retour de 1, 10 et 100 ans dans des conditions normal et cyclonique.

Il a été observé que l'enrochement peut être divisé en deux tronçon :

- **Tronçon principal** : parallèle à la côte d'une longueur de 165 ml.
- **Tronçon de retour (secondaire)** : d'une longueur de 30 ml, qui permet le retour de l'enrochement vers la côte. C'est le tronçon qui permet de se protéger des houles réfléchies sur le tronçon principal. Les houles sont donc moins importantes selon l'angle de la houle choisie.

On prendra un angle β de 45°.

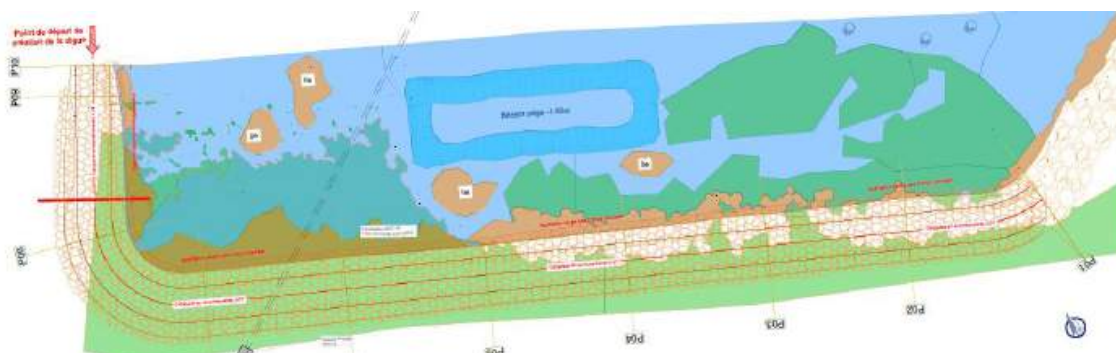


Figure 14 : Vue en plan de la protection en enrochement

Tableau 6 : Hauteur de la houle H_s considérée pour les périodes de retour du projet

		Houle de projet			
		1 an (Normal)	10 ans (Normal)	100 ans (Normal)	100 ans (cyclonique)
Tronçon Principal	$H_{s_{max}}$	2.00 m	1.67 m	1.63 m	1.60 m
Tronçon de retour (Secondaire)	$H_{s_{max}}$	1.80 m	1.50 m	1.47 m	1.44 m

○ Caractéristiques de l'ouvrage

Tableau 7 : Caractéristiques de l'ouvrage

Caractéristiques	Nomenclature	Valeur
Altimétrie du couronnement	R_c	1,10m NGR
Bathymétrie en pied d'ouvrage	h	-0,5m NGR
Pente des fonds	ϕ	~5%
Masse volumique de l'enrochement naturel	ρ_r	2600 kg/m ³
Masse volumique de l'eau de mer	ρ_w	1025 kg/m ³
Pente talus	α	3H/2V

La cote de la crête de l'enrochement a été définie pour permettre une baignade dans des conditions de sécurité satisfaisantes 90% de l'année (Cf. rapport de BW-CGC).

1.4.3.2.2 Méthodologie de calcul de la carapace de protection

Afin d'optimiser la taille des blocs de carapace de l'enrochement, la méthode de Van Der Meer sera utilisée car celle-ci prend en compte plusieurs paramètres supplémentaires (Période de la houle, taux de dommage, type de déferlement, Perméabilité, Nombre de houles, ...) contrairement à la formule de Hudson qui est utilisé pour un prédimensionnement des digues et qui donne généralement des valeurs un peu sur-dimensionnantes.

L'emplacement de l'enrochement se situe dans une zone d'eau peu profonde ($d < 3H_s$), la formule de Van Der Meer en eau peu profonde est :

□ Pour un déferlement plongeant :

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} * P^{0.18} * \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} * \left(\frac{H_s}{H_{2\%}} \right) * \xi_{s-1.0}^{-0.5}$$

- Pour un déferlement gonflant :

$$\frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_s * P^{-0.13} * \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} * \left(\frac{H_s}{H_{2\%}}\right) * \sqrt{\cot(\alpha)} * \xi_{s-1.0}^P$$

Avec :

- ▷ C_s : Coefficient gonflant, (= 1.30)
- ▷ C_{pl} : Coefficient plongeant, (= 8.40)
- ▷ P : Perméabilité de la structure, (= 0.40)
- ▷ N : Nombre de vagues : dépend de la durée de tempête considérée (h), (h = 10h)
- ▷ $\xi_{s-1.0} = \frac{\tan(\alpha)}{\sqrt{(2\pi * H_s) / (g T_{m-1.0}^2)}}$: Paramètre de déferlement (Nombre d'irribaren)

Pour toutes les houles de projet considérées (tronçon principal et tronçon de retour) on trouve un déferlement gonflant.

1.4.3.2.3 Carapace en enrochements

Pour les différentes périodes de retour considérées, les résultats sont les suivants. Ces valeurs correspondent à la définition d'un diamètre/tonnage moyen justifiant de la stabilité de la carapace pour la période de retour donnée.

Tableau 8 : Masse, diamètre et volume moyen des blocs calculés pour les périodes de retour de projet pour le tronçon principal

Tronçon Principal				
$\beta=0^\circ$	100 ans Cyclonique	100 ans Normal	10 ans Normal	1 an Normal
M50	2.13 T	0.60 T	0.92 T	1.02 T
D50	0.95 m	0.62 m	0.71 m	0.73 m
V50	0.82 m ³	0.23 m ³	0.35 m ³	0.39 m ³

Tableau 9 : Masse, diamètre et volume moyen des blocs calculés pour les périodes de retour de projet pour le tronçon de retour à la côte

Tronçon de retour (Secondaire)				
$\beta=45^\circ$	100 ans Cyclonique	100 ans Normal	10 ans Normal	1 an Normal
M50	1.47 T	0.41 T	0.63 T	0.70 T
D50	0.83 m	0.55 m	0.62 m	0.64 m
V50	0.56 m ³	0.17 m ³	0.24 m ³	0.27 m ³

Sur la base du dimensionnement ci-avant, il est retenu la mise en œuvre de blocs de granulométrie assez resserrée compris **entre 2 et 3 Tonnes** (soit un diamètre moyen compris **entre 0.92 et 1.05 m**) **pour le tronçon principal** et **entre 1 et 2T** (soit un diamètre moyen compris **entre 0.73 et 0.92 m**) **pour le tronçon de retour (secondaire)**.

Cette blocométrie permet de garantir une bonne tenue des ouvrages dans des conditions normales et d'avoir des dommages acceptables en période cyclonique pour une période de retour de 100 ans.

N.B : dans la version précédente du projet, en l'absence de l'étude BW CGC, les données disponibles ne permettaient que l'utilisation de la formule de Hudson. Par ailleurs, la crête ayant été abaissée, l'ouvrage accepte donc plus de franchissement en cas de tempête, donc moins d'effort sur l'ouvrage. Les enrochements ont donc pu être diminués (blocométrie précédente 2-4T).

1.4.3.2.4 Sous-couche

Le calcul de la sous-couche est réalisé de manière à respecter la règle des filtres afin d'éviter la migration de la sous-couche à travers la carapace.

La règle des filtres est :

$$2.2 \leq \frac{D_{50 \text{ car}}}{D_{50 \text{ s-c}}} \leq 2.5 \quad \text{ou alors} \quad 10 \leq \frac{M_{50 \text{ car}}}{M_{50 \text{ s-c}}} \leq 15$$

- ▶ Tronçon principal : Il sera mis en place **une sous-couche de granulométrie 100 – 300 kg** afin de respecter la règle des filtres.
- ▶ Tronçon de retour (Secondaire) : Il sera mis en place **une sous-couche de granulométrie 100 – 200 Kg** afin de respecter la règle des filtres.

1.4.3.2.5 Butée de pied

Le sol de fondation de l'enrochement est rocheux. Il n'y a donc aucune cohésion ni d'encastrement au niveau du soubassement. La stabilité est alors uniquement pesante et flottante.

La réalisation d'une butée de pied doit permettre de garantir un soutien contre le glissement de la carapace de l'ouvrage.

Le rôle de la butée de pied est d'assurer la stabilité de la carapace :

- elle permet de réduire les risques de glissement de la carapace sous son propre poids et d'une éventuelle surcharge ;
- elle évite les risques d'affouillement (même si ici cela ne sera pas le cas) ;
- elle réduit le risque d'arrachement des blocs en pied de carapace par la houle qui engendrerait des basculements de la carapace...
- Cela améliore donc la durée de vie de l'ouvrage et espace dans le temps les interventions de maintenance et de remise en état des enrochements.

Enfin, ce type de butée est préconisé dans le Rock Manual pour les ouvrages avec butée sur fond rocheux (cf. extrait ci-dessous). Par ailleurs cette solution apparaît la plus adaptée dans le contexte de l'ouvrage envisagé.

La création de la butée de pied consiste au creusement d'une tranchée dans le rocher, d'une profondeur minimale équivalente à $0,5D_{n50}$ et de largeur permettant la réception de 2 blocs de butée.

Sur un fond rocheux, la butée de pied est considérée comme le prolongement direct de la carapace et est donc constituée des mêmes enrochements.

Il est alors important d'obtenir une bonne imbrication des 2 couches de la carapace afin d'empêcher la couche supérieure de rouler sur la couche inférieure.

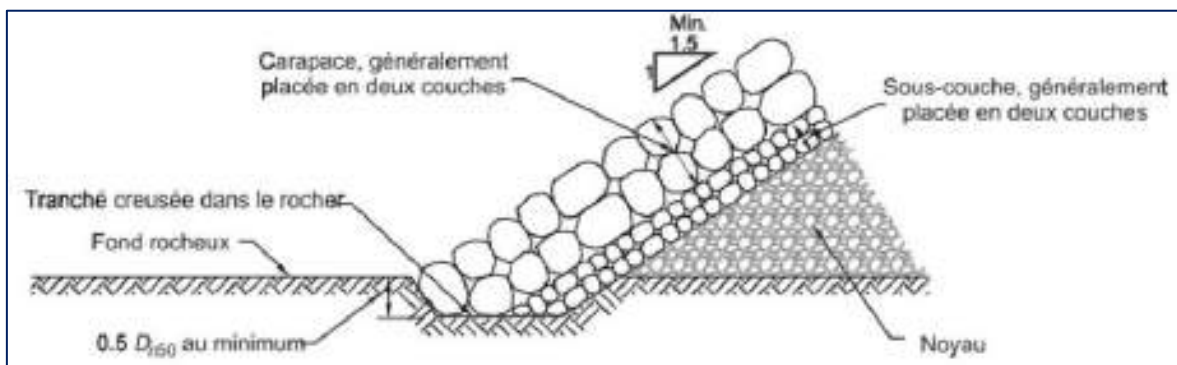


Figure 15 : Détail d'un pied sur fond rocheux (source : Rock Manuel §6.3.4.1)

Pour donner suite aux recommandations du rapport G2PRO réalisé par Géolithe, un déroctage sera réalisé des deux côtés de l'enrochement (côté mer et côté bassin) pour la réalisation de la butée de pied. En effet, l'ouvrage est pleinement franchissable et le couronnement comme le talus arrière seront donc pleinement exposés.

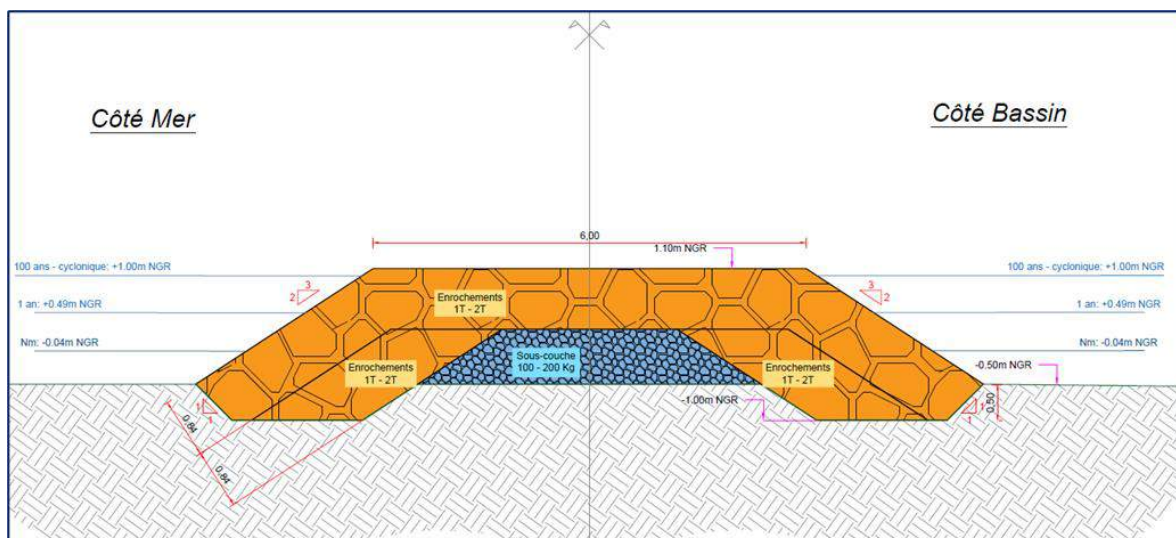


Figure 16 : Coupe type de l'enrochement – Tronçon de retour

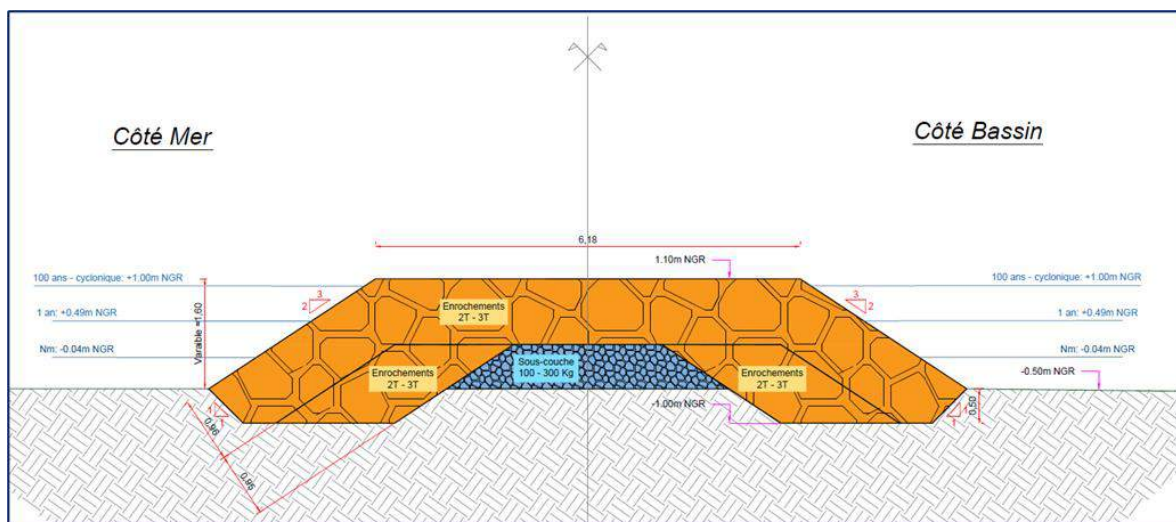


Figure 17 : Coupe type de l'enrochement – Tronçon Principal

1.4.3.2.6 Insertion paysagère de l'ouvrage

Afin d'atténuer la rectitude de l'enrochement, il est proposé d'aménager des ilots dans le bassin et des circonvolutions à l'aide d'enrochements installés du côté protégé du bassin (Figure 231).

Des blocs de dimensions similaires à ceux utilisés pour la carapace seront mis en place de manière non uniforme à l'intérieur du bassin. Les blocs seront placés, un à un, par la pelle située sur le cheminement de l'enrochement, durant la seconde phase de réalisation, ainsi que par un autre engin depuis la plage.



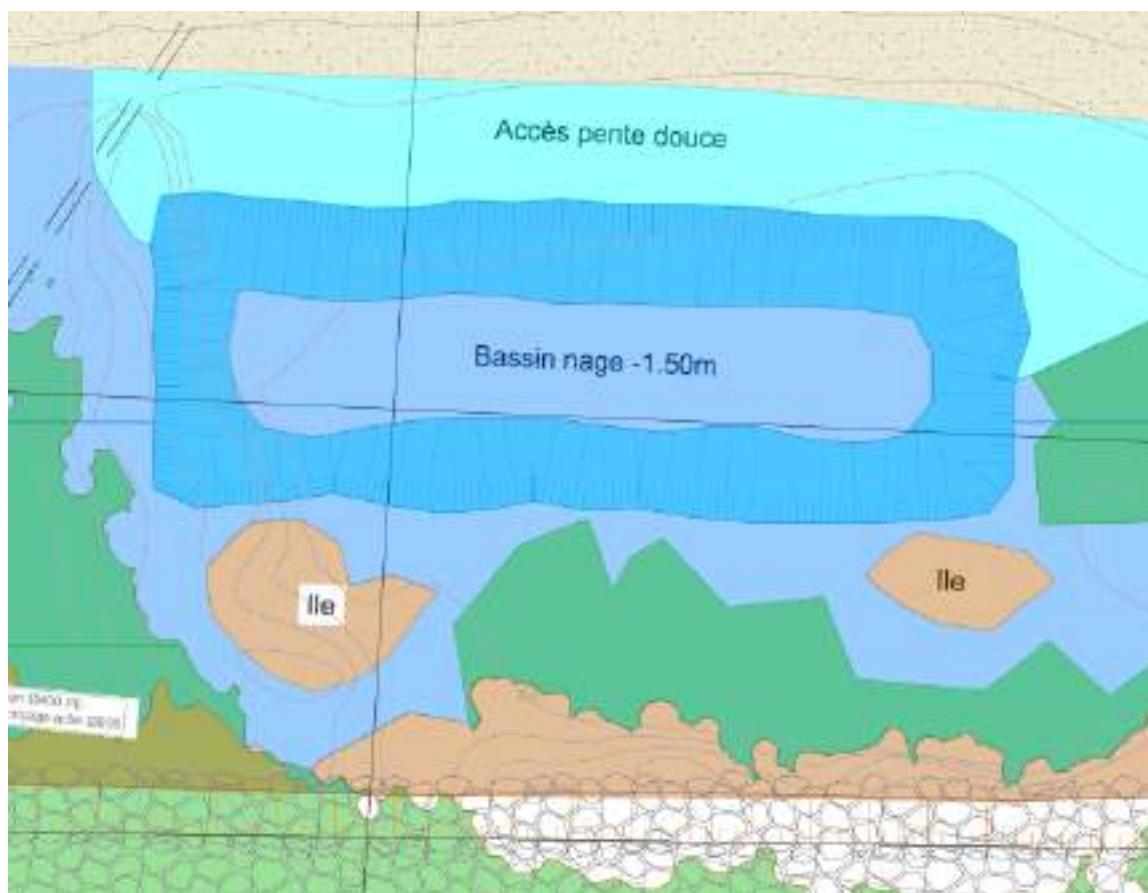
Figure 18: Vue depuis le Piton de Grande Anse sur le futur bassin de baignade

1.4.3.3 L'aménagement intérieur du bassin

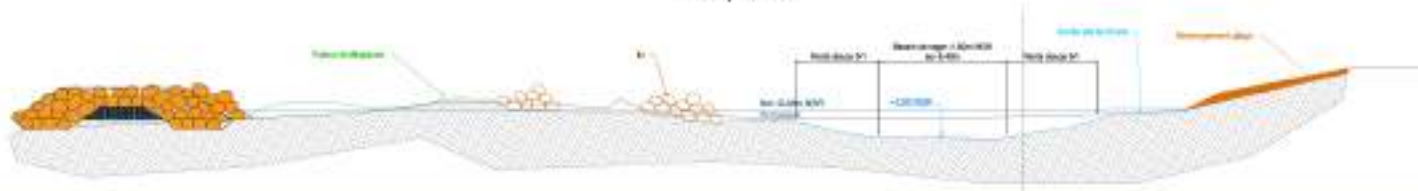
La création des ilots et des circonvolutions pour l'insertion paysagère de l'enrochement permettra la délimitation de différentes zones d'activités dans le bassin (Figure 20).

La municipalité a souhaité l'aménagement, au sein du bassin de baignade, d'une zone propice à l'apprentissage de la natation. Il est donc prévu d'approfondir le platier par déroctage sur une surface d'environ 650 m² afin d'obtenir des profondeurs d'environ 1.50m à marée très basse, jusqu'à près de 2m en marée haute annuelle (cote de fond -1.50mNGR).

Les dimensions de ce bassin seront d'environ 45m de long par 15m de large, incluant des pentes douces (pente d'environ 5H/1V) pour atteindre le fond de la fosse.



Coupe A-A



Coupe B-B



Figure 19 – Vue en plan + coupe de la fosse d'apprentissage

N.B : La fosse étant créé par déroctage, les cotes sont données à titre indicatif. Les plans de masses entier sont fournis dans la pièce B éléments graphiques



1.4.3.4 Reprofilage de la plage

Une fois le muret détruit, un reprofilage de plage à la pelle mécanique sera effectué autant que nécessaire pour répartir le sable accumulé en amont du muret. Il n'y a pas d'apport extérieur de sable prévu. Le but est d'assurer une pente faible et confortable pour faciliter l'accès au bassin. Le pente de la plage sera identique aux zones adjacentes.

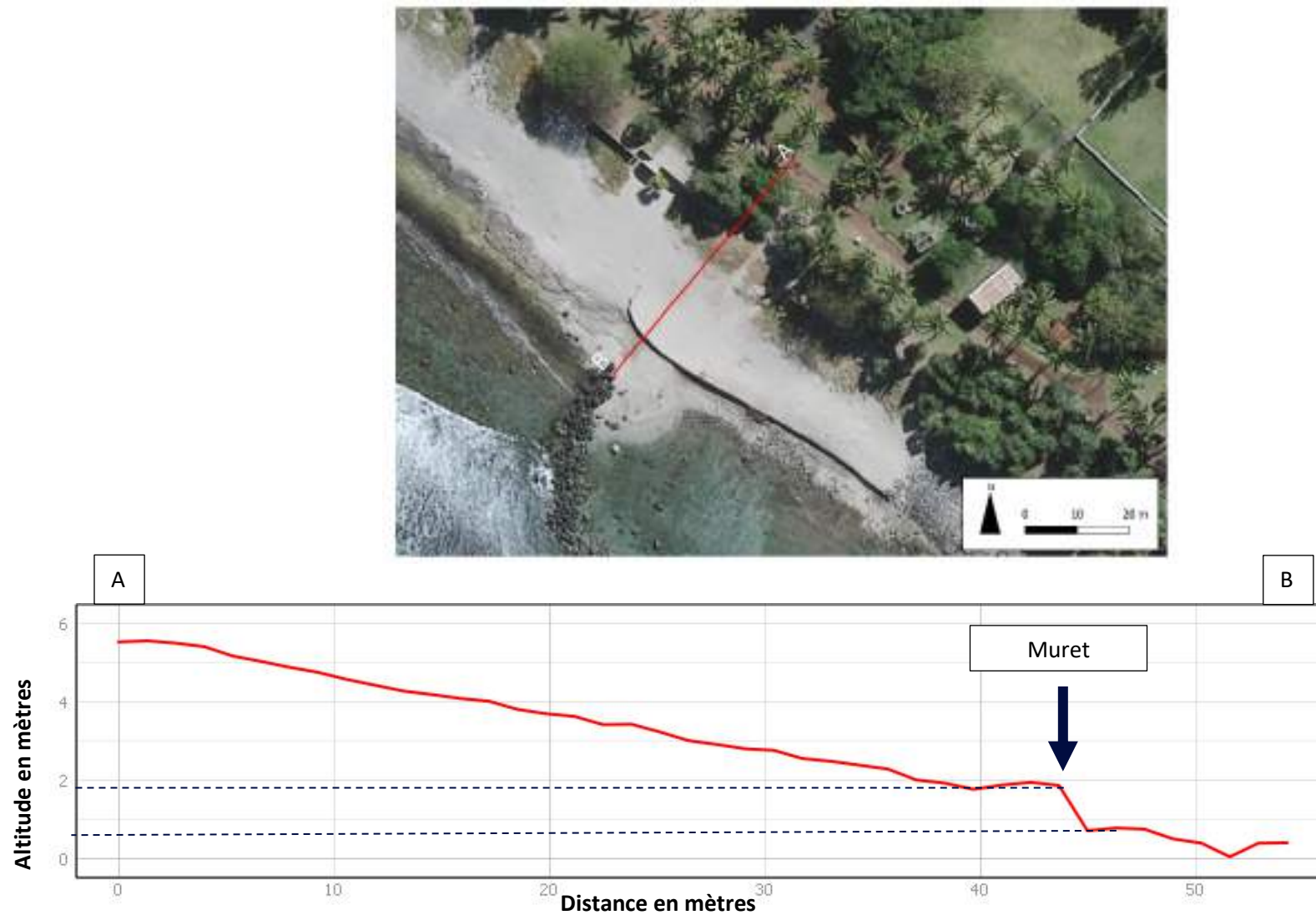


Figure 21: Profil topographique de la plage à l'endroit du muret

1.4.4 Accès au bassin de baignade

La réalisation d'aménagement en haut de plage et la réhabilitation du bassin de baignade s'accompagne naturellement de l'aménagement d'accès pour les usagers (MNS, public, PMR).

1.4.4.1 Contraintes paysagères

L'implantation du poste MNS a été définie dans le cadre de l'Etude Préliminaire. Il se positionne naturellement sur le belvédère existant au droit du futur bassin de baignade.

Plus précisément la construction doit trouver sa place entre deux formations végétales qui sont impérativement à préserver :

- Le peuplement de vacoas à l'est, qui joue un rôle majeur pour la préservation du gecko vert de Manapany ;
- Le badamier à l'ouest, dont le port en parasol lui confère un intérêt paysager réel et permet de créer une zone ombragée stratégique, à l'entrée sur la plage.
- La destruction du mur de soutènement du belvédère et la création d'un talus végétalisé en boudin coco en lieu et place de celui-ci ne permettra pas un accès direct à la plage au droit du local de surveillance.

1.4.4.2 Accès

L'accès au local de surveillance en haut de plage se fera via un cheminement maçonné connecté avec ceux existants déjà sur l'arrière-plage (Figure 22).



Figure 22: Vue depuis l'arrière-plage sur le cheminement d'accès au local de surveillance

Concernant l'accessibilité à la plage, une accessibilité universelle (adaptée PMR) nécessite l'aménagement d'une rampe conséquente au vu du dénivelé dont l'intégration dans le site n'est pas envisageable. Par ailleurs, les services de la DEAL ont confirmé qu'une plage n'est pas soumise à l'obligation d'accessibilité universelle.

Compte tenu qu'un cheminement spécifique intégré dans l'aménagement de l'arrière -plage permet un accès PMR jusqu'au belvédère, il est proposé de mettre en place une offre de service de type tiralos (fauteuil de plage destiné aux personnes à mobilité réduite et adapté aux conditions de terrain du site) dans le cadre de l'aménagement du bassin de baignade. Comme cela est pratiqué sur le front de mer de Saint Pierre, il s'agirait de mettre à disposition des tiralos au niveau du belvédère avec assistance des MNS ou des accompagnants de la personne à mobilité réduite. L'accès PMR depuis le local de surveillance se ferait par l'ouest du local en contournant le badamier, là où la pente de la plage plus douce (cf. Figure 5).

Sur la plage, un tapis pourra être déroulé pour faciliter les déplacements et éviter les glissades.

Enfin, les MNS pourront rejoindre la plage soit :

- Par le cheminement handiplage à l'ouest du badamier (cf. Figure 5.page 21);
- Par le talus à l'est du local de surveillance (cf. Figure 5.page 21).

1.4.4.3 Destruction du muret

Un muret est présent sur l'estran au droit du bassin de baignade actuel et s'étend sur un linéaire d'environ 71m (Figure 233). Il a été construit a priori pour contenir le sable en contre-haut de celui-ci. La présence de ce muret crée un talus avec en contrebas du muret une plage érodée, tandis que la partie haute de la plage reste bien ensablée et se retrouve « suspendue ».

Ce muret constitue actuellement un danger pour l'accès au bassin en raison du caractère glissant.



Figure 23: Photographie du muret au droit du bassin de baignade.

1.4.5 Aménagement hydraulique du talweg

L'analyse de l'état initial a mis en évidence la présence d'un talweg dont le débouché est situé à l'heure actuelle sur la plage au droit de l'extrémité nord-ouest du bassin et qui se situera après les travaux d'extension dans l'emprise du futur bassin de baignade. Compte tenu de la présence potentielle de rejets d'eaux usées (traces de pollutions bactériennes identifiées par les services de la CIVIS) et des enjeux de qualité des eaux de baignade, le maintien du rejet direct de la ravine dans le bassin a été écarté. Un scénario canalisant le talweg sous la plage et sous le bassin a été privilégié.

1.4.5.1 Conception générale de l'ouvrage

La ravine actuelle passe sous un ponceau. Cet ouvrage constitue un point bas. En cas de pluie il y a donc une mise en charge avant un débordement par-dessus le chemin existant.



Figure 24: Vue du ponceau sur la petite ravine

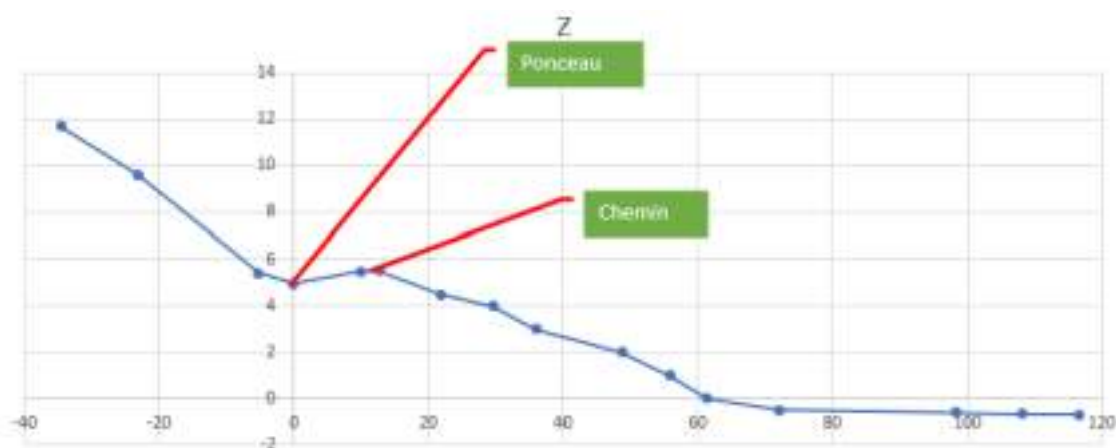


Figure 25: Profil en long de la petite ravine et de la plage

L'absence de dépôt sur le point bas et le fait que celui-ci soit enherbé, tend à indiquer que la problématique de risque de transport solide propre à la ravine est limitée.

L'exutoire de la ravine canalisée sera en mer, il y aura donc un fonctionnement en charge. Afin de bénéficier d'un maximum de charge, et donc de favoriser l'auto-curage de la canalisation nous préconisons de conserver le fonctionnement actuel avec un ouvrage d'entonnement en amont du chemin. Cet ouvrage servira de puits de mise en charge. Cet ouvrage sera constitué d'une grille avaloir, implantée dans la contrepente existante au débouché du franchissement de la route, sur la partie haute avant surverse et d'un regard au fond duquel sera connectée la canalisation de transfert.

Cette implantation permet de s'affranchir des apports solides (faibles). La grille sera inclinée afin de faciliter l'entretien et limiter l'effet d'embâcle par des feuilles et autres flottants.

L'idéal aurait été de pouvoir avoir une pente constante pour la canalisation afin de limiter le risque de création de zones de dépôts. Mais compte tenu du profil en long de l'existant (pente forte au niveau de la plage et pente faible du fond marin un changement de pente est impératif pour ne pas avoir des profondeurs jugées excessives (supérieures à 5m).

La canalisation sera toutefois relativement profonde en amont, sur le profil de plage (de l'ordre de 3 mètres) ce qui permettra de la protéger sous la plage lors des grandes houles.

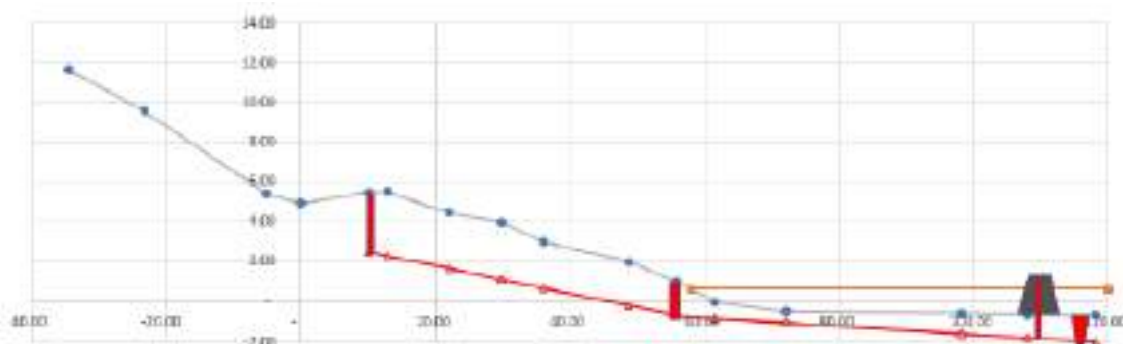


Figure 26: Schéma d'implantation de la canalisation sous la plage et le bassin

Tableau 10 : Profil en long de l'ouvrage hydraulique

Distance cumulée	TN	Projet	Profondeur	Pente
- 34.51	11.70			
- 23.13	9.60			
- 5.13	5.43			
-	4.95			
9.88	5.49	2.50	2.99	7%
12.71	5.51	2.30	3.21	7%
21.89	4.50	1.66	2.84	7%
29.65	4.00	1.12	2.88	7%
36.01	3.00	0.68	2.32	7%
48.71	2.00	- 0.21	2.21	7%
55.77	1.00	- 0.70	1.70	2%
61.42	-	- 0.81	0.81	2%
72.01	- 0.50	- 1.02	0.52	2%
98.13	- 0.60	- 1.54	0.94	2%
108.02	- 0.65	- 1.74	1.09	2%
118.00	- 0.70	- 1.94	1.24	2%

Au niveau de la sortie, l'idéal aurait été d'un point de vue hydro-sédimentaire de pouvoir déboucher à gueule bée dans la pente. La canalisation sera à environ 1.50 m sous le niveau du fond (pour passer sous l'endiguement). Ainsi pour déboucher à gueule bée, il faudrait prolonger la canalisation de plusieurs dizaines de mètres au-delà de l'enrochement projetée, pour aller chercher le tombant, qui plus est dans la zone de déferlement à des cotes de l'ordre de -2m NGR. Compte tenu de la difficulté à réaliser ces travaux il est donc envisagé de faire déboucher la canalisation dans une fosse remplie de matériaux drainants et résistants à la houle.

Il est possible de créer un regard au niveau de l'enrochement afin de pouvoir procéder à un curage si nécessaire.

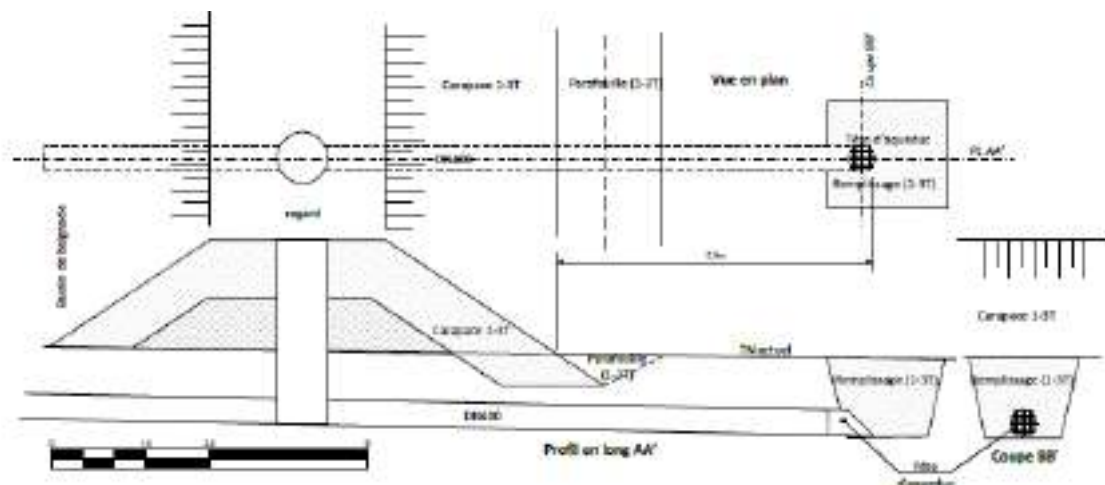


Figure 27: Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique

1.4.5.2 Dimensionnement de l'ouvrage

1.4.5.2.1 Caractéristiques du bassin versant

Ce bassin versant est délimité sur la base des données géographique du site Géoportail (IGN 25000) (Figure 28).



Figure 28: Localisation du bassin versant

Les caractéristiques physiques du bassin versant sont les suivantes :

- Superficie : 5.65ha
- Occupation du sol :
 - 15% urbain en tête de bassin
 - 75% forêt
 - 10% rural (milieu ouvert)
- Chemin hydraulique : 550m
- Pente :
 - 5% sur la partie urbaine (sur 240m)
 - Environ 30% en zone forestière (sur 250m)

- 9% en partie embouchure (sur 60m)

1.4.5.2.2 Définition du débit de projet

La frange littorale de Petite-Ile se situe en zone 2 du Guide Méthodologique de Gestion des Eaux Pluviales La Réunion (DREAL octobre 2012).

Le couvert végétal forestier entraîne un temps d'humectation significatif (th pris entre 30 et 45 minutes selon l'occurrence). Le temps de parcours varie entre 36 et 55 minutes entre une occurrence centennale et décennale.

Les coefficients de Montana retenus sont donc $a = 72$ et $b = 0.33$ pour une occurrence décennale.

Tableau 11: Données hydrologiques du bassin versant de Petite Ravine

Période de retour	Coef de ruissellement	Temps de concentration	Intensité	débit de pointe	débit pseudo-spécifique
T [ans]	Cr	$T_c = T_p + T_h$ [min]	I [mm/h]	Q [m ³ /s]	q p spé [m ³ /s/km ^{0.8}]
5	25%	60	63	0.25	2.5
10	30%	55	74	0.34	3.4
20	32%	50	86	0.43	4.3
30	35%	45	95	0.52	5.2
50	40%	40	107	0.67	6.7
100	45%	36	121	0.85	8.5

Pour une période de retour de 10 ans le débit projet est de 340 l/s.

Au-delà d'une occurrence décennale, nous pouvons considérer être en situation cyclonique ou tempête tropicale. Dans des conditions cycloniques ou équivalentes, les risques de pollution et de contamination sont de second ordre du fait du brassage et de la dilution et de par les débris apportés par la mer et le vent. L'ouvrage devra maintenir des conditions de chasse pour des débits caractéristiques d'épisodes fréquents, soit environ 100l/s.

1.4.5.2.3 Dimensionnement hydraulique

Grille d'entonnement

La grille avaloir est dimensionnée pour engouffrer le débit de dimensionnement avec une charge maximale de 10cm sur la grille. Le dimensionnement est réalisé sur la base d'un calcul de Torricelli en tenant compte d'un colmatage de 20% par des flottants.

La grille aura les caractéristiques suivantes :

- Taux de vide de 60% (par exemple avec des barreaux de 2cm pour un barreaudage de 3cm)
- Surface de la grille : >1.2m² (par exemple 1.5 x 0.8m)
- La grille sera inclinée selon une hauteur de 10cm sur la largeur ouverte de la grille.
- Cote de la grille (cadre ouvert) comprise entre 5.35 et 5.45mNGR

A noter que le taux de vide de la grille est linéairement lié à la surface de la grille. Le choix d'une grille plus ouverte (respectivement fermée) permet une surface de grille proportionnellement plus réduite (respectivement augmentée).

Canalisation de transfert

La conduite dont le départ est placé au point bas de la chambre est dimensionnée selon un calcul de perte de charge singulière (Borda) et linéaire (Calcul de Colebrook – White) sur la base d'hypothèses conservatives.

La conduite fonctionne donc en charge avec un niveau aval tenu par les conditions maritimes. La charge aval retenue à 0.65mNGR pour les calculs est supérieure à la cote extrême en condition normale (0.56mNGR) et correspond à un niveau extrême en condition cyclonique décennale.

Les principaux résultats caractérisant l'écoulement dans la conduite sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 12: Note de calcul de perte de charge dans la canalisation d'évacuation de la ravine

Caractéristiques	Unité	Valeur
charge amont	mNGR	4.4
charge aval	mNGR	0.65
perte de charge (Am-Av)	m	3.75
linéaire	m	100
Diamètre conduite	m	0.4
Section	m ²	0.13
Vitesse	m/s	3.3
débit	m ³ /s	0.41
coefficient de perte de charge		6.75
<i>inlet</i>		0.5
<i>outlet</i>		1
<i>Singulière autre (regard, coude, grille)</i>		1.5
<i>linéaire</i>		3.75
rugosité	mm	0.1
epsilon		0.0003
Nombre de Reynolds		1 320 000
Coef de frottement (Colebrook-White)	f	0.015

Le graphe ci-dessous indique les vitesses selon les différents débits qui permettent de garantir des vitesses supérieures à 1m/s pour conserver une capacité d'auto-curage.

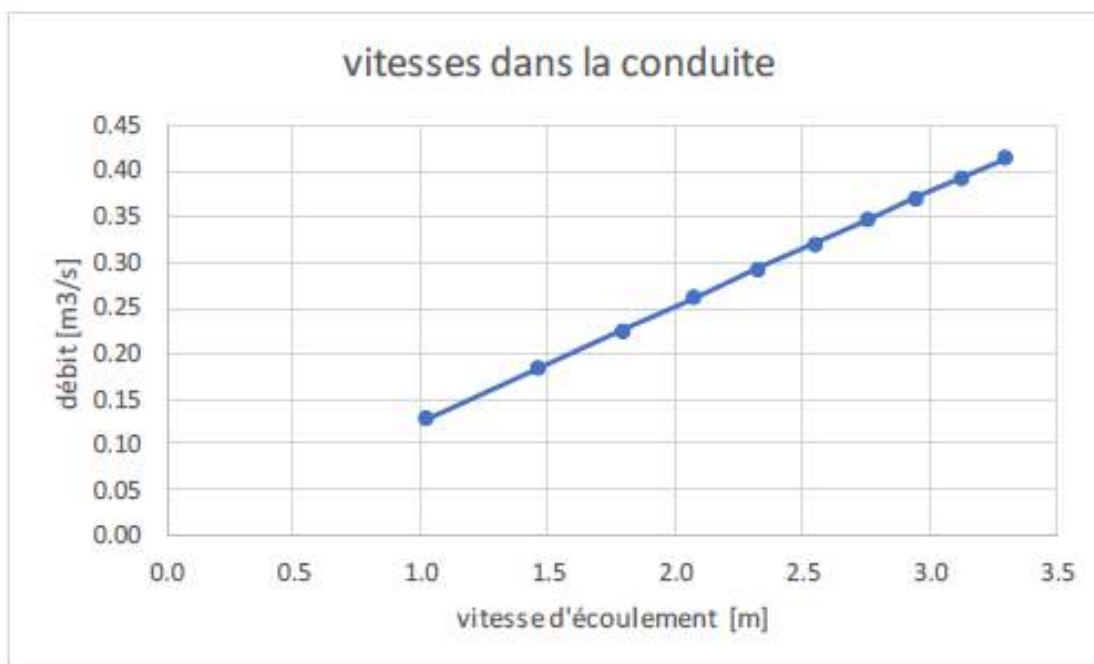


Figure 29 : Graphiques des vitesses et débits d'écoulement nécessaires au maintien de la capacité d'auto-curage de la canalisation

L'étude de dimensionnement hydraulique conclut sur une canalisation circulaire de diamètre utile DN 400 mm.

Des tubes en PEHD électrosoudables sont privilégiés compte tenu des qualités de ce matériau : résistance aux agressions chimiques, mécaniques, à l'abrasion et à la corrosion.

1.4.6 Etude des conditions hydrodynamique dans le bassin

Une étude portant sur les franchissements par paquets de mer et sur l'estimation du renouvellement des eaux a été menée pour répondre aux enjeux de préservation de la qualité de l'eau pour la baignade et des conditions favorables au développement des coraux qui ont colonisé la partie Est du bassin actuel.

Les étapes de l'étude ont été les suivantes :

- Définition des conditions de débit franchissant sécuritaire pour la baignade dans la configuration actuelle
- Analyse spécifique des conditions de franchissements par paquets de mer pour la configuration projetée finalement retenue
- Estimation du renouvellement de l'eau par franchissement

1.4.6.1 Description des conditions de vagues et niveaux d'eau en données d'entrée des modèles

Les conditions de vagues ont été analysées à partir de modèle d'Actimar¹ à partir du modèle WaveWatch3 sur la période 2000-2014, complétée par les sorties du modèle MARC d'IFREMER sur la période 2017-2021. Les conditions médianes à la station ptAope, située à environ 500 m au large du bassin (Figure 30 et Figure 31), sont caractérisées par une hauteur significative (Hs) de 1.7 m, une période de pic (Tp) de 13.5 s, et une direction moyenne/pic de 193°N/210°N (i.e. Sud-Sud-Ouest). L'analyse directionnelle des conditions (médianes) incidentes confirme que les vagues sont de secteur S à SO environ 250 jours/an. Les séries temporelles de Hs/Tp à la station ptAope mettent en évidence que les vagues atteignent des hauteurs supérieures à 4 m potentiellement plusieurs fois par an, avec des périodes de pic pouvant dépasser 20 s.

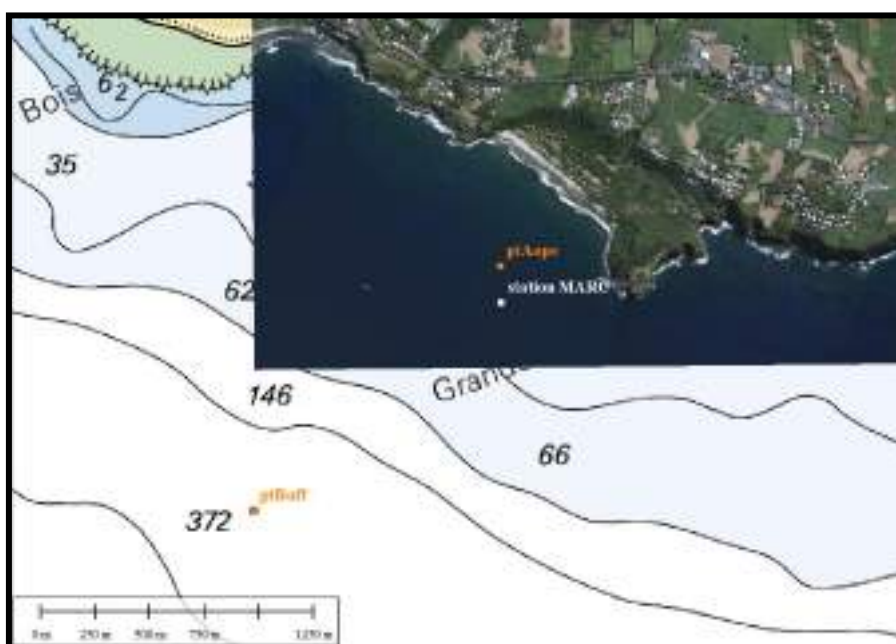


Figure 30 : Localisation des stations de sortie des modèles de vagues ERM-WW3 (Actimar) et MARC IFREMER exploitées dans le cadre de l'étude. Fonds de plan : carte SHOM 7328 ; orthophotographie IGN Géoportail.

¹ Modèle Eléments finis Réunion Maurice correspondant à un rejet sur 15 ans du modèle Hydrorun forcé par les données CFSR pour le vent

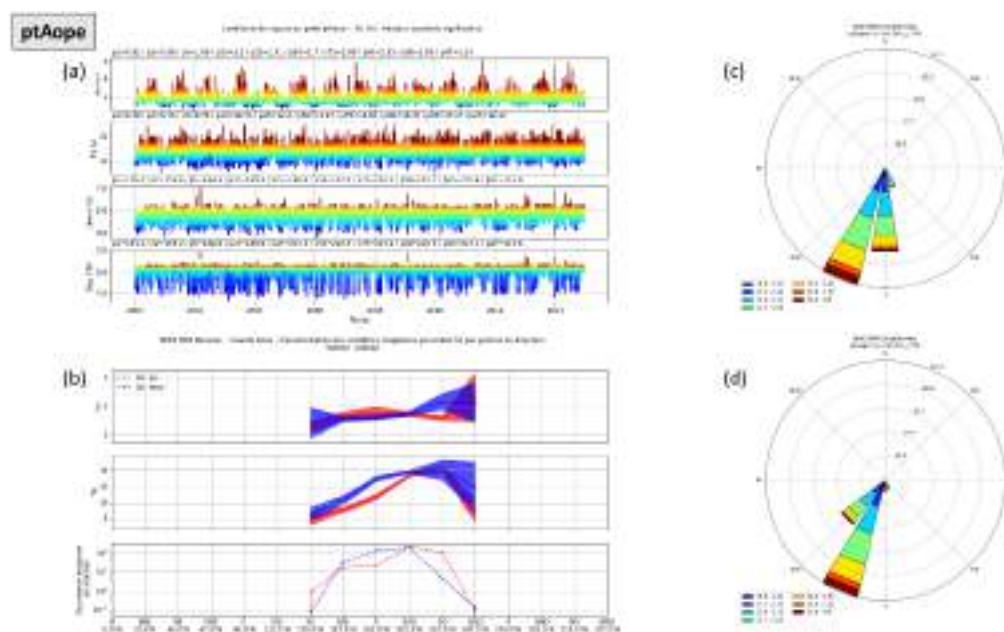


Figure 31 : Sorties du modèle de vagues ERM-WW3 d'Actimar exploitées sur la période 2000-2014 :
(a) Séries temporelles de hauteur significative de vagues (Hs en m), période de pic (Tp en s), direction moyenne (Dirm en °N), les couleurs faisant références aux différents percentiles pour chaque variable ; (b) Analyse directionnelle (en fonction de Dirm et Dirp) des Hs et Tp ; (c) et (d) roses des hauteurs de vagues en fonction des directions moyenne et de pic, respectivement.

Les percentiles de Hs ainsi que leurs périodes de pic représentatives sont présentés dans le Tableau 13. Ces statistiques de vagues (toute direction confondue) seront notamment utilisées dans certaines simulations numériques présentées par la suite.

Tableau 13: Conditions de vagues retenues pour les simulations numériques.

Percentile de Hs	Valeur de Hs (m)	Tp représentative (s)
10	1.23	12.03
50 (médian)	1.78	12.78
90	2.57	13.27
99	3.61	14.72

Concernant les niveaux d'eau, le marnage moyen est d'environ 0.45 m, et fluctue entre 0.15 m en morte-eau et 0.7 m en vive-eau (environnement microtidal). Les niveaux de référence à Saint-Pierre, exprimés par rapport à la référence altimétrique NGR située 0.554 m au-dessus du zéro hydrographique local, sont présentés dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Niveaux d'eau de référence (RAM, 2020) à Saint-Pierre, qui seront notamment utilisés dans les simulations numériques.

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354

1.4.6.1 Définition des conditions de débit franchissant sécuritaire (configuration existante)

1.4.6.1.1 Principe de la démarche

Un des critères pour la sécurité de la baignade concerne les franchissements par paquets de mer (vagues qui passent par-dessus l'ouvrage). Bien que ce phénomène soit documenté pour une grande diversité d'ouvrages côtiers dans le guide Eurotop (2018), les valeurs de débits franchissants demeurent très sensibles en fonction des spécificités du site (i.e. caractéristiques de l'ouvrage, conditions de vagues en pied d'ouvrage dépendantes des morphologies de fond environnantes). D'autre part, il n'existe pas, dans la littérature scientifique ou technique, de valeurs seuil de débits franchissants (à ne pas dépasser) dans le cas d'un bassin de baignade ou de méthodologie formellement établie permettant de le déterminer. Une approche a été mise en œuvre par les bureaux d'étude Actimar et BW-CGC afin de déterminer une valeur de débit franchissant sécuritaire pour le bassin de Grande Anse.

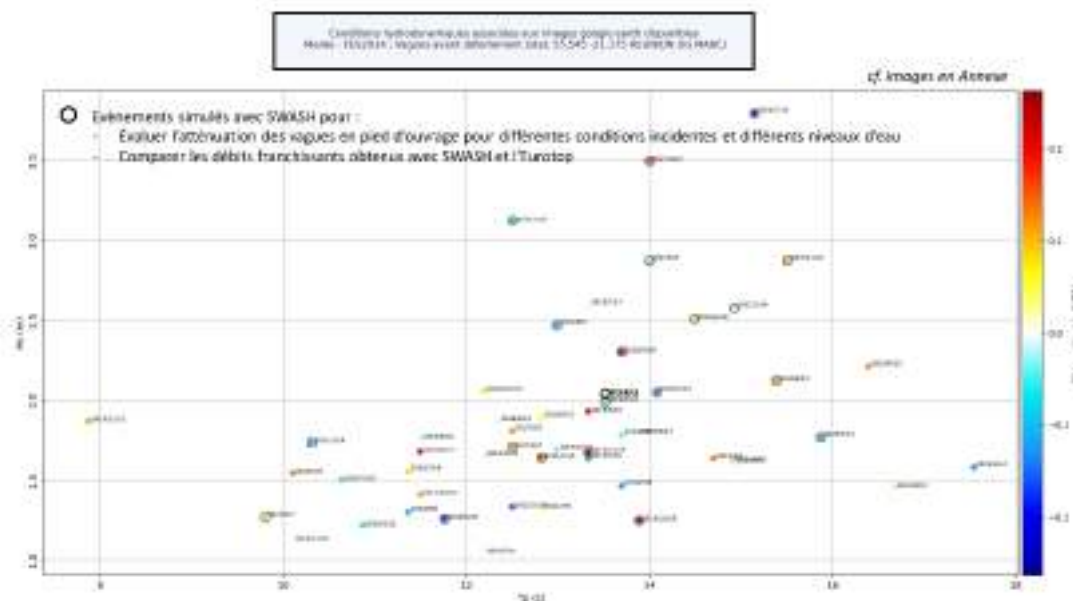
La méthodologie mise en œuvre repose sur l'étude des conditions de débits franchissants pour la configuration existante du bassin, à partir de l'analyse croisée d'images Google Earth, de simulations numériques réalisées avec le modèle à résolution de phase SWASH (cf. section 1.4.6.1.1.1), et des formules empiriques disponibles dans le guide Eurotop (cf. section 1.4.6.1.1.2).

Cette méthodologie se décline en plusieurs étapes :

- Tout d'abord, les conditions d'agitation et les niveaux d'eau associés à 45 images Google Earth prises entre le 10/07/2015 et le 15/09/2021 (présentées en Annexe 8 de la pièce E) ont été déterminés en évaluant l'heure de chaque prise de vue à partir de l'orientation des ombres à terre. Les caractéristiques de Hs/Tp/Niveau d'eau pour chaque prise de vue sont présentées sur la Figure 32.
- Des simulations 1DH SWASH ont été réalisées pour 22 dates (entourées sur la Figure 32) afin de :
 - ▷ Calculer les débits franchissants associées à des conditions hydrodynamiques variées ;
 - ▷ Evaluer l'atténuation des vagues entre le large et l'ouvrage, c'est-à-dire une relation permettant de calculer le Hs en pied d'ouvrage (donnée d'entrée pour les formules de l'Eurotop) à partir du Hs au large. Une telle relation permet en effet de calculer un débit

franchissant à partir de l'Eurotop pour n'importe quelle combinaison de Hs au large et de niveau d'eau.

- Les résultats SWASH ont été confrontés à ceux obtenus à partir d'une formule empirique de l'Eurotop. Les calculs réalisés à partir de l'Eurotop incluent :
 - ▷ Des estimations de débits franchissants à partir des conditions en pied d'ouvrage directement issues de SWASH (Qeurotop*)
 - ▷ Des estimations de débits franchissants à partir de la relation sur le facteur d'atténuation des vagues issues de SWASH (Qeurotop**)
- A partir de la combinaison des observations Google Earth, et des relations entre le débit franchissant, le niveau d'eau et la hauteur significative des vagues en pied d'ouvrage issues des simulations SWASH et de l'Eurotop :
 - ▷ Définition d'un débit franchissant sécuritaire pour la baignade. Ce seuil critique sera notamment utilisé afin d'ajuster au mieux la cote d'arase de l'ouvrage projeté.
 - ▷ Reconstitution de séries temporelles de débits franchissants (« rejeu ») sur la période 2017/2021, notamment pour l'évaluation des taux de renouvellement des eaux du bassin.



modélisation est donc particulièrement adapté à l'étude des franchissements par paquets de mer. Elle requiert néanmoins une discrétisation détaillée en temps et en espace (e.g. nombre de nœuds de calcul suffisant par longueur d'onde).

Pour notre cas d'étude, une modélisation 1DH a été mise en place le long du profil illustré sur la Figure 33. La résolution horizontale du modèle est de 0.5 m et une seule couche est considérée sur la verticale. La bathymétrie prise en compte dans le modèle combine les données Litto3D (décembre 2016) et un levé fourni par la SPL Maraina et datant de juin 2018 sur la zone du bassin (cf. Figure 34). La durée de l'ensemble des simulations réalisées est d'une heure. Dans le modèle, l'ouvrage présente une cote d'arase à +1 m NGR, et est caractérisé par une rugosité de Nikuradse de 0.92 m (i.e. Dn50 mentionné dans l'AVP), contre 0.0005 m sur le reste du profil. On peut souligner que l'ouvrage est nécessairement non poreux (pas de buses, pas d'infiltration) pour pouvoir quantifier le débit franchissant avec le modèle SWASH.

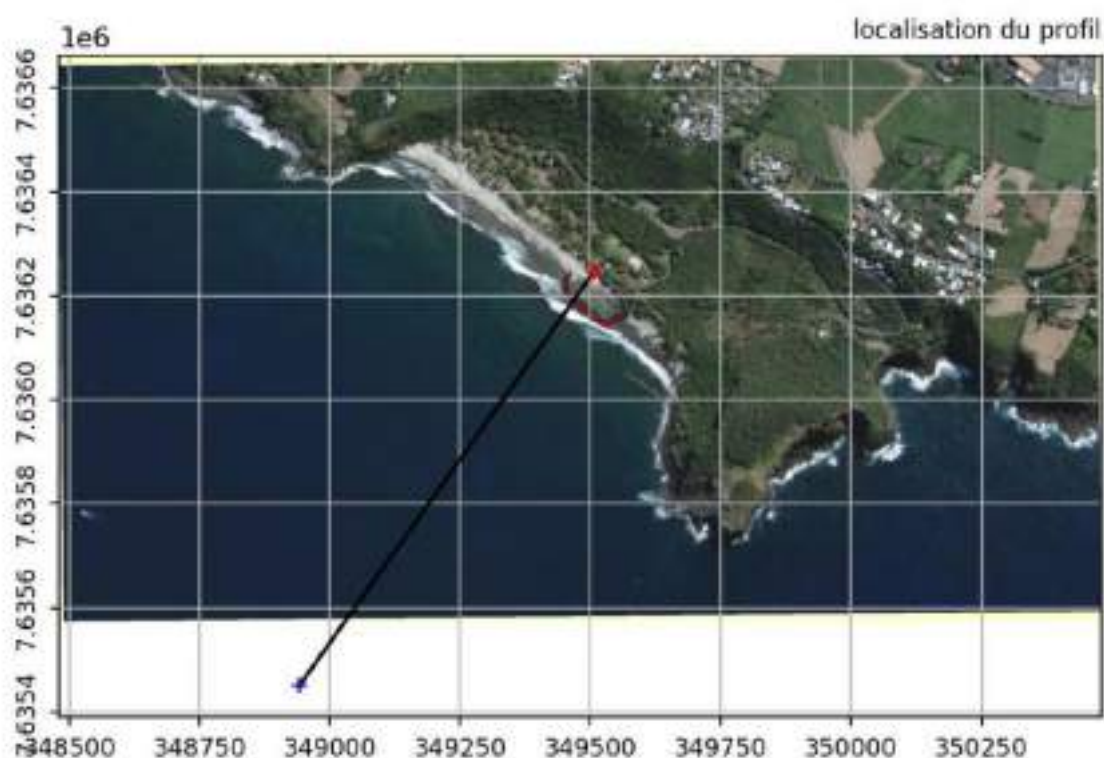


Figure 33 : Localisation du profil de modélisation SWASH 1D pour la configuration existante du bassin.

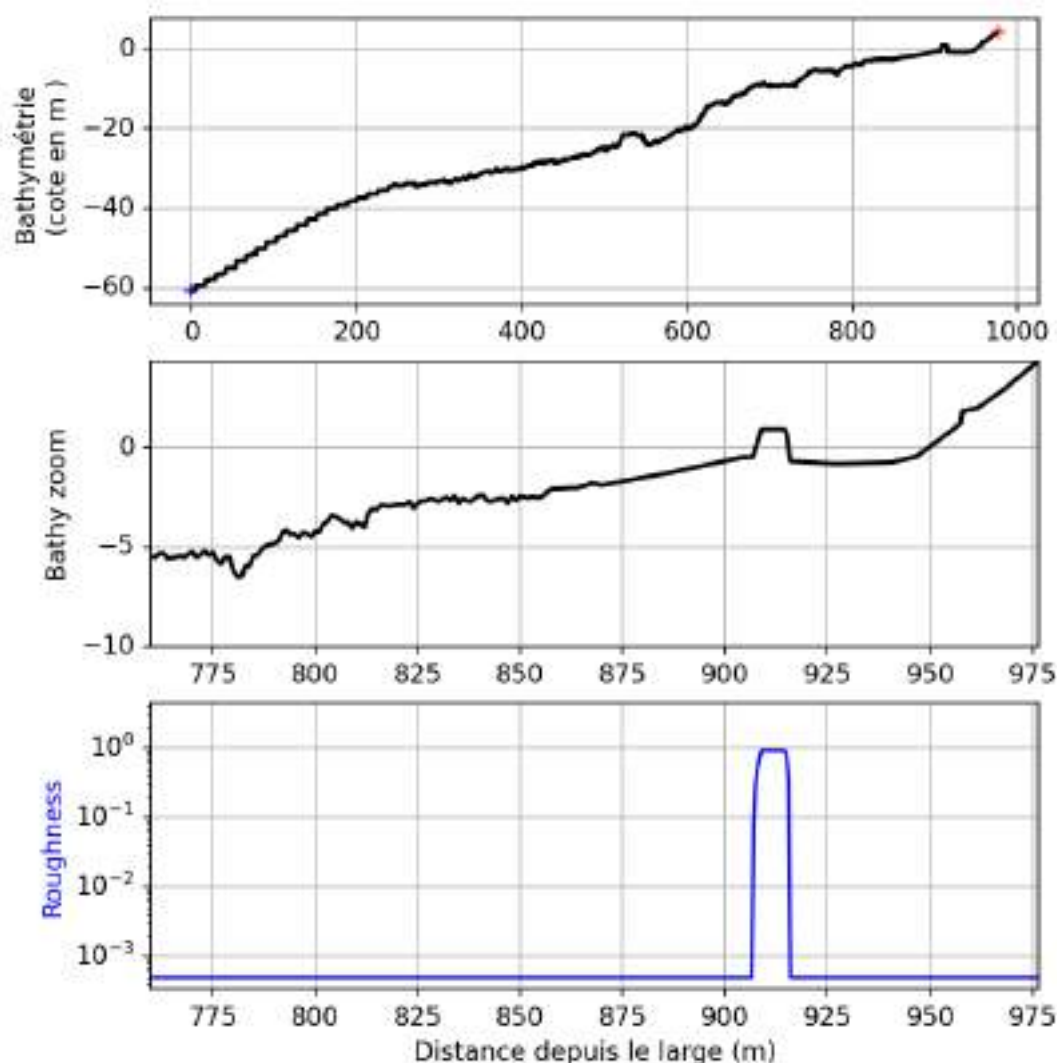


Figure 34 : Modèle 1DH SWASH mis en place sur la configuration existante du bassin, avec sa bathymétrie (en m NGR), et la rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de l'enrochement sur les franchissements par paquets de mer.

Les simulations SWASH permettent de calculer les débits franchissants instantanés et cumulés, ainsi que la vitesse des lames d'eau, au niveau de l'arase de l'ouvrage pour chaque simulation. La Figure 35 présente un résultat typique de modélisation SWASH pour les conditions du 15/08/2019 ($H_s=2.14$ m ; $T_p=15.4$ s ; Niveau = +0.11 m NGR), avec une représentation des débits franchissants au cours du temps ainsi qu'une comparaison des surfaces libres au début et à la fin de la simulation, montrant notamment l'augmentation du niveau d'eau dans le bassin (résultant des franchissements) après une heure de simulation. Pour cette simulation, le débit franchissant moyen, Q_{moy} , est de 3.9 l/m/s, et les vitesses moyenne/maximale des lames d'eau sont de 0.05 m/s et 1.8 m/s, respectivement.

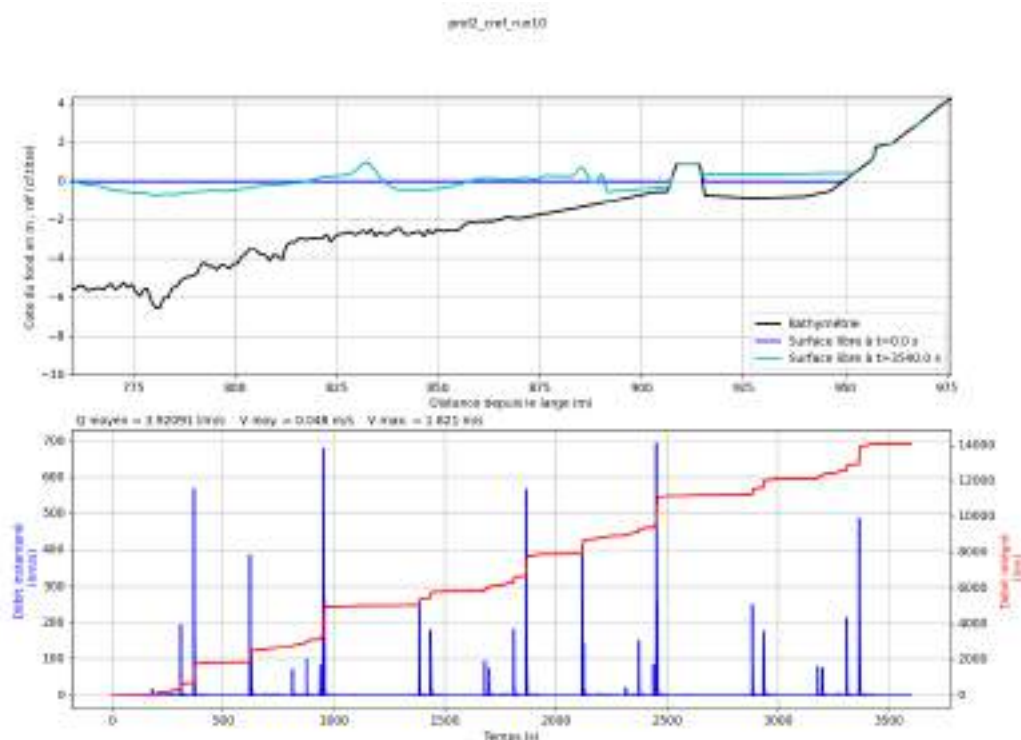


Figure 35 : Exemple de résultats du modèle SWASH obtenus pour la configuration existante du bassin, avec un H_s de 2.14 m, une période T_p de 15.4 s et un niveau d'eau de +0.11 m NGR, correspondant aux conditions du 15/08/2019. La figure du haut permet de visualiser la surface libre au début et à la fin de la simulation d'une heure, et ainsi le remplissage du bassin induit par les franchissements par paquets de mer. La figure du bas présente les séries temporelles des débits instantanés et cumulés au niveau de l'arase, orientés en direction du bassin. Le débit franchissant moyen et les vitesses moyenne et maximale des lames d'eau franchissantes sont indiqués dans le titre.

1.4.6.1.1.2 Méthode de calcul des débits franchissants à partir d'une formule empirique de l'Eurotop

Les débits franchissants ont également été calculés à partir de la formule empirique suivante extraite de l'Eurotop (Equation 6.5 dans le manuel Eurotop de 2018), adaptée pour les pentes simples en enrochement comprises entre 2H/1V et 4H/3V :

$$\frac{q}{\sqrt{g \times H_{m0}^3}} = 0,09 \times \exp \left[- \left(1,5 \frac{R_c}{H_{m0} \times \gamma_f \times \gamma_\beta} \right)^{1,3} \right]$$

Avec :

- q le débit franchissant (en m^3/s par mètre linéaire) ;
- g est l'intensité de la pesanteur ($9.81 m.s^{-2}$) ;
- H_{m0} est la hauteur significative de la houle en pied d'ouvrage (en m) ;

- R_c est la revanche de l'enrochement (en m) qui correspond à la différence entre la cote d'arase de l'ouvrage et le niveau moyen de la mer au repos (donc sans prise en compte des vagues) ;
- γ_f un facteur de rugosité spécifique à l'Eurotop, fixé ici à 0.4 (valeur recommandée pour un talus en enrochement perméable ; cf. Tableau 6.2 du guide Eurotop) ;
- γ_β un facteur relatif à l'angle d'incidence de la houle, fixé à 1 pour une incidence perpendiculaire à l'ouvrage.

Cette formule empirique (Equation 6.5) permet de calculer un débit ou un volume franchissant à partir des conditions hydrodynamiques incidentes (en l'occurrence le H_s en pied d'ouvrage) et de la revanche de l'ouvrage (i.e. de l'écart vertical entre la cote d'arase et le niveau d'eau), pour une configuration présentant un talus simple en enrochement et un noyau perméable.

1.4.6.1.2 Estimation du facteur d'atténuation des hauteurs de vagues entre le large et le pied d'ouvrage

Les résultats des simulations SWASH pour les 22 dates sélectionnées ont tout d'abord été utilisés afin d'étudier le facteur d'atténuation des hauteurs de vagues entre le large ($H_{m0,off}$) et le pied d'ouvrage ($H_{m0,toe}$), pour les différentes conditions hydrodynamiques testées, c'est-à-dire différentes combinaisons de $H_{m0,off}$ et de niveau d'eau (η). Le facteur d'atténuation ($fac_{Hm0} = H_{m0,toe} / H_{m0,off}$) pour les différentes simulations est représenté en fonction du niveau d'eau et de la hauteur des vagues au large sur la Figure 36. Le méthode retenue pour le calcul du fac_{Hm0} est la suivante : le facteur d'atténuation associé à n'importe quelle combinaison ($H_{m0,off}$, η) est calculé en réalisant une moyenne pondérée des facteurs associés aux 3 couples ($H_{m0,off}$, η) les plus proches simulés avec SWASH.

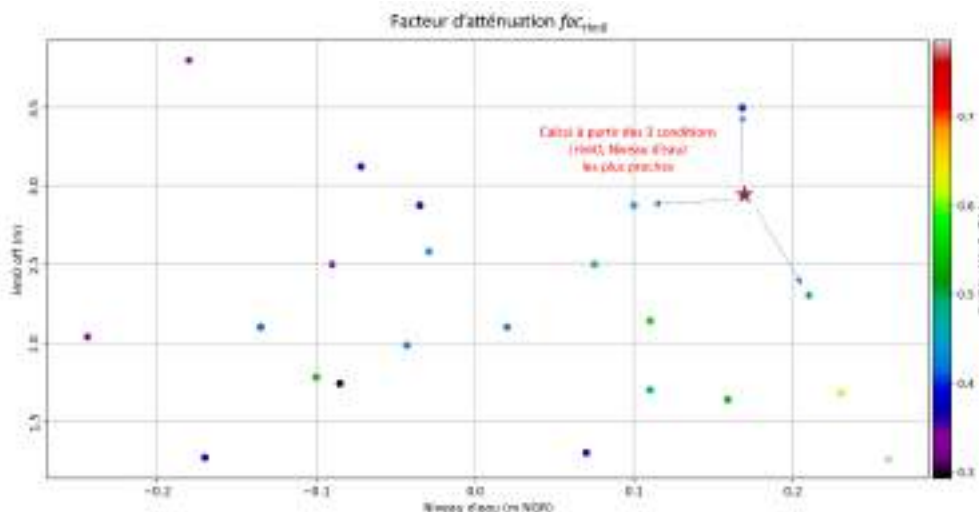


Figure 36 : Facteurs d'atténuation des hauteurs de vagues entre le large ($H_{m0,off}$) et le pied d'ouvrage ($H_{m0,toe}$) obtenus pour les différentes conditions hydrodynamiques (i.e. combinaisons ($H_{m0,off}$, Niveau d'eau)) simulées avec le modèle SWASH.

1.4.6.1.3 Analyse croisée des observations Google Earth, des résultats SWASH et des prédictions de l'Eurotop

1.4.6.1.3.1 Comparaison des débits franchissants de SWASH et de l'Eurotop

Les débits franchissants déterminés à partir du modèle SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop sont comparés pour les 22 dates correspondant aux images Google Earth. Pour l'Eurotop, on distingue deux calculs pour chaque date :

- Une estimation des débits franchissants à partir des conditions en pied d'ouvrage directement déduites des simulations SWASH (Qeurotop *)
- Une estimation des débits franchissants à partir de la hauteur significative des vagues en pied d'ouvrage déduite de la relation d'atténuation des vagues incidentes depuis le large (Q eurotop ** ; cf. section 1.4.6.1.2)

La Figure 37 représente une comparaison des débits franchissants calculés à partir de SWASH et de l'Eurotop au cours du temps, en les mettant en regard avec les conditions de vagues et de niveaux d'eau prises en compte. Les débits franchissants sont également comparés dans une représentation classique exprimée en fonction de la revanche relative R_c/H_{m0} (Figure 38). La très bonne cohérence entre les résultats déduits du modèle SWASH et de l'Eurotop met en évidence la fiabilité et la pertinence des deux approches pour les besoins de l'étude (inter-validation en l'absence de mesures sur site). En particulier, la formule Eurotop semble adaptée pour réaliser un rejeu de débit franchissant sur une plus longue période.

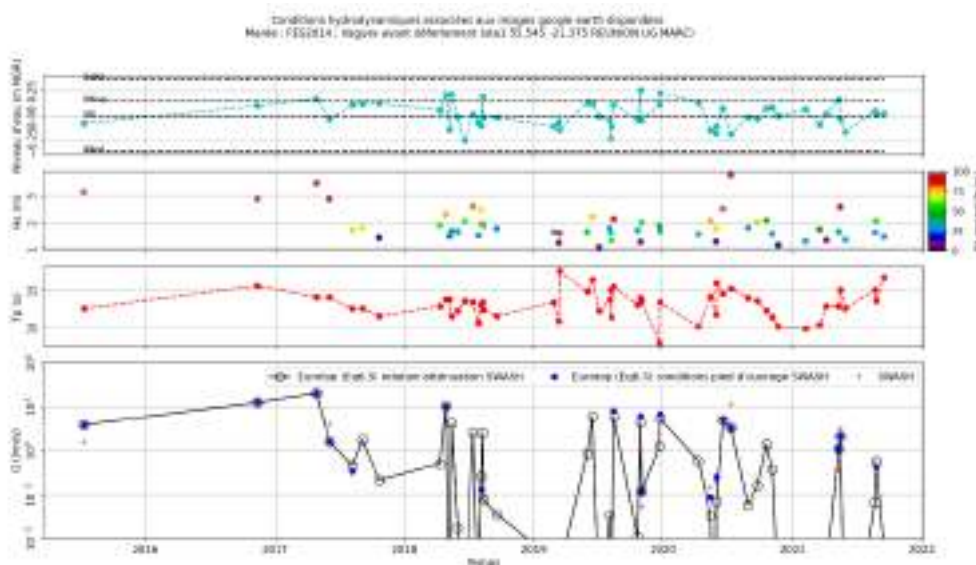


Figure 37 : Comparaison des débits franchissants (Q en l/m/s) estimés à partir de la modélisation SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop pour les différentes images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021. Les conditions hydrodynamiques (Hs, Tp, Niveau d'eau) associées sont également représentées.

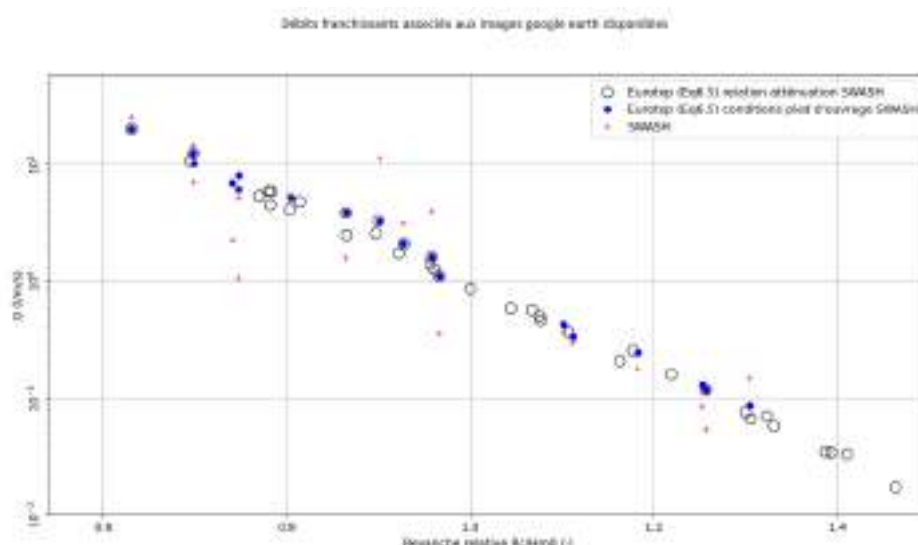


Figure 38 : Comparaison des débits franchissants (Q en l/m/s) estimés à partir de la modélisation SWASH et de la formule empirique de l'Eurotop pour les différentes images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021. Les débits franchissants sont ici représentés en fonction de la revanche relative $Rc/Hm0$ (représentation classique).

1.4.6.1.3.2 Mise en relation des débits franchissants et des conditions de baignade

Les 45 images Google Earth sélectionnées entre 2015 et 2021 (cf. Annexe 8 pièce E) ont été classées par ordre décroissant de débit franchissant (Tableau 15). L'association des valeurs de débits déduites des modélisations SWASH ou de l'outil Eurotop avec ces images Google Earth fournit une indication intéressante sur le niveau d'agitation observé dans le bassin pour des conditions de franchissement variées. Pour la situation du 27/04/2017, les débits franchissants compris entre 20 et 25 l/m/s semblent par exemple associés à un niveau d'agitation trop important dans le bassin afin de garantir la sécurité de la baignade.

Tableau 15 : Extrait des comparaisons des débits franchissants obtenus avec le modèle SWASH et avec l'outil Eurotop (classés par ordre décroissant d'intensité) associés aux différentes images Google Earth, et caractérisation des conditions de baignade en fonction du niveau d'agitation observé dans le bassin et des valeurs de débit calculées.

Date	Niveau (m NGR)	Hs (m)	Tp (s)	Q eurotop ** (l/m/s)	Q eurotop* (l/m/s)	Q swash (l/m/s)	Conditions de baignade
2017-4-27	0.168	3.5	14.0	20.06142	20.054	25.216	Danger
2016-11-12	0.1	2.875	15.5	12.56736	12.581	14.4	Agité
2018-4-28	0.212	2.306	13.699	10.65722	10.218	7.021	X
2019-6-15	0.126	2.21	16.393	5.92691			X
2019-8-15	0.112	2.124	15.385	5.90561	8.012	5.12	Ok +
2019-12-24	0.23	1.67	13.333	5.36439	6.880	2.25	Ok +
2020-6-18	0.075	2.508	14.493	4.80315	5.210	5.425	X
2019-10-29	0.263	1.248	13.889	4.51912	6.0966	1.07	Ok +
2018-5-14	0.212	1.678	11.494	4.15138			Ok -
2015-7-10	-0.072	3.125	12.5	3.85565	3.8594	1.586	Ok -
2020-7-10	-0.179	3.798	15.152	3.29038	3.254	11.33	Agité
2018-7-14	0.017	2.598	13.333	2.56085			Ok ++
2018-8-10	0.194	1.928	13.333	2.50235			Ok ++
2021-5-14	-0.029	2.58	14.925	2.1001	2.1087	3.101	Ok -
2017-9-3	0.118	1.808	12.5	1.7458			Ok +
2017-6-3	-0.035	2.875	14.0	1.62571	1.6194	3.967	Ok +
2020-10-19	0.076	2.062	12.195	1.39302			Ok +
2019-12-21	0.11	1.87	7.874	1.26219			Ok ++

L'analyse croisée des observations Google Earth et des calculs de débits franchissants a permis de mettre en évidence :

- Un débit franchissant critique pour la baignade de l'ordre de 10 l/m/s
- Une vitesse franchissante associée ne dépassant pas 2.25 m/s (Figure 39)

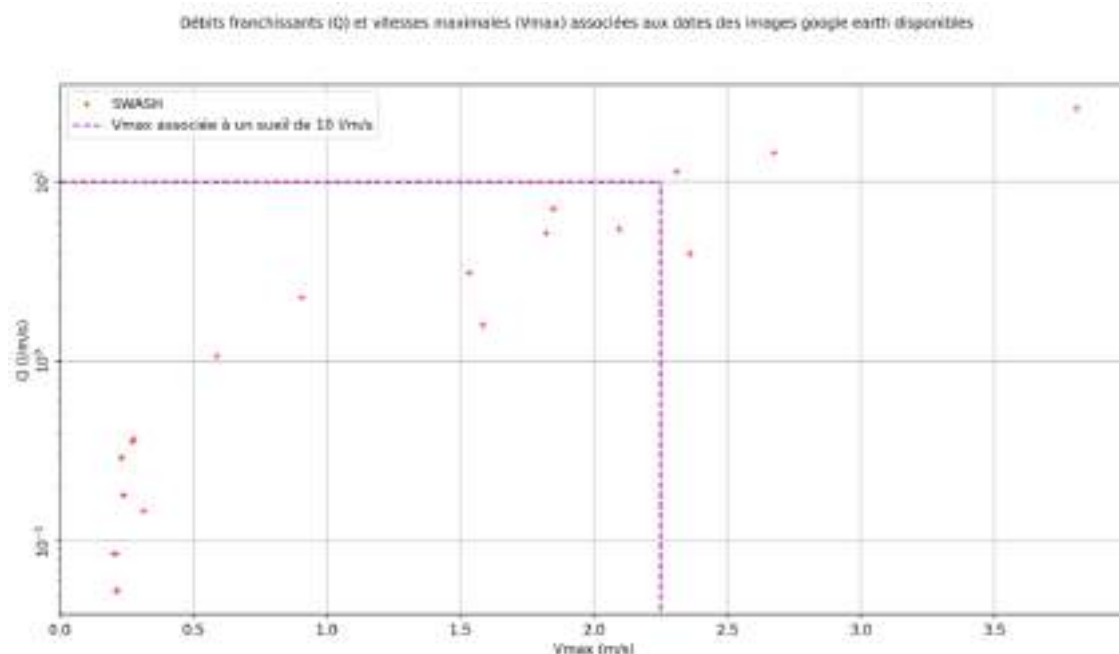


Figure 39 : Débits franchissants et vitesses maximales des lames d'eau au niveau de l'arase pour les 22 dates simulées avec le modèle SWASH.

On peut souligner que l'appréciation des conditions de baignade, sur les images Google Earth, tient compte uniquement des conditions de franchissement et de l'hydrodynamisme induit dans le bassin. La contribution des processus de réflexion sur le muret (de bas de plage côté Ouest du bassin) à dégrader les conditions de baignade dans le bassin n'est pas prise en compte car difficilement appréciable en vue de dessus. De plus l'appréciation est « moyenne » à l'échelle du bassin et ne tient pas compte de secteurs critiques à proximité de certaines portions de l'ouvrage qui se sont affaïssées. Il faudra évaluer, à franchissement équivalent (en moyenne le long de l'ouvrage), dans quelle mesure les conditions de baignade de l'état aménagé seront sécurisées en limitant au maximum les processus de réflexion (puisque le muret sera supprimé) et en l'absence de singularités (en l'occurrence des points bas) le long de la section exposée de l'ouvrage (des points bas sur les retours à la côte de la protection en enrochement, qui peuvent constituer des aménagements efficaces pour le renouvellement des eaux, étant moins problématiques pour la sécurité de la baignade).

1.4.6.1.3.3 Analyse des conditions de dépassement du débit franchissant critique

Un jeu de débit franchissant a été réalisé sur la période 2017-2021 (données d'entrée : marée → atlas FES2014 ; vagues → sorties du modèle MARC IFREMER) à partir de la formule de l'Eurotop (Figure 40), afin d'analyser les conditions de dépassement du seuil de débit franchissant critique pour la sécurité de la baignade. Ainsi, en considérant un seuil sécuritaire de 10 l/m/s pour les débits franchissants, les conditions de baignade sont estimées comme étant acceptables **97%**

du temps. En d'autres termes, les débits franchissants ne dépassent la valeur critique de 10 l/m/s que 3% du temps, soit environ 11 jours/an.

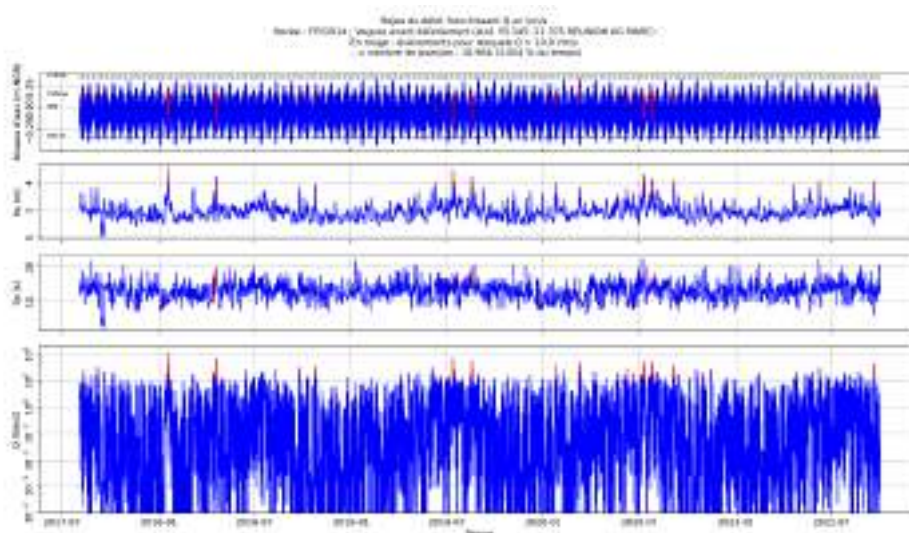


Figure 40 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (H_s et T_p extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées. Les périodes représentées en rouge sont associées à des débits franchissants supérieurs au seuil sécuritaire de 10 l/m/s.

La Figure 41 représente les combinaisons de hauteurs significatives au large et de niveaux d'eau aboutissant à un débit franchissant supérieur à 10 l/m/s. Par exemple, le débit franchissant sera supérieur à la valeur critique de 10 l/m/s pour :

- Un niveau d'eau PMsup (i.e. +0.146 m NGR) et pour une hauteur de vague incidente supérieure à 2.6 m (percentile 90 des H_s).
- Un niveau d'eau PHMA (i.e. +0.366 m NGR) et pour une hauteur de vague incidente supérieure à 1.78 m (percentile 50 des H_s).

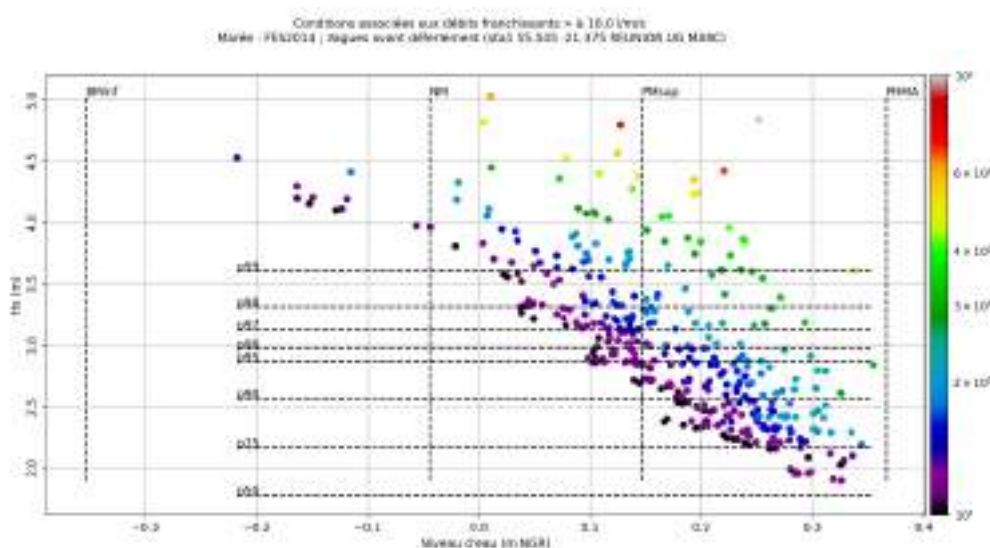


Figure 41 : Débits franchissants supérieurs au seuil sécuritaire de 10 l/m/s (Q en l/m/s), calculés à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021, représentés dans un diagramme (H_s ,

Niveau d'eau). Les traits pointillés verticaux et horizontaux donnent des indications sur les niveaux d'eau de référence et les percentiles de vagues (Hs) associés, respectivement.

1.4.6.2 Analyse des conditions de débits franchissants pour la configuration projetée retenue

Les conditions de débits franchissants ont été simulées avec le modèle SWASH et estimées avec la formule de l'Eurotop pour différentes conditions hydrodynamiques (total de 13 simulations), à savoir :

- 4 niveaux d'eau :
 - BMinf (-0.354 m NGR)
 - NM (-0.044 m NGR)
 - PMsup (+0.146 m NGR)
 - PHMA (+0.366 m NGR)
- 4 conditions de vagues incidentes correspondant à différents percentiles de hauteurs significatives de vagues et à leurs périodes de pic représentatives (percentiles P ; sorties MARC IFREMER)
 - P10 (Hs=1.23 m ; Tp=12.03 s) -> pour les 4 niveaux
 - P50 (Hs=1.78 m ; Tp=12.78 s) -> pour les 4 niveaux
 - P90 (Hs=2.57 m ; Tp=13.27 s) -> pour les 4 niveaux
 - P99 (Hs=3.61 m ; Tp=14.72 s) -> NM uniquement

Pour l'analyse de franchissements par paquets de mer, le modèle SWASH (avec la même paramétrisation que celle décrite dans la section) a été appliqué à une coupe type représentative de l'ouvrage projeté telle que représentée sur la Figure 42 (coupe P06).

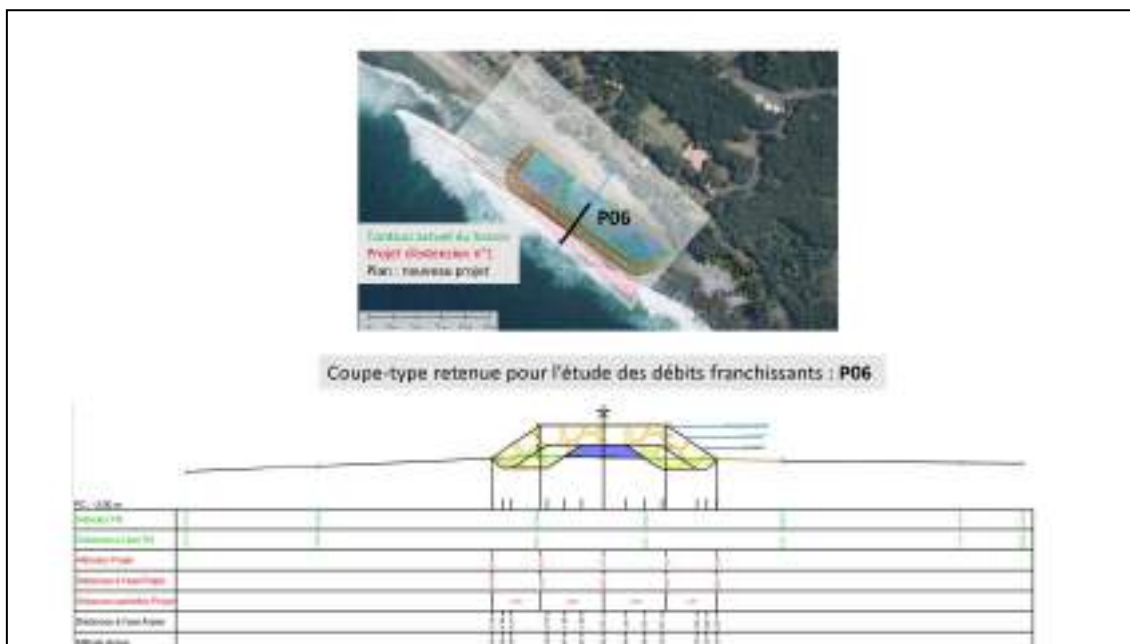


Figure 42 : Projet d'extension retenu pour bassin de baignade et coupe-type sélectionnée (P06) pour la mise en place du modèle 1DH SWASDH.

La localisation et la bathymétrie du modèle 1DH SWASH mis en place sont représentées sur la Figure 43.

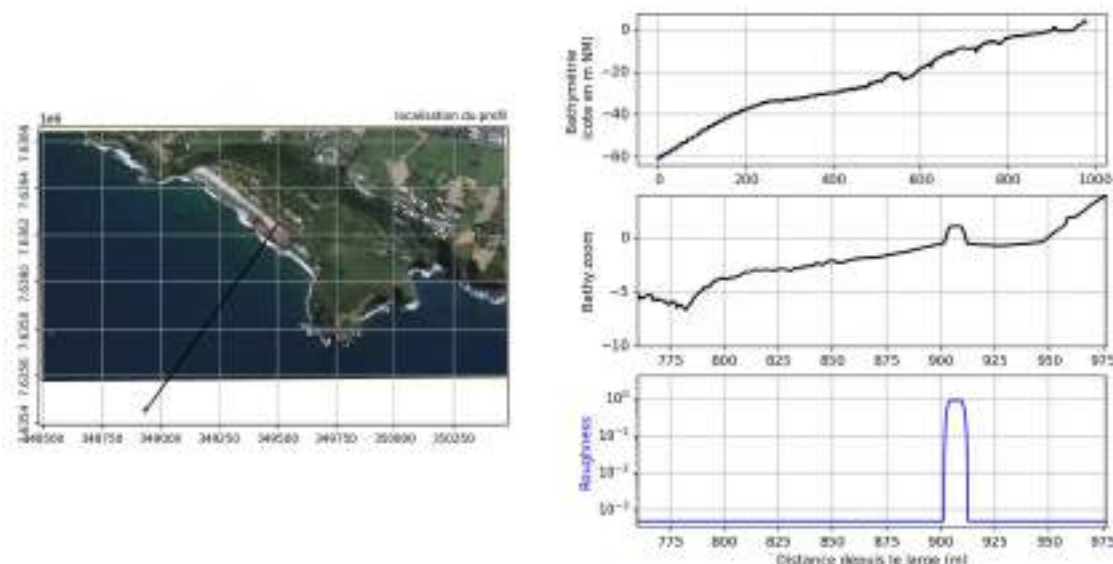


Figure 43 : Modèle 1DH SWASH mis en place pour le projet d'extension retenu pour le bassin de Grande-Anse, avec une configuration d'ouvrage caractérisée par une arase de 6 m de large à la cote +1.1 m NGR : localisation du profil, bathymétrie (en m par rapport au niveau moyen, i.e. -0.044 m NGR), et rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de l'enrochement sur les franchissements par paquets de mer.

Les résultats de débits franchissants simulés avec le modèle SWASH au niveau de l'arase de l'ouvrage pour les différentes conditions hydrodynamiques sont synthétisés sur la Figure 44. Les débits franchissants sont représentés en fonction de la revanche relative (R_c/H_{m0}), des niveaux d'eau et des hauteurs de vagues incidentes, ou encore de la vitesse des lames d'eau franchissantes. De la même manière que pour les précédentes analyses, les résultats du modèle mettent logiquement en évidence une augmentation non linéaire du débit franchissant à mesure que la revanche diminue et que la hauteur des vagues incidentes augmente.

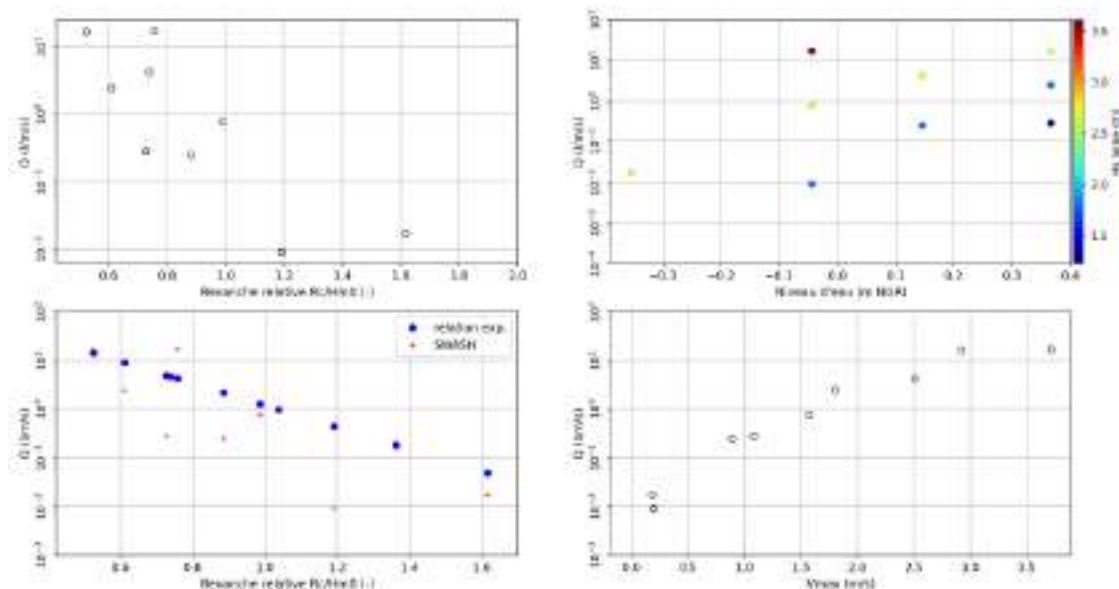


Figure 44 : Synthèse des débits franchissants obtenus avec le modèle 1DH SWASH pour la configuration projetée retenue, représentés en fonction de la revanche relative $Rc/Hm0$, du niveau d'eau et des hauteurs de vagues incidentes, ou de la vitesse maximale des lames d'eau franchissantes au niveau de l'arase (graphes du haut et en bas à droite). En bas à gauche : superposition des débits franchissants SWASH et de la relation exponentielle ajustée à partir de ces derniers en fonction de la revanche relative.

En considérant les niveaux d'eau issus de l'atlas de marée FES2014 et les sorties du modèle de vagues MARC IFREMER, un rejeu de débits franchissants a été réalisé sur la période 2017-2021 à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH (Figure 45). Un zoom sur une période d'environ 10 jours (i.e. environ un cycle ME-VE) caractérisée par des conditions moyennes de vagues (H_s proches du percentile 50) est présenté sur la Figure 46. Les volumes franchissants à l'échelle de l'ouvrage intégrés sur chaque cycle de marée successif sont notamment représentés et mis en regard avec le nouveau volume du bassin.

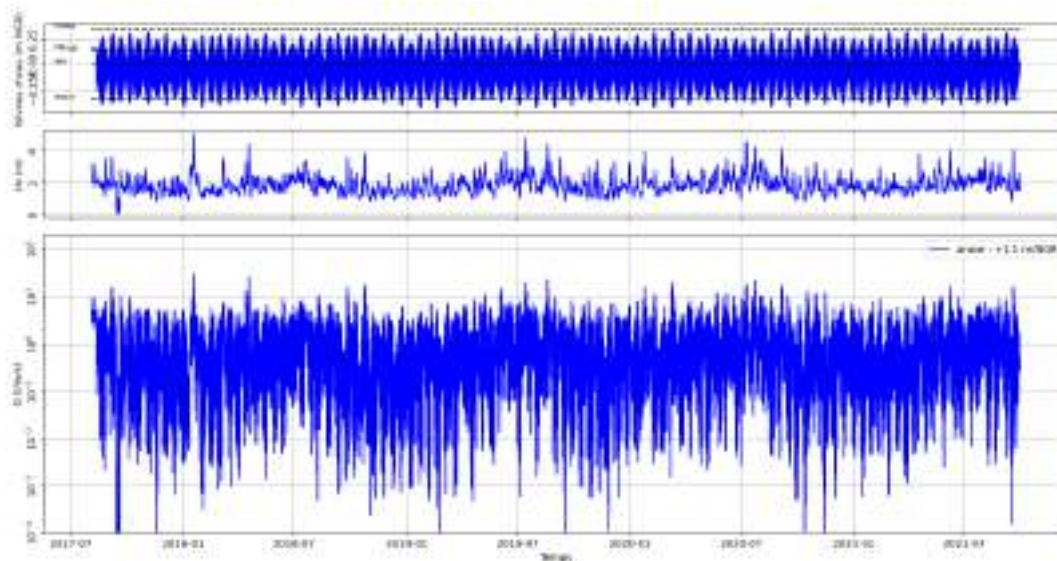


Figure 45 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH sur la période 2017-2021 pour la configuration projetée retenue. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (H_s extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées.

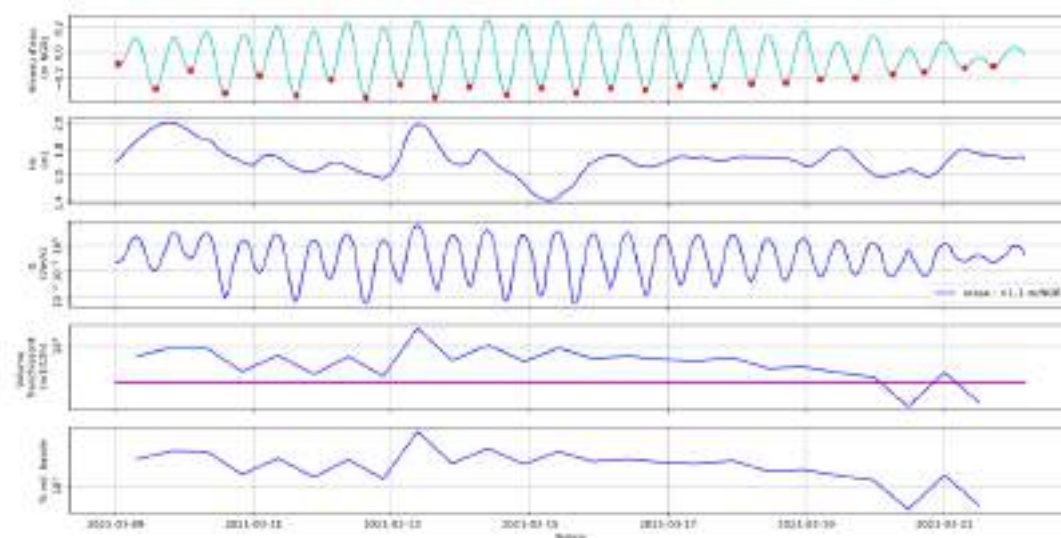


Figure 46 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s), réalisé à partir de la relation exponentielle déduite des simulations SWASH, présenté sur une période caractérisée par des hauteurs de vagues moyennes (H_s proches du percentile 50), pour la configuration projetée retenue. Sur les 2 graphes du bas, les volumes franchissants sont intégrés entre 2 basses mers successives sur l'ensemble du linéaire de l'ouvrage directement exposé à la houle (en $m^3/12h$), et ces volumes sont mis en regard avec le volume du bassin (trait violet). Note : % vol. bassin = (volume franchissant / volume bassin) $\times 100$.

Les résultats de débits franchissants obtenus montrent que pour l'arase de l'ouvrage projeté à +1.1 m NGR :

- La sécurité de la baignade, avec un respect du seuil de 10 l/m/s, est assurée plus de 97% du temps.
- En comparant le volume franchissant moyen (en m^3/m linéaire d'ouvrage) intervenant pour des conditions de vagues médianes sur l'ensemble d'un cycle morte-eau/vive-eau, ce volume est de **37 $m^3/m/12h$** . On peut souligner que ce volume franchissant moyen par cycle de marée reste supérieur au volume du bassin lui-même (21.35 m^3/m en considérant une profondeur d'eau moyenne de 0.61 m), ce qui indique une contribution très satisfaisante des franchissements par paquets de mer au renouvellement des eaux.

1.4.6.3 Estimation des temps de renouvellement des eaux du bassin

1.4.6.3.1 Méthodologie de l'approche

Une approche standard afin d'estimer le temps de renouvellement des eaux en marée seule est décrite par Sanford (1992) telle que :

$$T_{\text{chasse}(80\%)} = T_{\text{marée}} \times [\text{vol}_{\text{bassin}} / \text{vol}_{\text{tidal}} (1 - \text{taux}_{\text{retour}})]$$

Avec :

- $T_{\text{chasse}(80\%)}$ (temps de chasse ou *flushing time*) le temps nécessaire pour renouveler 80% du volume du bassin ;
- $\text{vol}_{\text{bassin}}$ le volume du bassin (en m^3) ;
- $T_{\text{marée}}$ la période de la marée (12h pour la composante principale semi-diurne M2) ;

- vol_{tidal} le prisme tidal (en m^3) ;
- $taux_{retour}$ le pourcentage d'eau sortant (e.g. au cours d'un cycle de marée) rentrant à nouveau dans le bassin par la suite (e.g. au cycle de marée suivant).

Dans le cas où le renouvellement des eaux se fait à la fois par la marée et par les franchissements par paquets de mer, le volume franchissant cumulé sur la période de marée, $vol_{franchissant}$, est ajouté à la formule de calcul :

$$T_{chasse} = T_{marée} \times [vol_{bassin} / (vol_{tidal} + vol_{franchissant}) (1 - taux_{retour})]$$

1.4.6.3.2 Estimation du temps de renouvellement par franchissement

Le rapport $vol_{bassin} / vol_{tidal}$ se ramène en première approche à un rapport entre la profondeur moyenne du bassin et le marnage. Pour le bassin projeté à Grande-Anse, les données topobathymétriques disponibles indiquent une profondeur moyenne de 0.6 m. Il faut de plus tenir compte d'un approfondissement de l'ordre de 1 m pour constituer le « bassin de nage » (moitié la moins profonde à -1.4 m NGR et moitié la plus profonde à -1.8 m NGR), dont la surface occupera environ 15% de l'ensemble du bassin, ce qui porte la profondeur moyenne du bassin à 0,75m ($0,6m \times 85\% + 1,6m \times 15\%$).

Les rapports $vol_{bassin} / (vol_{tidal} + vol_{franchissant})$ ont ainsi été calculés les différents marnages Δh (morteau, marée moyenne, et vive-eau) (cf. Tableau 16).

Tableau 16 : Volumes franchissants V_{fr} (en m^3/m), Volume tidal (V_{tidal}) et *in fine* des rapports $V_{bassin} / (V_{tidal} + V_{fr})$ du projet d'extension du bassin.

Marée	V_{fr2} [m^3/m]	V_{tidal} [m^3/m]	V_{bassin} [m^3/m]	$\frac{V_{bassin}}{(V_{tidal} + V_{fr2})}$
Morte-eau ($\Delta h = 0.15$ m)	10.5	5.25	21.35	1.36
Moyenne ($\Delta h = 0.45$ m)	30	15.75		0.47
Vive-eau ($\Delta h = 0.7$ m)	58	24.5		0.26

Le taux de retour a également été évalué. Il correspond au pourcentage du volume d'eau sortant du bassin (au cours du laps de temps auquel on se réfère pour caractériser le renouvellement, e.g. un cycle de marée), qui rentre à nouveau dans le bassin par la suite (e.g. cellule de circulation), et qui par conséquent ne contribue pas au renouvellement du point de vue de la qualité de l'eau.

Concernant les taux de retour, a priori la zone de projet est décorrélée des circulations générales littorales, et des courants induits par des vagues à la côte très énergétiques.

La dynamique est énergétique sur le site de Grande-Anse. **On s'attend donc à des taux de retour significativement plus faibles, ce qui va diminuer significativement les temps de retour des eaux du bassin de Grande-Anse, estimés en première approche.**

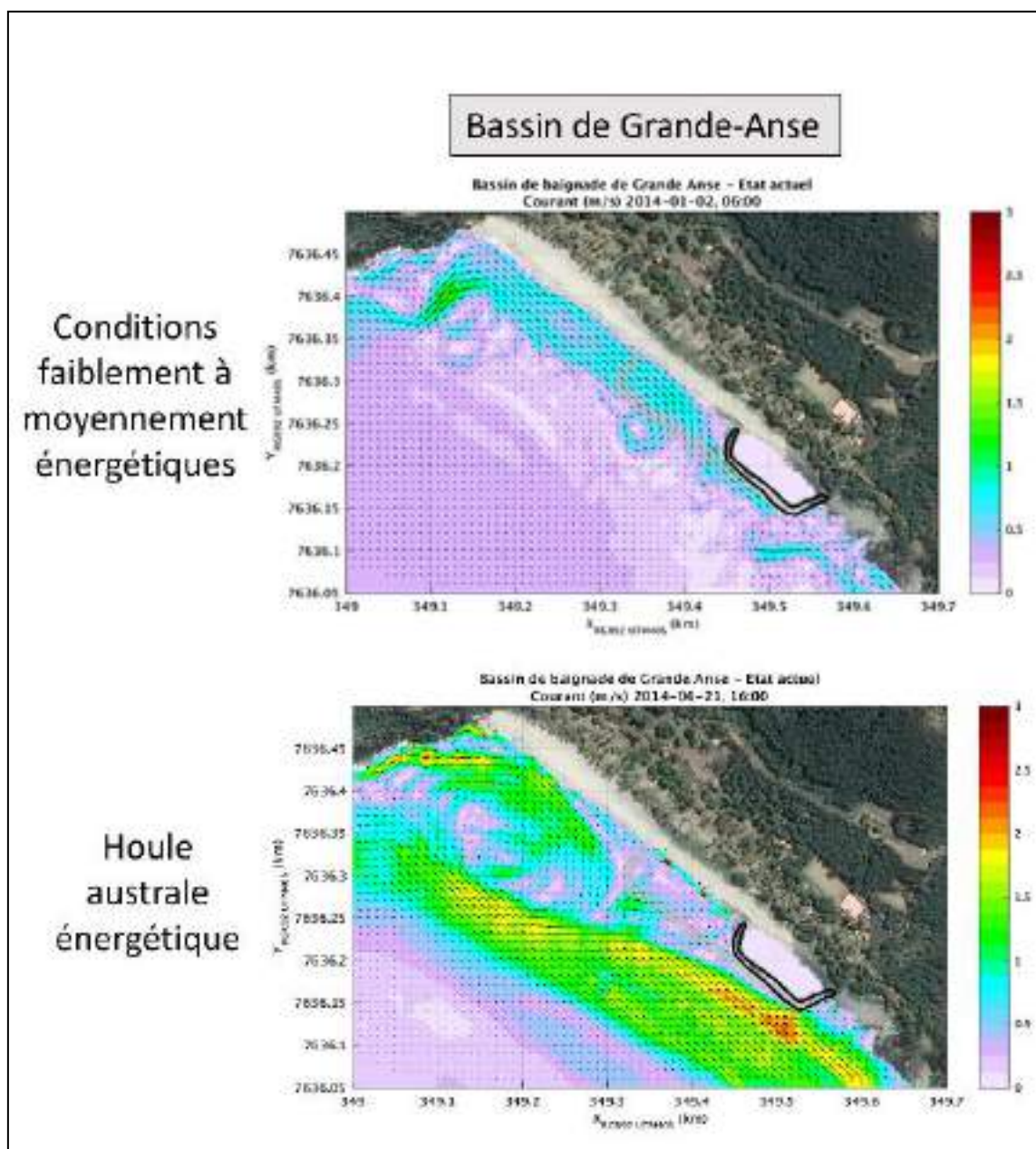


Figure 47 : Conditions des circulation littorales (courants en m/s) sur le site du bassin de Grande-Anse pour différentes conditions de vagues incidentes.

Pour la configuration projetée, on obtient donc les taux de renouvellement suivants.

Tableau 17 : Temps nécessaires au renouvellement de 50%, 80%, et 98% des eaux du bassin projeté.

Taux de renouvellement des eaux	Temps (T2)
50%	6.8 h
80%	12.9 h
98%	24.3 h

Dans le cas du bassin de Grande Anse, ces estimations en première approche à partir des résultats de simulation 1 DH SWASH peuvent être qualifiées de conservatives pour plusieurs raisons

- Les taux de retour sont a priori très faibles, du fait des circulations extérieures induites par les vagues, notamment en condition faiblement à moyennement énergétique circulation le long de l'ouvrage en direction du Nord-Ouest et qui partent vers le large en extrémité de plage (Figure 47),
- La mise en place d'une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest à l'intérieur du bassin, forcée par des vagues relativement énergétiques sur le retour à la côte de l'enrochement côté Sud Est ;
- La contribution des ondes infra gravitaires à la mise en place de circulations entre l'intérieur et l'extérieur du bassin (notamment les déphasages qui peuvent être effectifs à l'échelle de l'ouvrage, qui se traduit par un gradient de surface libre).

1.4.7 Modalités particulières d'exécution

1.4.7.1 Méthodologie générale

Deux solutions de réalisation des travaux semblent possibles : la réalisation par voie terrestre et la réalisation par voie maritime. La réalisation par voie terrestre sera privilégiée pour les raisons suivantes :

- ▷ La solution est moins couteuse ;
- ▷ La solution est plus facile à mettre en place et sera plus efficiente compte tenu de l'exposition à la houle du site ;
- ▷ La zone étant totalement hors agglomération, les engins de chantier et camions de transport mis en œuvre ne seront pas susceptibles d'impacter le trafic routier ;
- ▷ La zone limitrophe au bassin offre l'emprise nécessaire aux manœuvres des engins et à la mise en place des cheminements adaptés.

Les travaux seront réalisés exclusivement par voie terrestre, tandis qu'une zone englobant l'ensemble des éléments à créer/rénover/modifier sera exclusivement dédiée aux travaux et donc inaccessible au public.

Le phasage global des travaux maritimes devra respecter l'ordre suivant :

Ordre d'avancement	Tâche	Moyens utilisés
1	Installations de chantier, délimitation des zones de stockage, signalisation de chantier, etc.	x
2	Mise en place du cheminement pour engins sur la zone des travaux	Tombereaux, Pelle mécanique
3a	Réalisation de la protection en enrochements du bassin et travaux liés	Tombereaux, Pelle mécanique au niveau de la zone de stockage et Pelle mécanique sur l'enrochement et BRH
3b	Réalisation de l'exutoire de la canalisation du talweg	Tombereaux, Pelle mécanique avec BRH
4	Réalisation de la canalisation du talweg	Tombereaux, Matériel et engins de forage dirigé
5	Démolition du mur de soutènement sur l'estran	Tombereaux, Matériel et engins de démolition
6	Déroctage des berges et d'une partie du bassin	Tombereaux, Pelle mécanique avec BRH
7	Finitions, nettoyage et remise en état de la zone	x

1.4.7.2 Carrières et approvisionnement des blocs

L'approvisionnement en blocs naturels pour le projet devra être réalisé par une carrière située le plus proche possible de la zone de travaux afin d'éviter les surcoûts de transport. L'Entreprise pourra solliciter une carrière à son appréciation et après validation de la Maitrise d'œuvre.

1.4.7.3 Installations de chantier et zones de stockage

Les installations de chantier devront être mises en place à proximité de la zone d'exécution des travaux. Voici les emplacements qui pourront potentiellement être utilisés à cet effet sur le site.



Figure 48 – Zones potentiellement disponibles à proximité du site des travaux

La réalisation des travaux nécessitera l'accès et la circulation d'engins sur la plage. Un accès par la plage de galets à l'extrémité sud-est de la plage sera privilégié pour limiter l'impact sur le haut de plage.

Un cheminement sera aussi mis en place dans la zone directe des travaux afin de permettre aux engins de se rendre sur le lieu des interventions à réaliser. Ce cheminement devra permettre le passage d'engins de gros gabarit tels que des pelles mécaniques ou des semi-remorques. Il sera réalisé en réutilisant au maximum les cheminements piétons en basalte déjà existants qui seront préalablement déposés. En tout point de la piste, le sol sera protégé par un géotextile couplé à une bande de roulement cloutée. Afin de la rendre carrossable par les gros engins, des matériaux d'apport seront ajoutés en partie supérieure.

1.4.7.4 Cheminements sur site

L'approvisionnement en matériaux et matériel sera réalisé par la route. Les camions ou autres engins d'approvisionnement emprunteront la route Nationale RN2 rue Augustin Mezino avant de bifurquer sur la route Départementale D30 puis d'emprunter la route de Grande Anse.

Une partie du site de Grande Anse étant fermé pour les travaux, la circulation sera peu dense dans la zone. L'Entreprise mettra en place l'ensemble des dispositions nécessaires à la bonne circulation des camions d'approvisionnement sur la dernière partie du trajet, et notamment, la signalisation temporaire adéquate. Les aménagements de voie nécessaires pour assurer la

sécurité des usagers et maintenir le niveau de circulation normal seront à la charge et aux frais de l'Entreprise.

L'approvisionnement en enrochement ne pourra intervenir avant la fin de la mise en place de la signalisation et la réalisation des travaux d'aménagements éventuels des voies.

L'évacuation hors du chantier des matériaux extraits de l'enrochement et non réutilisés se fera par voie routière, en suivant le cheminement présenté ci-contre.

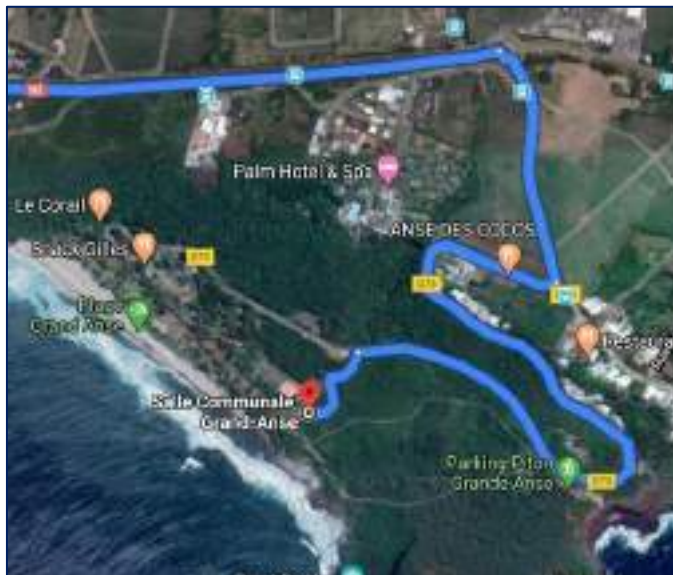


Figure 49 – Cheminement d'accès à la zone des travaux

Un cheminement sera aussi mis en place dans la zone directe des travaux afin de permettre aux engins de se rendre sur le lieu des interventions à réaliser. Ce cheminement devra permettre le passage d'engin de gros gabarit tels que des pelles mécaniques ou des semi-remorques. Il sera réalisé en réutilisant au maximum les cheminements piétons en basalte déjà existants qui seront préalablement déposés. En tout point de la piste, le sol sera protégé par un géotextile couplé à une bande de roulement cloutée. Afin de la rendre carrossable par les gros engins, des matériaux d'apport seront ajoutés en partie supérieure.



Figure 50 – Pistes d'accès aux zones d'intervention

1.4.7.5 Réalisation de la protection en enrochement

Pour la réalisation des travaux de réfection de la protection en enrochement du bassin, les travaux par voie terrestre seront privilégiés. Les travaux concernent l'acheminement des blocs jusqu'à la zone de stockage définie par l'Entreprise, la mise en place des blocs et tous les sujétions relatives à la création de la protection en enrochement, ainsi que l'évacuation des anciens blocs non réutilisés. Les blocs seront mis en place selon une technique de pose contrôlée visant à placer les blocs individuellement.

1.4.7.5.1 Phasage et moyens envisagés

Afin de mener à bien les travaux de réfection de l'enrochement, le phasage suivant est envisagé. Ce dernier reste à titre informatif pour l'Entreprise qui devra proposer son propre phasage de réalisation des travaux avant validation par la Maîtrise d'œuvre.

Etant donné la présence de zones écologiques à caractère sensible, les pistes d'accès à l'enrochement pourront difficilement prendre la forme de remblais provisoires implantés dans l'emprise même du bassin existant.

Afin de minimiser l'impact des travaux sur les fonds marins et pour optimiser l'accès des engins à l'enrochement, sans les exposer à la houle, la solution la plus appropriée semble être de créer un cheminement sur l'enrochement existante avec une progression des engins à l'avancement.

Les travaux pourront débuter depuis l'un des deux extrémités de l'enrochement, cependant vue la présence d'une zone de coraux sensible côté Sud-Est de l'enrochement, il est conseillé de commencer du côté Nord-Ouest.

Les travaux de réfection de l'enrochement seront décomposés en deux phases : la première et la seconde passe.

Pour la première passe, une pelle mécanique cheminera sur l'enrochement depuis l'extrémité Nord-Ouest jusqu'à l'autre extrémité de l'enrochement. La piste créée sur l'enrochement devra être compatible avec l'engin utilisé ainsi qu'avec le passage de camions permettant l'évacuation et l'amenée des blocs. La pelle réalisera les travaux suivants, à l'avancement :

- ▷ L'enlèvement des blocs existants considérés non réutilisables,

- ▶ La création d'une piste de roulement constituée à partir de matériaux de sous-couche, plaques de roulement et blocs mis en protection côté extérieur,
- ▶ Le déroctage de la butée de pied (côté intérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement.
- ▶ Si nécessaire, il sera procédé à un décalage de la piste de roulement vers l'intérieur afin de pouvoir procéder à la phase suivante,
- ▶ Le déroctage de la butée de pied (côté extérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement,
- ▶ La réalisation de l'exutoire de la canalisation du talweg ;
- ▶ Arrivé à la fin du linéaire (première phase), la piste de roulement sera retirée et suivra la mise en place de la carapace en faisant le chemin retour.

Au vu des enjeux et contrainte environnementale du site, un déroctage à la dent (Ripper) sur pelle (40T) des butées de pied (côté intérieur et extérieur) si les fonds rocheux (Bedrock) sont suffisamment fracturés. (Un complément au BRH s'ajoutera au besoin afin d'atteindre la profondeur prédéfinie.)

Une reprise des matériaux suivra, à l'aide d'une pelle (30T) équipée d'un godet Fleco (godet ajouré) afin d'éviter la levée de l'eau ainsi la mise en place des enrochements se fera avec une pelle équipée d'un grappin.

La pelle traitera ainsi un petit linéaire d'enrochement proportionnellement à la capacité de l'engin (longueur du bras), avant de progresser sur la piste mise en place pour traiter une nouvelle section.

La protection du lit de sous-couche côté mer devra être assurée au fur et à mesure de l'avancement des travaux, en permanence par l'entreprise pour limiter la perte des blocs au maximum.

N.B : On rappelle que la zone Sud-Est est une zone d'enrochement située à proximité des coraux sensibles. Aucuns travaux majeurs ne seront effectués dans cette zone. Les engins resteront à distance de la zone sensible. Le remodelage sera effectué par la pelle en utilisant la portée maximale de son bras mécanique.

Aucun chemin pour relier la côte n'est autorisé sur cette partie de l'enrochement, le remaniement des blocs se fera à l'aide d'une grue depuis la côte.

Nota : Des plans présentant le phasage des travaux sont présentés en pièce B du dossier



Figure 51 – Exemple de réalisation d'un enrochement à l'avancement

Pour la mise en place de la piste, une bande de roulement provisoire sera cloutée sur l'enrochement. Il sera choisi un dispositif homogène rendant le cheminement carrossable aux engins type tombereaux et pelle, sans nécessité de matériaux d'apport. Ainsi, aucun matériau fin ne sera soumis aux entrées maritimes et susceptible de se répandre dans le bassin. L'impact sur les coraux sera donc minimisé. La piste créée devra s'étendre sur la majeure partie de la largeur de la berme provisoire, soit 4.00m au minimum. La création d'une telle piste engendre un risque de pollution par la perte d'huiles ou d'hydrocarbures des engins. Pour pallier ce risque, les mesures nécessaires seront adoptées par l'Entreprise. Un kit anti-pollution sera présent sur site et dans chaque engin. En cas de pollution lourde avérée, des boudins absorbants de grande longueur devront être à disposition sur chantier.



Figure 52 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport

Une fois arrivée à l'extrémité Sud-Est de l'enrochement, la pelle entamera alors la seconde passe, soit le chemin retour vers l'extrémité Nord-Ouest de l'enrochement. Durant cette passe, la deuxième et dernière partie de la carapace sera réalisée à l'avancement. De plus, des blocs seront placés irrégulièrement à l'intérieur du bassin au cours de cette seconde passe, conformément aux plans, afin de créer des circonvolutions.

Les rendements suivants pourront être envisagés :

- ▷ Travail sur 5 jours par semaine à 1 poste ;
- ▷ 300 T par jour pour la pose des enrochements (butée, sous-couche, carapace).
- ▷ 10 à 15m / jour pour le déroctage de la butée de pied

L'Entreprise utilisera une pelle mécanique dimensionnée pour les travaux à réaliser dont la longueur de bras permettra d'assurer un phasage optimal. Cette dernière sera disposée sur le cheminement créé sur l'enrochement afin de réaliser les travaux à l'avancement.

Une autre pelle sera disposée à la zone de stockage des blocs afin de charger les engins de transport. Le transport des blocs entre la zone de stockage et la pelle sera assuré par des engins adaptés type tombereaux.

1.4.7.5.2 Ordonnancement des travaux

1.4.7.5.2.1 Travaux préparatoires

Des travaux préparatoires sont à réaliser afin de mener à bien la réalisation de la protection en enrochements. Hormis les travaux d'installations de chantier, communs à l'ensemble des ouvrages, les travaux préparatoires concernent les éléments suivants :

- ▷ Implantation et piquetage nécessaire ;
- ▷ Finalisation du cheminement pour engins jusqu'à la base de l'enrochement (extrémité Nord-Ouest), préparation de la surface de roulement ;
- ▷ Acheminement des premiers blocs nécessaires à la protection en enrochement ;
- ▷ Acheminement des tombereaux et de la pelle nécessaires à la réalisation de la protection en enrochement ;
- ▷ Préparation de la zone de stockage et mise à disposition d'une pelle pour le chargement des tombereaux.

L'Entreprise devra prendre les mesures nécessaires pour contrôler les conditions météorologiques et maritimes avant chaque jour d'intervention. Une hauteur de houle ne devant pas être dépassée sous peine d'arrêt du chantier devra être fixée. L'Entreprise pourra interpréter les données des bouées situées au large afin de prendre la décision. La gestion de ces aléas climatiques s'effectuera d'après le retour d'expérience de l'Entreprise titulaire, familière des travaux maritimes.

1.4.7.5.2.2 Réutilisation ou évacuation des blocs existants

Les travaux consistent à recréer un profil d'enrochement adéquat conformément aux plans. Les blocs existants sont, pour la plupart, endommagés et de calibre inférieur à celui souhaité pour la réfection de l'enrochement.

Les enrochements existants jugés trop altérés ou inadéquats seront évacués de la zone de l'enrochement vers un site de dépôt provisoire pour tri en fonction de leur blocométrie. Les enrochements en bon état pourront être directement réutilisés dans des zones vides (sous-couche de la protection), ou en pied d'ouvrage.

Les enrochements existants jugés aptes à rester en place devront être réglés soigneusement pour permettre la mise en œuvre de la carapace en bicouche, conformément aux plans.

1.4.7.5.2.3 Mise en place des nouveaux enrochements

Les nouveaux enrochements seront acheminés de la carrière au site via transport routier. Ils seront stockés sur site dans la zone prévue à cet effet. La navette entre la zone de stockage et la zone des travaux sera assurée par des tombereaux.

Sur l'enrochement, une pelle mécanique circulera via le cheminement mis en place, et réalisera la pose des blocs, un à un, avec un réglage soigné, conformément aux plans fournis.

La mise en œuvre des enrochements supérieurs à 2 tonnes se fera à l'aide de pelles hydrauliques munies de grappins. Au pire des cas, la hauteur de chute des enrochements sera limitée à 30.0cm. Les prescriptions suivantes devront être respectées :

- ▷ Les blocs d'enrochement seront disposés de manière qu'il subsiste le minimum de vide ;

- ▷ Les nids de petits blocs sont prohibés ;
- ▷ Un amalgame de petits, moyens et gros blocs doit être assuré de façon à présenter un revêtement homogène bien imbriqué.

Les tolérances admissibles pour la pose seront les suivantes :

- ▷ Les profils réalisés ne devront pas s'écarter de $\pm 0.10\text{m}$ du gabarit du profil théorique correspondant ;
- ▷ L'épaisseur de la protection ne devra en aucun point être inférieure à 90% de l'épaisseur théorique ;
- ▷ Les épaisseurs des couches d'enrochement devront être comprises entre 90 et 110% de l'épaisseur théorique ;
- ▷ Les côtes altimétriques z relevées après réalisation devront respecter $\pm 0.10\text{m}$ du z théorique projet.

1.4.7.5.2.4 Volume des matériaux

Au vu de la nature des travaux de réfection / création de l'enrochement à réaliser :

- ▷ Dépose, tri, réutilisation / évacuation des blocs existants,
- ▷ Création d'une butée de pied (côté intérieur et extérieur),
- ▷ Fourniture et pose d'enrochements pour la butée de pied,
- ▷ Fourniture et pose d'enrochements pour la sous-couche,
- ▷ Fourniture et pose des enrochements pour la carapace,

Un volume conséquent d'enrochement sera nécessaire pour la réalisation des travaux sur tout le linéaire conformément aux plans.

Le volume total « sur plan » est indiqué sur le tableau ci-dessous :

Volume total sur plan (logiciel) en m ³	
Tri / évacuation des matériaux	1833
Sous-couche 100 – 200 Kg	44,4
Sous-couche 200 – 300 Kg	349,1
Carapace 1 – 2T	328,5
Carapace 2 – 3T	2740,55

1.4.7.5.2.5 Mise en place des circonvolutions

Afin de rompre l'apparence rectiligne de la protection en enrochement, des blocs de dimensions similaires à ceux utilisés pour la carapace seront mis en place de manière non uniforme à l'intérieur du bassin. L'implantation de ces blocs visant à créer des circonvolutions sera conforme aux plans réalisés par le paysagiste et disponibles en annexe (pièce E). Les blocs seront placés, un à un, par la pelle située sur le cheminement de l'enrochement, durant la seconde phase de réalisation, ainsi que par un autre engin depuis la plage.

1.4.7.5.2.6 Réalisation de l'exutoire du talweg

Lors de l'exécution de la première passe des travaux de la protection en enrochement à l'avancement, la pelle située sur l'enrochement réalisera l'exutoire de la canalisation du talweg. La côte à atteindre sera de minimum -1.80m puisque la canalisation se situera à approximativement -1.50m du platier rocheux. L'exutoire sera matérialisé par une fosse créée

conformément aux plans joints, et remplie de matériaux drainants, résistants à la houle. Ces matériaux ne seront pas mis en place directement dans la fosse, le temps de terminer la mise en place de la canalisation du talweg.

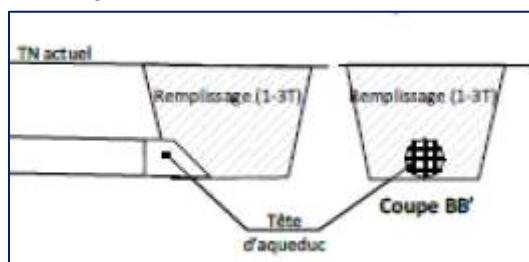


Figure 53 – Principe de l'exutoire de la canalisation

1.4.7.5.3 Dispositions à prendre en cas d'intempérie

1.4.7.5.3.1 Généralités en cas de forte houle

Les effets des vagues, des courants, et des variations de niveau d'eau seront limités en procédant le plus rapidement possible à la protection des matériaux. L'Entrepreneur devra constituer, sous sa responsabilité, des stocks de sécurité qui pourront être utilisés le plus rapidement possible pour protéger notamment les ouvrages en cours de réalisation.

L'Entrepreneur prendra les dispositions nécessaires pour connaître à chaque instant les prévisions météorologiques, et en particulier les avis de vent, houle, forte pluviométrie ou crues. Aucune indemnité ne pourra être accordée à l'Entrepreneur pour perte totale ou partielle de son matériel. Les réparations des dégâts causés par les tempêtes seront aux frais de l'Entrepreneur dans le cas où celui-ci n'aurait pas pris les dispositions requises.

Les travaux seront réalisés hors période de houle australe et, si possible, hors de la période à forte probabilité cyclonique, afin de minimiser l'impact éventuel sur le phasage. Ceci implique un strict respect des délais de travaux étant donné que la période idéale s'étire sur seulement 3 à 4 mois (Novembre à Février).

1.4.7.5.3.2 Prolongation des délais

Le délai d'exécution pourra être prolongé dans les cas prévus à l'article 19.2 du C.C.A.G.-Travaux. En vue de l'application éventuelle de l'article 19.2.3 du C.C.A.G.-Travaux, le nombre de journées d'intempéries réputées prévisibles, pour la durée totale du marché, est fixée comme suit : 2j/mois.

1.4.7.5.3.3 Notion d'intempéries

En vue de l'application éventuelle du 3ème alinéa de l'article 19.2.3 du C.C.A.G.-Travaux, le délai d'exécution des travaux sera prolongé au-delà du nombre de jours d'intempéries prévisibles d'un nombre de jours égal à celui pendant lequel un ou plusieurs phénomènes naturels mentionnés ci-dessous dépassera son intensité limite et entraînera un arrêt de travail sur le chantier.

La notion d'intempéries sera définie à partir de seuils au-delà desquels le phénomène naturel est considéré comme intempérie. Le décompte de ces intempéries sera établi en journées ouvrées. Les moyens mis en place dès l'origine des travaux devront être déterminés pour respecter les délais compte-tenu des intempéries prévisibles, que le programme d'exécution devra faire apparaître à l'intérieur du planning global.

Les seuils définissant la journée d'intempérie sont définis dans le tableau ci-après :

Nature du phénomène	Intensité limite	Durée	Lieu de constatation des intensités
Pluie (applicable uniquement pour les opérations terrestres)	50 mm	Cumulé sur 24 heures	Station Météorologique de ST. PIERRE/FONDS
Vent (applicable pour les opérations terrestres et marines)	70 km/h de vitesse de vent moyen	Pendant 6 heures	Station Météorologique de ST. PIERRE/FONDS
Houle	Hs (H1/3) supérieur à 2,5 m	Pendant 6 heures	Bouée 97405 Saint-Pierre du réseau Candhis (*)
	Niveau d'eau supérieur à 0,45 mNGR ou dès que la piste de circulation commence à être submergée et/ou constatation d'un début de franchissement important sur l'enrochement provisoire (constat avec la MOE)		

(*) Pour la houle, il sera utilisé les informations du réseau CANDHIS géré par le CETMEF pour la bouée suivante : Saint-Pierre (055°29,660'N ; 021°21,170'S) par une profondeur de 27 m (distance à la côte de 0,30 miles nautiques).

Par dérogation à l'article 19.2.3 du CCAG-Travaux, les samedis et dimanches compris dans la période d'intempéries ne seront pas ajoutés pour le calcul de la prolongation du délai d'exécution, excepté si ces jours sont des jours réputés travaillés selon le Calendrier détaillé d'exécution. En vue de l'application éventuelle de l'article 19.2.3 précité, visant le cas des intempéries, les précisions suivantes sont apportées :

- ▶ Pour être pris en compte, les arrêts de travail consécutifs à des intempéries doivent être constatés et acceptés par le Maître d'Œuvre. A cette fin, la signature par lui des feuilles d'intempéries ou du cahier spécialement ouvert à cet usage sur le chantier, fait foi de son acceptation ;
- ▶ Pour permettre la constatation des journées d'intempéries pouvant donner lieu à la prolongation du délai d'exécution, le Titulaire devra transmettre au Maître d'œuvre les relevés météorologiques de la station météorologique ou de l'houlographe de référence des journées qui ont été prévues comme de celles qui n'ont pas été prévues au calendrier d'exécution ;
- ▶ La prolongation du délai d'exécution éventuellement accordée sera notifiée au Titulaire par ordre de service, sur présentation au Maître d'œuvre au plus tard avec le dernier décompte provisoire, d'un état récapitulatif accompagné de toutes les pièces justificatives nécessaires.

En cas de mauvaise organisation de la part du Titulaire pouvant conduire sous l'effet des intempéries à des arrêts de chantier normalement évitables, le Maître d'œuvre lui signifiera la mauvaise organisation des travaux. Ces arrêts de chantier ne seront pas pris en considération pour la prolongation du délai d'exécution. Si les arrêts de chantier ou le retard dans l'amenée du matériel ne sont pas évitables mais se trouvent allongés par la mauvaise organisation du Titulaire, la prolongation du délai d'exécution qui peut lui être accordée sera réduite pour tenir compte de sa responsabilité.

1.4.7.6 Aménagements du bassin de baignade

Le déroctage pour la fosse d'apprentissage sera réalisé depuis la plage. Une plateforme carrossable en matériaux d'apport permettra à la pelle hydraulique et aux engins nécessaires aux travaux de déroctage d'atteindre la zone.

Compte tenu des contraintes du milieu, elle sera réalisée en matériaux grossier non cohésif. Le diamètre minimum des matériaux devra être au minimum de 100 à 200mm. A la pose, un géotextile ultra résistant sera positionné sous les matériaux afin de faciliter leur retrait.

Les matériaux seront acheminés par tombereau depuis les cheminements préalablement mis en place. La taille et les dimensions de la plateforme devront s'adapter à l'avancement de l'excavation de la fosse. Une fois la fosse d'apprentissage terminée, la plateforme sera complètement démantelée, les matériaux d'apport seront alors évacués pour être retraités.

Compte tenu de la méthode de pose des enrochements, la plateforme ne sera pas directement exposée au déferlement des vagues.



Figure 54 – Déroctage pour fosse d'apprentissage

Les dimensions du bassin à créer respecteront les plans du marché. Les dimensions sont fixées à 45.00m de long par 15.00m de large pour une profondeur variée (-1.50m NGR et rampes de pente douce).

Un déroctage au brise roche hydraulique sera privilégié au regard des cadences de travail et de la précision de nivellement associées. Cependant, le choix de la méthodologie de déroctage finale reste à l'appréciation de l'Entreprise titulaire.

1.4.7.7 Travaux de canalisation du talweg

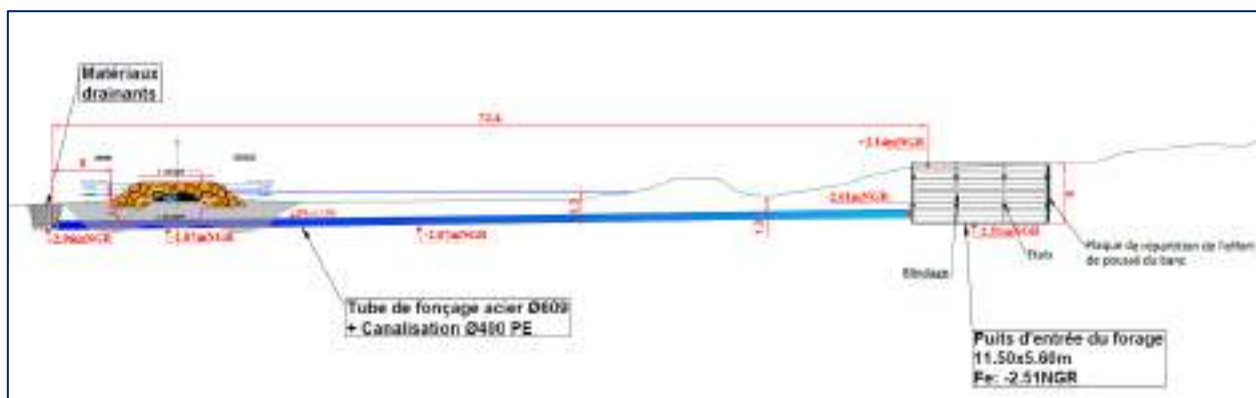
1.4.7.7.1 Consistance des travaux

Comme indiqué auparavant, il existe un talweg sur la zone des travaux dont l'embouchure donne directement dans l'emprise du bassin de baignade. Compte tenu des nuisances potentielles que pourrait engendrer cette embouchure, il a été décidé de canaliser l'écoulement de ce talweg sous le bassin afin de rejeter les eaux en pleine mer, au-delà de la protection en enrochement.



Figure 55 – Embouchure actuelle du talweg

Le talweg sera canalisé depuis l'embouchure actuelle, cheminera sous la plage, sous le bassin de baignade, sous la protection en enrochement, et se déversera en mer. Afin de limiter l'impact sur le milieu naturel aquatique et pour ne pas interférer avec les travaux de réalisation de la protection en enrochement, une solution de mise en place de la canalisation via forage dirigé sera privilégiée. Le forage devra respecter le profil de canalisation suivant :



Pour éviter tout risque de remontée de la canalisation lié à des phénomènes d'affouillement, la canalisation sera enfouie sous la plage à environ 3.00m et sous le platier rocheux à environ 1.50m.

La conduite à poser est de type DN400. Le terrain rocheux est favorable à la méthode de forage dirigé. La méthode de réalisation restera à l'appréciation de l'Entreprise titulaire et soumise à l'approbation de la Maîtrise d'œuvre. Les travaux comprendront aussi toutes les sujétions relatives à la connexion entre la canalisation et l'exutoire préalablement réalisé (1.4.7.5.2.6), ainsi qu'à la réalisation de l'ouvrage d'entonnement équipé d'une grille avaloir, en amont de la canalisation, conformément aux plans du marché.

1.4.7.7.2 Moyens envisagés

Pour effectuer le forage pilote, l'Entreprise utilisera un train de tiges de faible diamètre (40 à 60mm) ainsi qu'une foreuse et une tête de forage biseautée équipée d'une sonde fournissant la localisation et l'orientation du forage en permanence. L'Entreprise titulaire aura la responsabilité du choix de la machine à utiliser en fonction de la puissance de traction et du couple nécessaire.

Le choix de la machine sera également fonction de la longueur de forage à réaliser, de l'environnement du chantier et des caractéristiques du sol. L'Entreprise titulaire décidera de la nature et de la qualité du fluide utilisé, facteur essentiel pour la bonne réalisation d'un forage. Enfin, le choix de la foreuse sera effectué dans un souci d'optimisation, tandis que les principaux aléas pouvant affecter la réussite du forage seront identifiés en amont. Les matériaux extraits du forage seront évacués de la zone de forage via tombereaux puis de la zone de travaux pour traitement.

1.4.7.7.3 Phasage

Ces travaux seront réalisés une fois l'exutoire de la canalisation terminé, soit après la première passe des travaux relatifs à la protection en enrochement. La mise en place de la conduite sera réalisée en trois étapes :

- ▶ La réalisation du forage pilote à l'aide d'une machine de forage équipée de capteurs et guidée de l'extérieur ;
- ▶ Les alésages successifs du trou pilote jusqu'à atteindre le diamètre final (conduite DN500) ;
- ▶ L'assemblage des tuyaux de la conduite et le tirage du train de tuyaux sur l'ensemble du linéaire.

1.4.7.8 Démolition de l'ouvrage de soutènement

Le muret présent sur l'estran, sera démoli en totalité. Pour ce faire, une pelle sera acheminée sur la zone via le cheminement réalisé au préalable. Des tombereaux assureront la navette pour évacuer les déblais de la zone.



Figure 57 – Muret à démolir

Toutes les dispositions nécessaires seront prises pour assurer la sécurité des intervenants lors des travaux de démolition. Une fois ces travaux achevés, la fosse créée, le mur de soutènement démoli, la canalisation du talweg mise en place, et la protection en enrochement finalisée, l'Entreprise procédera à un remodelage de la plage. Le but sera d'assurer une pente faible et confortable menant au bassin.

1.4.8 Modalité de surveillance et maintenance des ouvrages

Une surveillance régulière doit permettre de garantir le bon état de l'ouvrage et le cas échéant, définir les travaux d'entretien à réaliser.

1.4.8.1 Entretien de l'enrochement

L'ouvrage ne constitue pas une digue au sens du Code de l'Environnement puisqu'il ne s'agit pas d'un ouvrage « construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions ».

Il est rappelé que la blocométrie retenue pour la protection en enrochement (entre 2 et 3 tonnes) permet de garantir une bonne tenue des ouvrages dans des conditions normales, et d'avoir des dommages acceptables en période cyclonique pour des événements jusqu'à une période de retour de 100 ans.

De plus, dans la conception de l'ouvrage il est prévu la réalisation de deux butées de pied qui doivent permettre de garantir un soutien contre le glissement de la carapace de l'ouvrage.

Aussi compte tenu de ces éléments de dimensionnement ainsi que de sa configuration (protection en enrochement sur substrat rocheux dans des faibles profondeurs d'eau), la surveillance de l'ouvrage se fera par inspection visuelle. Une inspection de routine annuelle sera suffisante. Des inspections seront également réalisées après un événement de forte houle.

Ils auront pour objectif de détecter toute anomalie structurelle de la protection en enrochement, notamment:

- usure/fissuration des blocs
- stabilité de la butée de pied
- intégrité des canalisations d'avivement d'eau et des grilles de protection.

Les inspections pourront être réalisées par des moyens aquatiques et subaquatique, côté bassin et côté large.

Une fiche d'inspection d'ouvrage sera complétée à chaque visite et archivée par le maître d'ouvrage.

1.4.8.2 Entretien du poste MNS

A l'issue des travaux, le gestionnaire du site de baignade aura la charge de la maintenance et l'entretien du poste MNS et de ces abords.

1.4.8.3 L'aménagement hydraulique

L'aménagement hydraulique sera sollicité particulièrement lors des périodes de crue du talweg. Aussi après chaque épisode de crue, le gestionnaire de l'ouvrage réalisera des inspections afin de vérifier l'absence d'obstruction des regards et de la canalisation.

L'ouvrage d'entonnement au niveau du débouché du talweg sera constitué d'une grille avaloir permettant de retenir les macrodéchets apportés par une crue. Les macrodéchets seront récupérés et évacués vers les filières agréées par les services en charge de l'entretien des espaces publics.

L'exutoire de la ravine canalisée sera en mer, il y aura donc un fonctionnement en charge qui permettra l'auto-curage de la canalisation.

Un regard enfoui sera présent sur la plage et permettra si nécessaire un curage hydraulique de la canalisation.

En l'absence de période de crue, une surveillance de routine de l'ouvrage pourra être effectuée 1 à 2 fois par an afin d'identifier les éventuels désordres.

Si une obstruction est constatée, un curage de la canalisation et des regards sera réalisé afin de dégager l'aménagement.

1.4.8.4 La fosse de natation

1.4.8.4.1 Surveillance et seuil d'intervention

Dans le cadre des études géotechniques réalisées en 2019, des essais de lançages à l'aiguille ont été réalisés sur le platier au sein du bassin et au droit de la zone d'extension. Les sondages ont montré l'absence de sable excepté ponctuellement en plaquage superficiel de très faible épaisseur (4cm localement). Le risque de comblement de la fosse par dépôt sableux en provenance du platier est faible. Toutefois, il n'est pas à exclure un apport de sable depuis la plage dans des conditions de vagues énergétiques. En condition d'agitation normale, le déferlement sur la plage au droit du bassin sera limité du fait de la présence de la protection en enrochement.

Un niveau d'ensablement de la fosse de l'ordre de 20cm d'épaisseur de sable, soit un volume de 50m³ peut être fixé comme valeur seuil. Au-delà de 20cm de sable, il peut être considéré que la profondeur d'eau dans la fosse n'est plus optimale.

Aussi, le pétitionnaire propose :

- Une surveillance des niveaux d'ensablement par lançage à l'aiguille une fois tous les 6 mois idéalement après la saison des houles australes les 3 premières années. Cette surveillance sur 3 ans permettra de déterminer des vitesses d'ensablement de la fosse. Au-delà de 3 ans, la fréquence de surveillance pourra être réduite à 1 fois par an.
- En cas d'ensablement important constaté (supérieur à 20cm), un curage de la fosse sera mis en œuvre par dragage hydraulique à l'aide d'une pompe à sédiments embarquée sur une embarcation légère munie d'une conduite d'aspiration guidée par des plongeurs. Le sable dragué sera remis sur l'estran au droit du bassin.



Figure 58 : Exemple de dragage hydraulique en situation de faible tirant d'eau dans le port de Saint Leu

1.4.8.4.2 Estimation des volumes à draguer

En considérant les seuils d'ensablement de 20cm ainsi qu'une hypothèse maximisante d'un ensablement total de la fosse, les volumes de dragages peuvent être estimés pour une opération et sur une année (en partant de l'hypothèse d'un comblement total nécessitant un dragage par mois sur 12 mois consécutifs). Le volume total de sédiments à draguer sur une année serait au maximum de 4800 m³/an. Ce volume est inférieur au seuil de 5000m³/an.

Tableau 18: Estimation des volumes en fonction des seuils d'ensablement considérés

Seuil	Volume à draguer sur l'opération	Volume à draguer sur 12 mois consécutifs
Ensablement à 20 cm	100 m ³	1200 m ³
Ensablement total	400 m ³	4800 m ³

Au regard de ces critères, les potentiels dragages d'entretien de celui-ci seront considérés comme soumis à Déclaration au titre de la rubrique 4.1.3.0-2°-b-II de la nomenclature Loi sur l'eau (article R214-1 du Code de l'Environnement).

Les opérations seront effectuées conformément aux prescriptions de l'arrêté du 23 février 2001 fixant les prescriptions générales applicables aux travaux de dragage et rejet y afférent soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 4.1.3.0 (2° (a, II), 2° (b, II) et 3°(b)) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié.

1.4.8.4.3 Pressentis sur la qualité des sédiments à draguer

De façon générale, la qualité des sédiments à draguer doit être comparée aux niveaux de référence N1 et N2 fixés par l'Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement.

Dans le cadre du projet d'extension du bassin de baignade, la fosse de natation n'existe pas actuellement et selon l'étude géotechnique G2 PRO, notamment les essais de lançage à l'aiguille réalisés sur le platier, celui-ci n'est très peu voire pas ensablé.

Aussi, afin de disposer d'une référence, l'analyse s'est basée sur l'hypothèse que la fosse serait comblée par du sable provenant de la plage. Dans l'étude géotechnique G2 PRO, une analyse de la qualité des sédiments a été réalisée sur deux échantillons de sable prélevés sur l'estran au droit du bassin de baignade. Les rapports d'analyses détaillés sont fournis dans l'étude géotechnique G2 AVP de septembre 2019.

L'analyse des sédiments présentée dans le dossier porte sur les deux échantillons de sable de la plage localisés sur la figure ci-après.

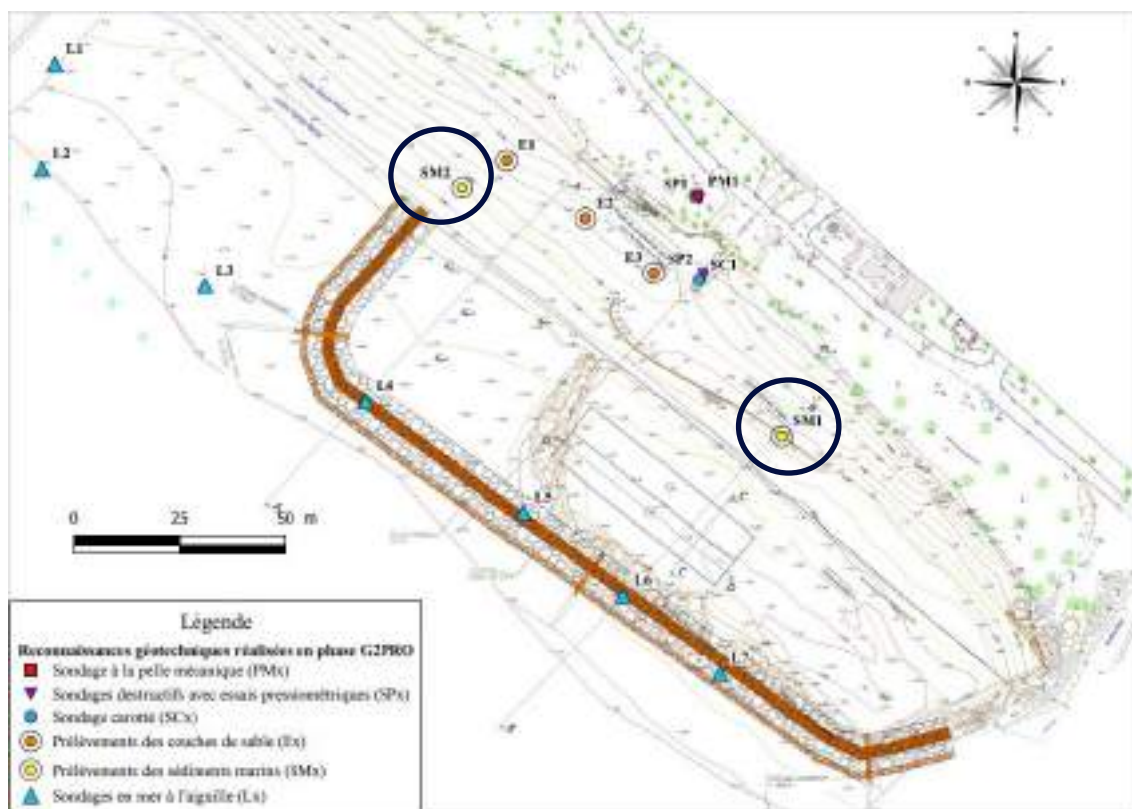


Figure 59: Localisation des points de prélèvements de sédiments sur la plage

Sur les deux échantillons, seul l'échantillon SM1 présente des dépassement de seuil N1 pour les composés Benzo(b)fluoranthène, Dibenzo(a,h)anthracène, Fluoranthène et Phénanthrène.

Ces résultats suggèrent une incertitude sur la qualité des sédiments susceptibles de se retrouver dans la fosse de natation en cas de comblement. On considère donc la situation majorante c'est-à-dire que les sédiments qui combleront la fosse sont susceptibles de présenter des dépassements de seuils N1 pour quelques composés.

1.4.8.4.4 Modalité de gestion des sédiments de dragage

Avant une opération de dragage, les sédiments doivent faire l'objet d'une caractérisation physico-chimique. Les paramètres recherchés seront conformes à l'arrêté Arrêté du 9 août 2006.

Les paramètres recherchés sont listés ci-après :

- Paramètres physiques :
 - Granulométrie :
 - Argile : Particules de taille inférieure à 2 µm ;
 - Limon fin : Particules de taille comprise entre 2 µm et 20 µm ;
 - Limon grossier : Particules de taille comprise entre 20 µm et 63 µm ;
 - Sable fin : Particules de taille comprise entre 63 µm et 200 µm ;
 - Sable grossier : Particules de taille comprise entre 200 et 2000µm ;
 - Gravier : Particules de taille supérieure à 2 mm.
 - % Matière Sèche
 - Densité
 - Teneur en Aluminium (Al) : sur fraction < 2 mm

- ☐ Matière Organique : Carbone Organique Total sur fraction < 2 mm
- Nutriments :
 - ☐ Azote Kjeldhal,
 - ☐ Phosphore total,
- Paramètres chimiques, les analyses concerneront la recherche des micropolluants définis par l'arrêté ministériel du 9 août 2006 :
 - ☐ Eléments traces métalliques : Arsenic (As), Chrome (Cr), Mercure (Hg), Plomb (Pb), Cadmium (Cd), Cuivre (Cu), Nickel (Ni) et Zinc (Zn)
 - ☐ les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)
 - ☐ les Polychlorobiphényles (PCB) : 7 congénères
 - ☐ Organo-stanniques : le Tributylétain (TBT) et produit de sa dégradation
- Microbiologie : Des analyses microbiologiques complémentaires seront menés pour la recherche de germes pathogènes afin d'évaluer le risque sanitaire des sédiments. Comme recommandé par le guide « Bonnes pratiques pour la caractérisation des matériaux en vue d'une opération de dragage et d'immersion en milieu marin et estuarien » (GEODE, 2016) ces analyses consisteront en la recherche des germes indicateurs de la contamination fécale : les Escherichia coli et les entérocoques intestinaux.

Après réception des résultats, les concentrations des substances seront comparées aux seuils N1 et N2 de l'arrêté 9 août 2006 :

- Si aucun dépassement des seuils N1 et N2 n'est observé l'impact est jugé neutre ou négligeable. Le MOA informera la Police de l'Eau des résultats et de l'intention de procéder au rechargement de plage.
- Si un dépassement d'un seuil N2 est observé, le MOA procédera d'office à des analyses complémentaires d'écotoxicité afin de caractériser la dangerosité du sédiment. Si le caractère dangereux est avéré, le sédiment ne pourra pas être utilisé en rechargement de plage. Il devra faire l'objet d'une gestion à terre.
- Si les concentrations se situent entre les seuils N1 et N2, le MOA consultera la Police de l'eau sur la nécessité ou non de procéder à des analyses complémentaires afin de vérifier la compatibilité du sédiment avec un rechargement de plage. En effet, à La Réunion, le bruit de fond géochimique peut entraîner des dépassements naturels des niveaux N1 et N2 pour certains paramètres (Nickel, Chrome et Cuivre notamment) sur certaines zones sans que ce dépassement ne soit associé à une pollution. Si le caractère dangereux est avéré, le sédiment ne pourra pas être utilisé en rechargement de plage. Il devra faire l'objet d'une gestion à terre. Auquel cas, le MOA procédera au rechargement de plage avec l'accord des services de l'Etat.

Ainsi, à l'issue des tests d'écotoxicité, si le sédiment est caractérisé comme non dangereux, il sera destiné au rechargement de la plage sur la zone de Grande Anse, avec l'aval de la Police de l'eau.

Si le sédiment est caractérisé comme dangereux ils devront faire l'objet d'un protocole de dragage et gestion à terre spécifique.

Les modes opératoires pour la gestion des sédiments sont précisés ci-après :

- Mode opératoire du rechargement de plage:

Le sédiment sera retiré directement de la fosse de natation par des moyens hydrauliques ou mécaniques (dragage hydraulique, pelle mécanique). Le sable dragué sera entreposé directement sur la plage au droit du bassin.

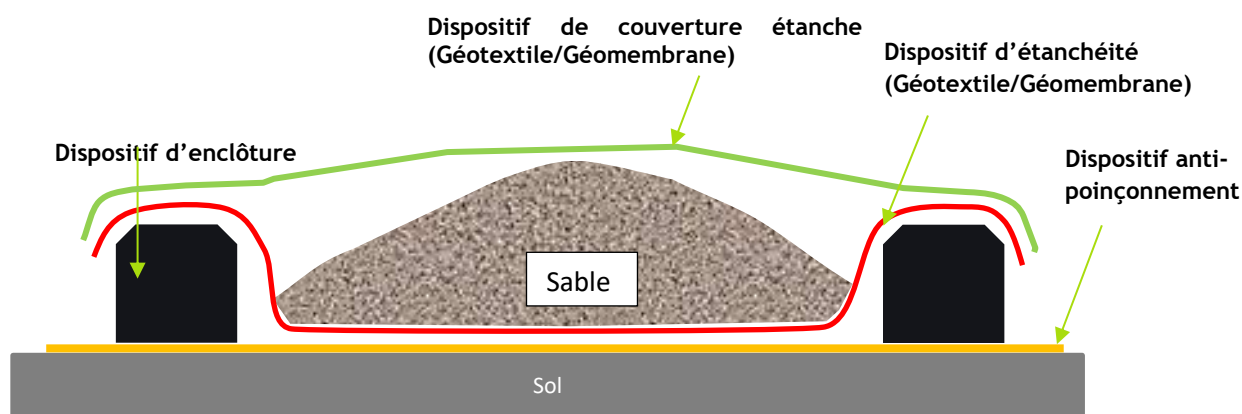
Il sera repris à la pelle mécanique pour être répartis sur la plage. L'accès au bassin et à la plage seront interdit durant les opérations.

○ Mode opératoire pour la gestion à terre:

Le sédiment sera retiré directement de la fosse de natation par des moyens hydrauliques ou mécaniques (dragage hydraulique, pelle mécanique). Le sable dragué sera entreposé pour ressuyage sur une zone temporaire aménagée en haut de plage.

Le ressuyage sur site sera effectué dans un complexe alvéolaire aménagée temporairement au sol dont le principe pourra être le suivant:

- Un dispositif d'étanchéité constitué d'un ou plusieurs géotextile ou géomembrane disposé sur un dispositif anti-poinçonnement.
- Un dispositif anti-poinçonnement entre le sol et les dispositifs d'étanchéité si nécessaire afin de garantir l'intégrité de ceux-ci.
- Un dispositif d'enclosure permettant de délimiter l'alvéole et retenir le sable
- Un dispositif de couverture étanche protégeant l'alvéole des précipitations.



La surface de l'alvéole sera adaptée en fonction de la quantité de sédiment à ressuyer. **Dans le cas de l'entretien envisagé pour la fosse, le dragage sera déclenché pour un niveau de sable de l'ordre de 20cm, équivalent à un volume à draguer de l'ordre de 100 m³. Au vu des volumes de sédiments à draguer, la surface utile d'une alvéole nécessaire au ressuyage sera d'au moins 100 m².**

Les eaux de ressuyage seront collectées par un drain placé en fond d'alvéole. Elles feront l'objet d'une analyse de qualité portant sur les paramètres MES, COT, métaux lourds, Hydrocarbures totaux, HAP, pesticides, TBT et dérivés, étain total et E. Coli. Les valeurs seront comparées aux seuils R1 de l'arrêté du 9 août 2006.

- Si elles sont compatibles avec le milieu, les eaux de ressuyage seront rejetées sans traitement dans le milieu naturel où l'opération de dragage a eu lieu.
- Auquel cas, les eaux feront l'objet d'un traitement approprié avant rejet (décantation, passage dans un séparateur hydrocarbure) ou évacuée vers la plateforme de déchets dangereux.

Après ressuyage, les sédiments seront repris et transportés dans des contenants étanches en vue de leur évacuation vers une installation de stockage qui sera déterminé après caractérisation du type de déchet en présence (inerte, non inert, dangereux, non dangereux).

Avant toute opération, le MOA informera la Police de l'Eau des résultats d'analyses.

1.4.8.4.5 Prescriptions à respecter lors des opérations de dragage

Les prescriptions suivantes seront respectées :

- La qualité des sédiments sera analysée une fois par an dans le cas où plusieurs dragages seront effectués annuellement ou à chaque opération si celles-ci sont espacées de plus d'un an (article 12 de l'arrêté).
- La baignade sera interdite pendant les opérations de dragage.
- Pour l'entretien de la fosse de natation, les dragages seront exécutés dans des conditions adaptées, à savoir marée basse et une météo marine favorable (vent et houle faible, Hs<1m). Lors des travaux d'entretien, il sera disposé un rideau anti-MES à disposer de part et d'autre de la fosse de natation, de manière à protéger les formations coralliennes. Lors de cette opération, un suivi de la qualité de l'eau sera à réaliser, sur les paramètres « turbidité » et « MES » (mesure par sonde et analyses en laboratoire), pendant le déroulement des travaux et à +3h.

Deux seuils seront à respecter pour la turbidité :

- Seuil d'alerte (15 NTU) : des mesures seront prises afin de réduire la diffusion de particules ;
- Seuil d'arrêt (20 NTU ou seuil d'alerte dépassé pendant deux jours consécutifs) : arrêt du dragage jusqu'à trouver une solution de réduction pérenne à faire valider par le service de la police de l'eau.

Ces valeurs seront consignées dans un carnet mis à disposition du maître d'ouvrage.

Un suivi et contrôle visuel continu sera réalisé par l'entreprise de travaux, afin de compléter les mesures de turbidité et un arrêt immédiat des travaux est opéré dès lors que le panache turbide devient conséquent, avec le dépassement des valeurs de seuil d'arrêt.

1.4.9 Estimation des travaux

Le tableau suivant présente l'estimation des travaux au stade étude d'avant-projet. Le coût des travaux est estimé à **5 077 184,30** dont 4 201 852,38 pour les travaux maritimes (enrochement et canalisation du talweg).

Liste des lots :	Montant HT en €	TVA	Montant TVA en €	Montant TTC en €
TRAVAUX BASSIN DE BAIGNADE (LOT N°1)				
TRAVAUX PREALABLES	930 000,00	8,50	79 050,00	1 009 050,00
AMENAGEMENT HYDRAULIQUE TALWEG	282 175,00	8,50	23 984,88	306 159,88
TRAVAUX MARITIMES (DEROCTAGE, ENROCHEMENT, AMENAGEMENT INTERNE BASSIN)	2 660 500,00	8,50	226 142,50	2 886 642,50
Sous-total Travaux du Bassin de baignade				4 201 852,38
AMENAGEMENT POSTE MNS				
Lot N°02 VRD & PAYSAGER	244 900,00	8,50	20 816,50	265 716,50
Lot N°03 GROS ŒUVRE	63 566,00	8,50	5 403,11	68 969,11

Lot N°04 STR BOIS COUV BARDAGE SECOND ŒUVRE	222 284,00	8,50	18 894,14	241 178,14
Lot N°05 REVÊTEMENT DE SOL	6 755,00	8,50	574,18	7 329,18
Lot N°06 FAIENCE	1 857,41	8,50	157,88	2 015,29
Lot N°07 ELECTRICITE CFO/Cfa	15 170,00	8,50	1 289,45	16 459,45
Lot N°08 PLOMBERIE	29 395,00	8,50	2 498,58	31 893,58
Sous-total Poste MNS				633 561,24

Total	4 456 602,41	8,50	378 811,20	4 835 413,61
Aléas (5%)	222 830,12	8,50	18 940,56	241 770,68
Prix global	4 679 432,53		397 751,77	5 077 184,30

1.4.10 Planning prévisionnel

Le planning prévisionnel des travaux est donné ci-après. Les travaux maritimes seront réalisés hors périodes d'hiver austral.

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact
Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

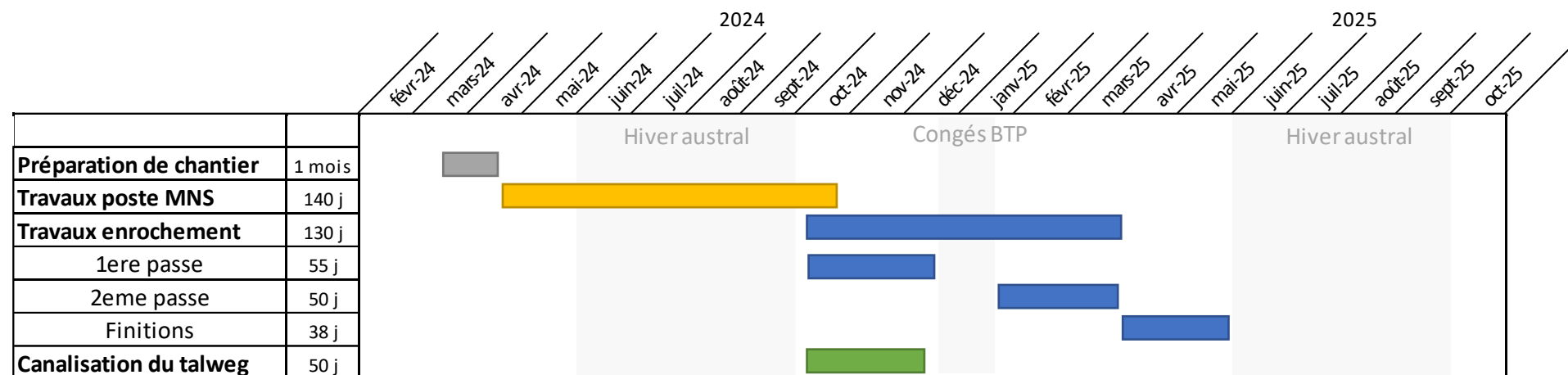


Figure 60: Planning prévisionnel

1.5 Estimation des émissions dans l'environnement et des déchets produits

1.5.1 Rejets atmosphériques

Les principaux rejets atmosphériques sont liés à la présence de véhicules sur le site durant les travaux. En phase exploitation du site, il n'y aura pas de circulation de véhicule sur le site. Les émissions proviendront du parking situé en arrière-plage.

Les émissions de gaz à effet de serre seront négligeables.

1.5.2 Rejets d'eau, pollution d'eau

On considère un rejet d'eaux usées correspondant à 90% de la consommation en eau potable. Ces rejets seront principalement associés :

- A l'utilisation des points d'eau privés (sanitaire, évier) par le personnel MNS : un poste de relevage est prévu afin d'acheminer les eaux-usées vers le système d'assainissement autonome des sanitaires déjà existants en arrière-plage ;
- A l'utilisation des douches extérieures par les usagers : les eaux-usées seront récupérées dans un puisard pour infiltration.

Aucun autre rejet d'eaux polluées n'est attendu.

1.5.3 Emissions sonores et vibrations

En phase travaux, les travaux envisagés concernent certaines activités bruyantes tels que la pose d'enrochement (sorte de clapage localisé) et des opérations de déroctage dans le bassin. Ces travaux peuvent donc possiblement affecter temporairement les cétacés, dont la sensibilité acoustique est avérée.

Plusieurs mesures, liées entre elles, seront prises en compte pour la gestion de la problématique des émissions sonores vis-à-vis de la mégafaune marine :

- mesures de réduction des émissions sonores marines des travaux bruyants afin de limiter les impacts acoustiques du chantier (impacts physiologiques permanents et temporaires ; impacts comportementaux : désertion de la zone par exemple) ;
- contrôles acoustique et visuel garantissant l'absence des cétacés dans la zone d'influence des travaux.

En phase d'exploitation, la principale source d'émissions sonores proviendra du public venant profiter du bassin et de la plage. L'émission sera donc plus importante en journée, notamment le samedi et le dimanche où le nombre de visiteurs est plus important.

1.5.4 Déchets produits

Les déchets en phase chantier seront collectés, triés et évacués selon les règles de l'art par les entreprises de travaux.

En phase d'exploitation, seul le local de surveillance représente une source supplémentaire de production de déchets par rapport à la situation actuelle, liée aux usages courants par les MNS (repas, produits d'entretien...).

Ces déchets seront collectés, triés et évacués selon les règles de l'art par les entreprises de travaux.

La fréquentation du site produira des déchets banals comme toute activité économique accueillant du public (déchets ménagers, plastiques, cartons, produits d'entretien...) comme c'est le cas dans le cadre des activités déjà présentes. Ainsi, des corbeilles de collecte sont prévus dans le cadre de l'aménagement de l'arrière-plage. Ces déchets seront collectés, triés et évacués par les services en charge de l'entretien du site.

1.6 Consommation raisonnée de l'énergie et des ressources

1.6.1 Consommation de carburant

Les consommations de carburant sont limitées aux véhicules, engins de chantier en phase chantier. Les groupes électrogènes utilisés également en phase chantier consommeront du carburant.

1.6.2 Consommation d'électricité

1.6.2.1 Poste MNS

La principale consommation en électricité du projet concerne le poste MNS (éclairage, vie quotidienne, brasseur d'air).

La consommation restera faible et uniquement en journée lors de la surveillance du bassin.

1.6.2.2 Eclairage

Aucun éclairage n'est prévu sur le site. Le poste MNS sera fermé la nuit et ne nécessite donc pas d'éclairage.

1.6.3 Consommation d'eau

Les bassins de baignade ne consommeront pas d'eau potable. Il s'agit de bassin en circuit ouvert alimenté par l'eau de mer. L'eau sera renouvelée en continue et rejetée en mer.

Les consommations en eau potable concernent donc uniquement l'aménagement du poste MNS à travers :

- La consommation du personnel ;
- Le nettoyage du matériel utilisé (infirmerie, locaux PMR) ;
- Les sanitaires du personnel ;
- L'entretien du poste MNS ;
- La consommation des usagers (douches).

1.6.4 Approche bioclimatique de l'espace baignade

Le projet bénéficie d'une conception bioclimatique et d'une logique de développement durable de par une conception thermique du bâtiment :

- ☐ Le badamier participe à la protection solaire ;
- ☐ La sur-toiture sera faite avec de large débords ;
- ☐ La ventilation naturelle traversant les locaux ;
- ☐ L'éclairage naturel favorisé.

2 ETAT INITIAL DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

2.1 Sol et sous-sol

2.1.1 Topographie

Les données topographiques et bathymétriques utilisées pour le projet sont issues des levés réalisés par le cabinet JB TOPO en mai 2003 (avec recalage en 2016) pour la partie terrestre (arrière-plage) et juin/août 2018 pour la partie maritime et plage.

Les cotes altimétriques d'intérêts sont précisées ci-après :

- Enrochement extérieur : altimétrie = de +0,8 à 1,2mNGR ;
- Plage :
 - ▷ Haut de plage = env. +5,0mNGR
 - ▷ Pied de plage marée haute = env. +1,5mNGR
 - ▷ Pied de plage marée basse = env. +0,5mNGR

2.1.2 Pédologie

Sur le site d'étude le sol est constitué :

- d'un dépôt de sable mixte d'origine bioclastique et volcanique au niveau du cordon littoral ;
- De dalle de beachrock (ou grès de plage) en pied de plage
- De sols bruns reposant sur des coulées basaltiques faiblement altérés en arrière-plage.

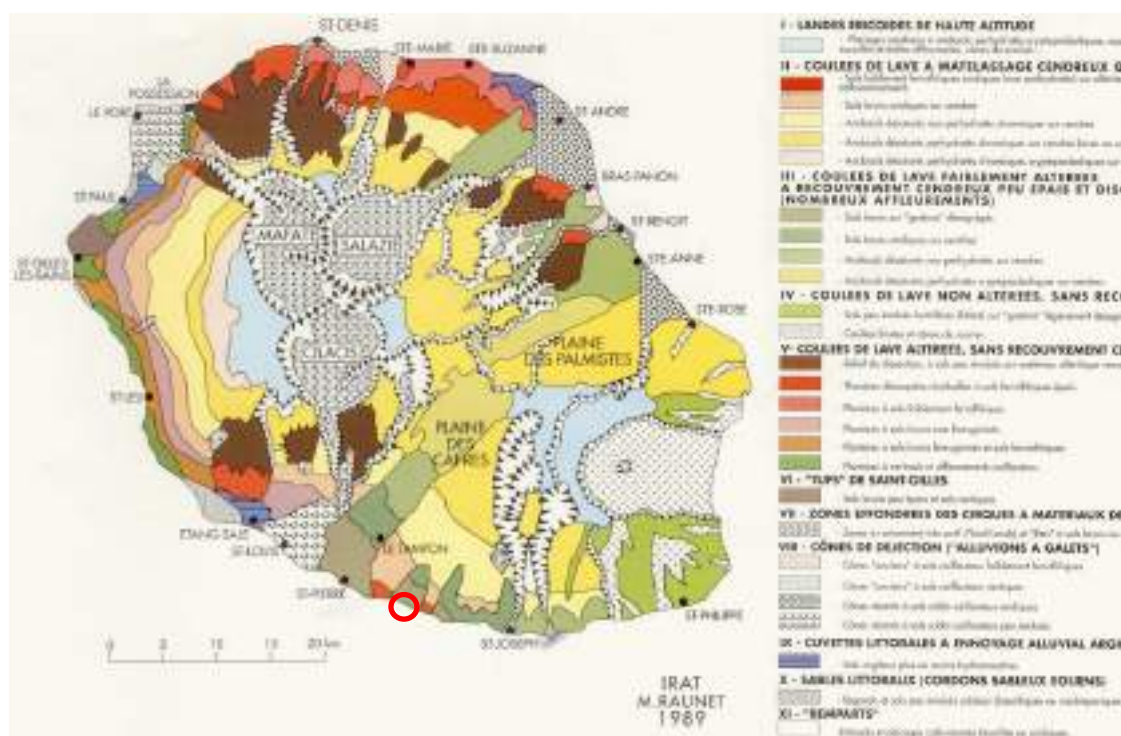


Figure 61: Pédologie de la zone d'étude (Source : Raunet, 1989 dans Feder et Bourgeon 2009)

2.1.3 Géologie

2.1.3.1 Géologie régionale

La Réunion est une île d'origine volcanique située dans le sud-ouest de l'Océan Indien. Elle constitue la partie émergée d'un énorme stratovolcan qui repose sur le plancher océanique. Deux cônes basaltiques jumelés de structure complexe constituent l'ossature principale de l'île (le Piton des Neiges et le Piton de la Fournaise). Sur le pourtour de l'île, les rivières principales et secondaires donnent naissance à des plaines alluviales et des cônes de déjection constitués par les alluvions charriées et déposées par les cours d'eau.

Le site d'étude se situe sur côte au sud du massif de Piton de la Fournaise.

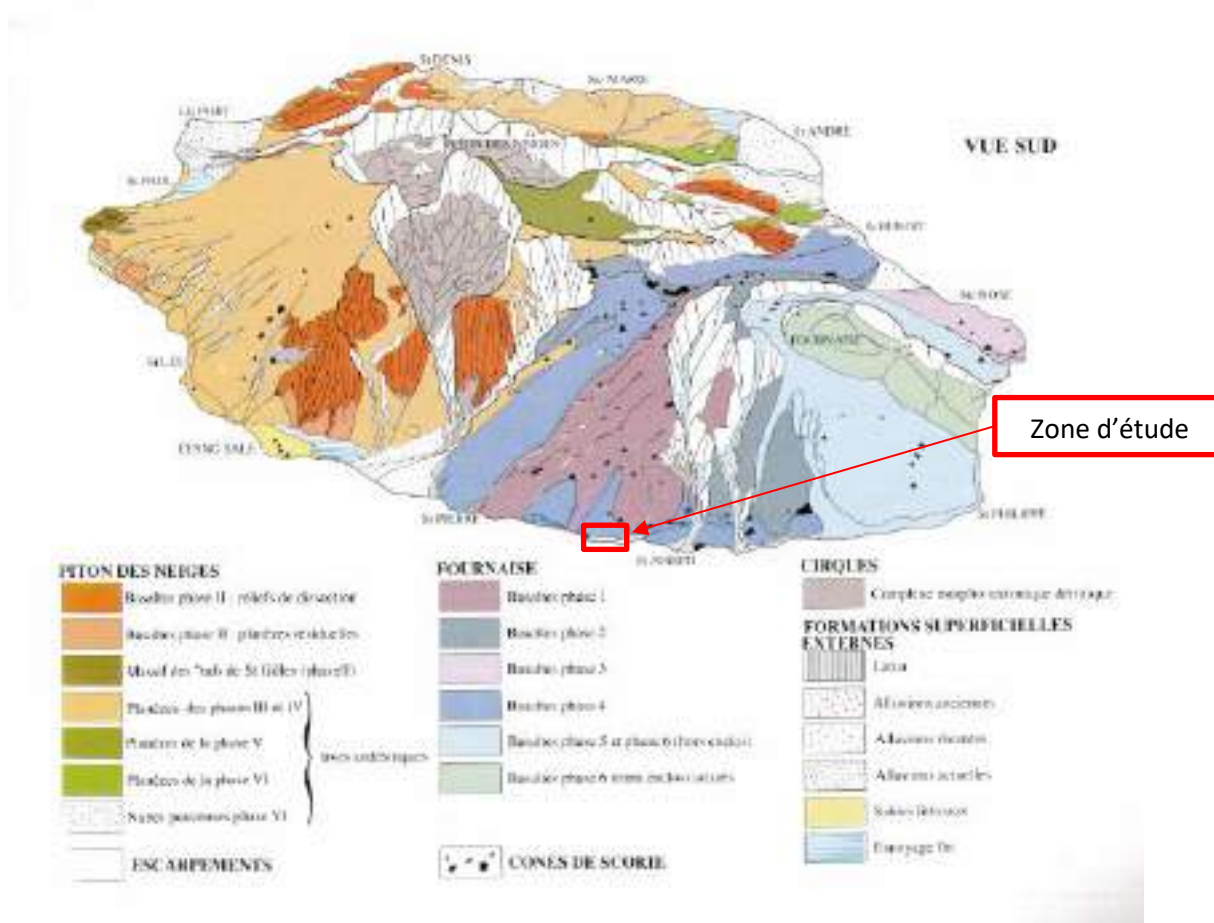


Figure 62 : Perspectives morpho-géologiques schématiques sur la zone d'étude (Source : Raunet, 1991)

2.1.3.2 Géologie locale

La géologie de la zone d'étude correspond dans la partie marine à une plateforme récifale de type frangeant d'environ 100 m de large. La plateforme récifale est une formation bioconstruite qui présente une zonation transversale particulière dictée par le développement des organismes coralliens et les conditions physiques du milieu. La zonation transversale d'une plateforme récifale au stade de celui de Grande Anse distingue de la côte au large :

- Le platier récifal interne : zone subhorizontale d'extension variable entre le pied de plage et la crête récifale avec une couverture corallienne dispersée et des zones d'accumulation sédimentaire ;
- La crête récifale en bordure du platier généralement occupée par des algues calcaires ;
- La pente externe : zone fortement pentée vers le large présentant une succession d'échancrures verticales appelées éperons et sillons.

La frange littorale se compose de formations détritiques correspondant à une plage d'origine bioclastique dont les sédiments proviennent directement du récif frangeant. Du beachrock est présent en pied de plage. Le beachrock ou grès de plage se forme par cimentation du sable de la plage au niveau de l'estran inférieur.

Le haut de plage, transition entre la plage et l'arrière-plage, est marquée par la présence de végétation et un talus d'érosion bien marqué sur la partie nord. L'arrière-plage végétalisée est constituée de formations superficielles (sols) reposant sur formations basaltiques de la série « Plaine des Sables » du massif de Piton de la Fournaise, mises en place entre -65000 et -5000 ans (Figure 63).

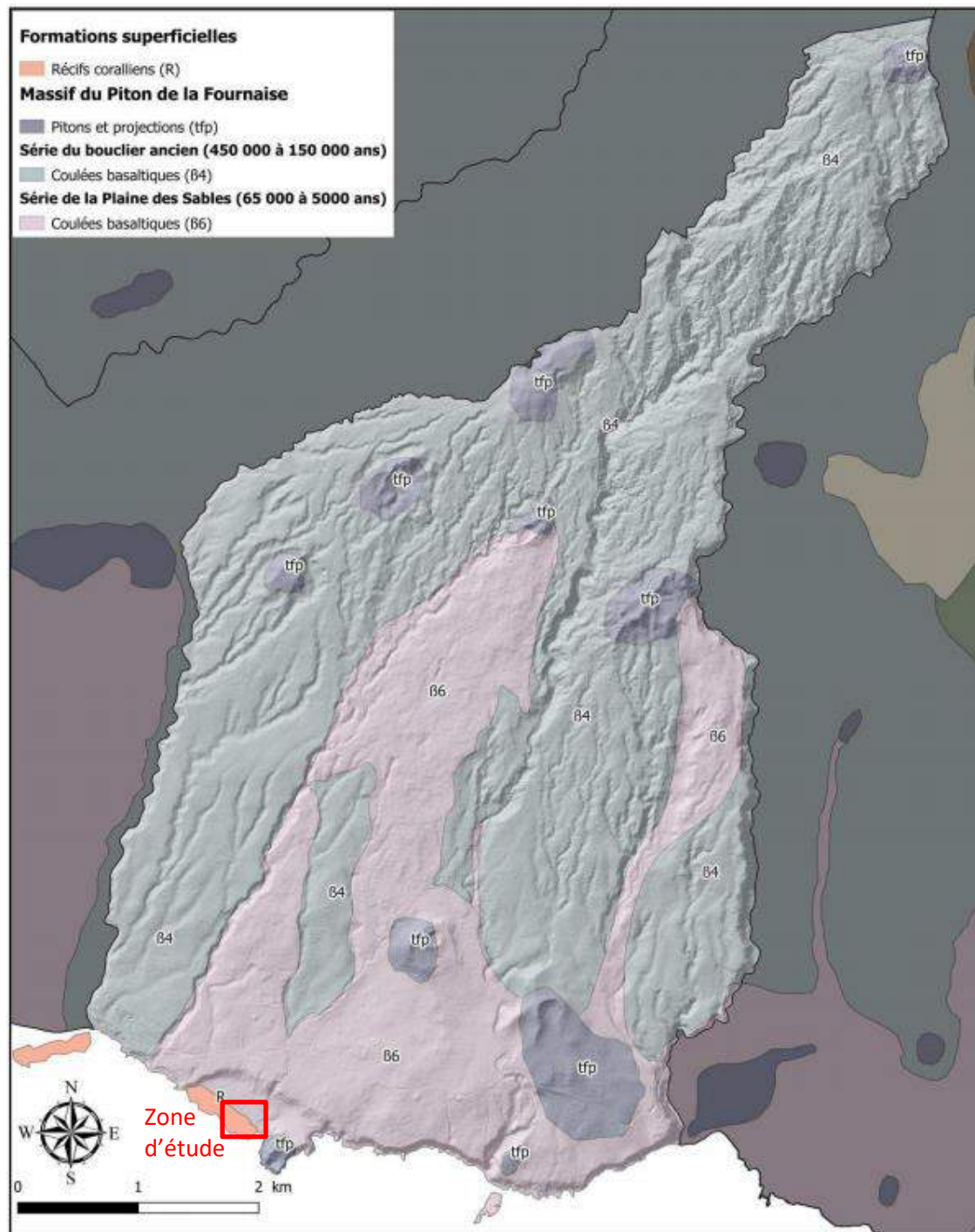


Figure 63 : Extrait de la carte géologique au niveau du secteur d'étude (BRGM). (Source : Note de présentation du PPR de Petite-Ile)

2.1.4 Géomorphologie côtière

2.1.4.1 Contexte morpho-sédimentaire

La plage de Grande Anse de longueur d'environ 650 m et de largeur comprise entre 20 et 50 m est délimitée par deux pointes rocheuses.

Au large, les fonds sont constitués de roches volcaniques (qui peuvent être affleurantes ou sub-affleurantes lorsqu'elles sont recouvertes de sable) et de sables mixtes. La plage de Grande Anse est essentiellement constituée de sable corallien et présente en contrebas des affleurements rocheux plus ou moins visibles en fonction de la couverture sableuse et du niveau d'eau (marée et contribution des vagues. De la végétation rampante (« Patate à Durand ») peut se développer sur le haut de plage. En arrière du bassin de baignade actuel, le haut de plage est « suspendu » au-dessus d'un muret en béton. Au sud du bassin de baignade, on note sur le haut de plage une quantité significative de blocs et galets.

Devant le récif (entre les isobathes 20 et 5 m), la pente du fond est d'environ 5 %. Dans les petits fonds et le bas-estran, le platier (à partir de l'isobathe 5 m) a une pente de 2 %, au-dessus duquel la plage de sable présente des pentes de 10 à plus de 15 %.

La limite de terrain végétalisé (pelouse et cocotiers) présente des microfalaises et le découvrément des racines de cocotiers présume d'une érosion du haut de plage sans qu'il s'agisse nécessairement d'une tendance (quelques mois après la prise de vue ces mêmes racines pourraient très bien se retrouver sous le sable si le niveau du haut de plage est remonté). A noter que les travaux du BRGM (2004) indique globalement une érosion « modérée » sur cette plage.

2.1.4.2 Tendance d'évolution du trait de côte

A long terme

L'étude du BRGM (2009) met en évidence une tendance à l'érosion sur la portion nord de la plage avec un recul de l'ordre de -16m entre 1966 et 2003 (Figure 64). Sur cette même période, aucun recul n'est observé sur la partie sud au niveau du bassin de baignade. L'érosion est donc dégressive vers le sud de la plage.

Entre 2003 et 2008, l'étude du BRGM (2012) montre cependant un recul de l'ordre de 9m (incertitude de positionnement de 5 à 10m) sur la partie sud de la plage entre 2003 et 2008. L'érosion semble se manifester essentiellement en haut de plage qui est peu résiliente (BRGM, 2012). Le recul entre 2003 et 2008 pourrait être expliqué par l'épisode de forte houle australe de mai 2007. De plus, l'étude indique que dans cette partie de la plage, l'érosion est plus manifeste en raison d'un stock sédimentaire plus restreint qui réagit d'avantage aux événements tempétueux.

Une analyse diachronique à partir des photographies aériennes ancienne (Actimar 2019) montre que le bassin de baignade ainsi qu'un muret maçonné sont présent sur les clichés à partir de 1989.

Evolutions récentes

Une analyse de l'évolution morpho-sédimentaire de la plage a été réalisée par Actimar (2019). Une comparaison entre la topographie de la plage entre 2008/2010 (données litto3D) et 2018 au niveau du bassin de baignade (levé topo du site) montre :

- Un ré-engraissement du haut de plage de l'ordre de 20 à 60 cm dans la zone de végétation rampante ;
- peu d'évolution de la plage sur cette période sauf au niveau du muret où des déplacements de sables sont observés (affouillement et ré-engraissement réguliers au pied du muret).

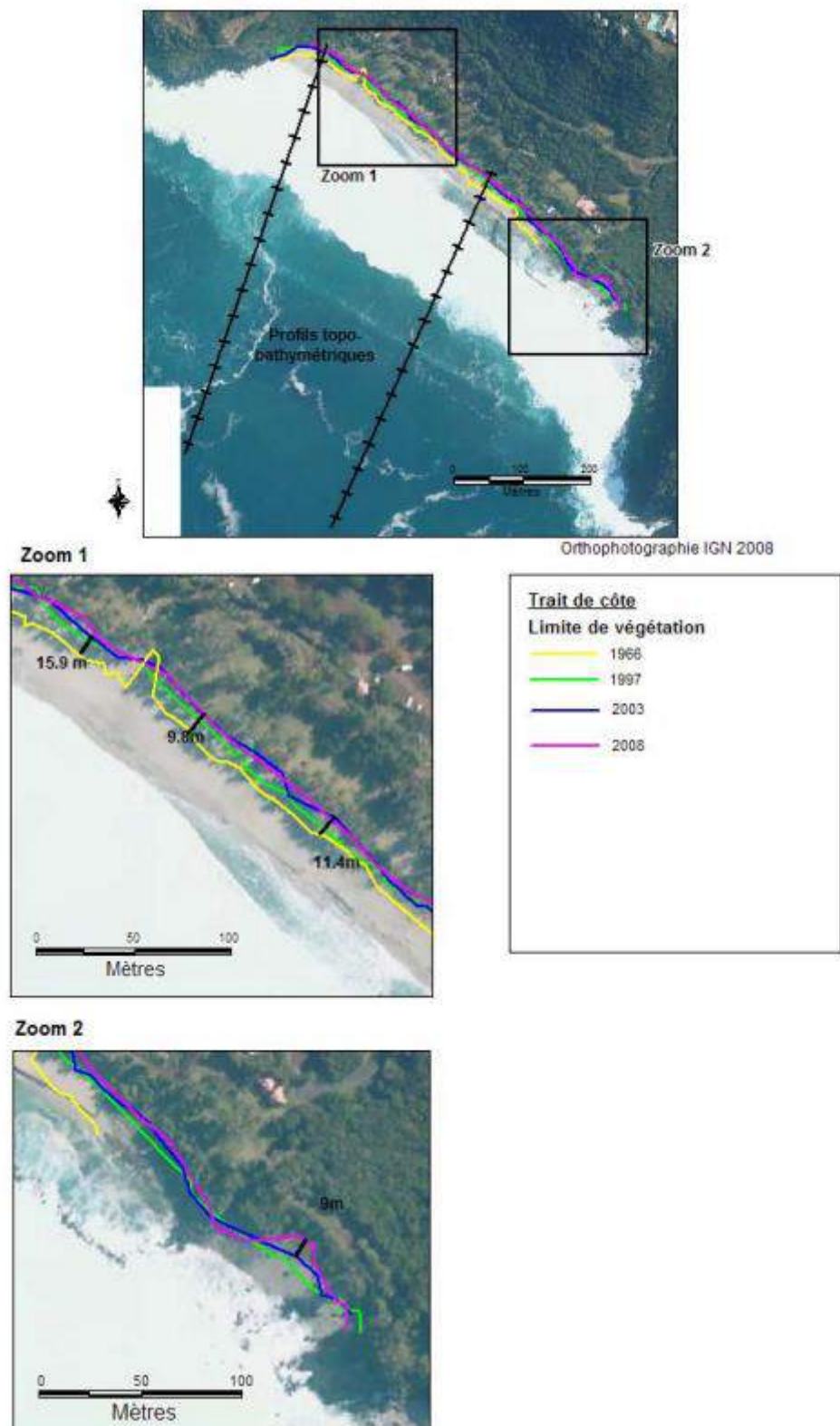


Figure 64: Position du trait de côte sur la plage de Grande Anse (Source : BRGM, 2012)

Néanmoins, la dynamique d'évolution de la plage semble indiquer qu'un réensablement naturel est possible comme illustré sur les 3 images satellites successives (juin 2011, juillet 2012 et août 2012 ; Figure 65).



Figure 65: Evolutions de la plage autour du muret observées par images satellites, images de juin 2011, juillet 2012 et août 2012 (source : Google Earth).

Des photos de la plage montrent également que la plage en contrebas et à proximité (Nord-Ouest) du muret peut être recouverte de sable (Figure 66). Il est possible qu'en l'absence de muret, un ré-engraissement serait effectif pour la plage dans son ensemble (partie haute et basse).

D'après la forme des isolignes topographiques des données Maraîna 2018 (Figure 67) le muret a un effet autour du niveau +2 m NGR : il « déplace » localement cette ligne de niveau vers la mer, en créant une plateforme sableuse très peu pentue. En revanche, la continuité des lignes de niveau sur l'estran supérieur (au-dessus du niveau ~+2.5 m NGR) au-delà de la position du muret (i.e. vers le Nord-Ouest) suggère que l'estran supérieur aurait un niveau d'ensablement sensiblement équivalent sans le muret.



Figure 66 : Prises de vue de la plage autour du muret



Figure 67 : Lignes de niveau +2 m, +2.5 m et +3 m NGR, à partir des données topographiques Maraina 2018.

Au droit du bassin de baignade le muret a pour effet :

- D'induire localement une érosion du bas de plage, du fait de la réflexion des vagues (ou du jet de rive) pour certaines conditions hydrodynamiques (lorsque le niveau d'eau est suffisamment haut),
 - De favoriser le maintien du sable « suspendu » autour des isobathes +2m à +2.5 m NGR,
- De plus, il ne semble pas influencer significativement l'estran supérieur (au-dessus de +2.5 m NGR).

Sur l'ensemble de la plage, pour un profil donné, on ne s'attend donc pas à une évolution significative du stock sableux à la suite de l'enlèvement du muret.

2.2 Eau

2.2.1 Eaux de surfaces

2.2.1.1 Réseau hydrographique

Le site d'étude compte un cours d'eau au régime intermittent débouchant à l'extrémité est de la plage : la Ravine des Français. Elle draine un bassin versant de 4,46 km² et son débit caractéristique pour une occurrence décennale atteint à l'exutoire 81 m³/s et 173 m³/s en crue centennale (source : étude des risques d'inondation, décembre 2003, BCEOM).

Un talweg central débouchant au droit de l'extrémité nord de l'actuel bassin de baignade est également présent. Son régime est intermittent et aucune information n'est disponible quant aux débits caractéristiques.

2.2.1.2 Masse d'eau superficielle

La zone d'étude n'est pas concernée par la présence de masse d'eau superficielle.

2.2.2 Eaux souterraines

2.2.2.1 Contexte hydrologique général

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 2016-2021 actuellement en vigueur définit le découpage des masses d'eaux souterraines, représenté ci-dessous.

La zone d'étude est incluse dans le périmètre de la masse d'eau souterraine codifiée FRLG105 dite « FVL de Petite-Ile – Saint -Pierre » (Figure 68). Cette masse d'eau est considérée comme étant une formation volcanique du littoral de Petite-Ile - Saint Pierre. La surface de cette masse d'eau est de 24,5 km².

La masse d'eau FRLG 105 est qualifiée en bon état quantitatif (Tableau 19). Il n'y a pas de pression ni de risque identifié sur le bassin versant, par conséquent le Risque de Non-Atteinte des Objectifs Environnementaux (RNAOE) est négatif.

Tableau 19: Etat chimique et quantitatif de la masse d'eau FRLG105

	Etat	Paramètre en cause
Etat chimique	Bon	Sans Objet
Etat quantitatif	Bon	Sans Objet

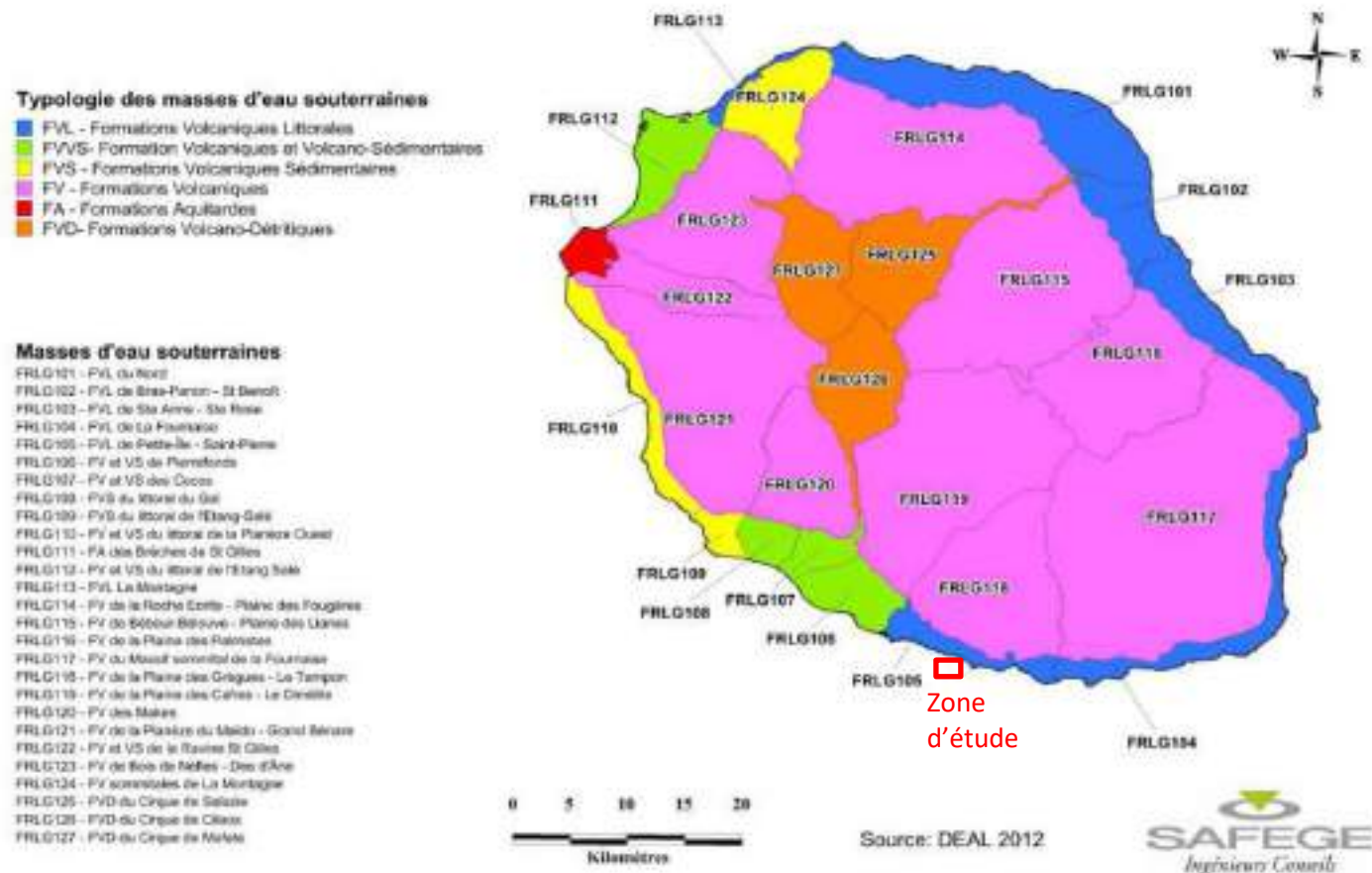


Figure 68 : Localisation des masses d'eau souterraines

2.2.2.2 Usages des eaux souterraines

Aucun captage ne se situe à proximité de la zone d'étude. Le projet n'a donc aucune incidence sur la ressource.

2.2.3 Eaux marines et côtières

La zone d'étude se trouve dans la masse d'eau côtière « La porte - Saint Pierre - Pointe du Parc » codifiée FRLC104.

La masse d'eau présente un état écologique et global très bon dans l'état des lieux du district hydrographique de 2013 (Figure 69).

Fiche descriptive – Masse d'eau littorale				
FRLC104 – Saint Joseph (Masse d'eau côtière)				
	ÉTAT	PARAMETRE EN CAUSE	NIVEAU DE CONFIANCE	
ÉTAT CHIMIQUE	Inconnu	-	-	
ÉTAT ECOLOGIQUE	Très bon	-	Faible	
ÉTAT GLOBAL	Très bon	-	Faible	

Pressions 2010-2011	Sources de pressions	Évaluation des impacts	Scénario tendanciel 2021	
		Impact	Scénario	Hypothèse
Ponctuelles significatives (SWPI3)	Stations d'épuration	Non significatif	↘	
	Installations industrielles	Non significatif	-	
	Autres sources significatives	Pas de pression identifiée		
Diffuses significatives (SWPI4)	Population non raccordée au réseau d'eaux usées	Inconnu	↘	Mise en place de SPANC, extension des réseaux collectifs
	Eaux de ruissellement urbain	Non significatif	↗	Densification de l'urbanisation
	Activités agricoles	Non significatif	↘	Mise en œuvre du plan Ecophyto
Altérations morphologiques (SWPI6)	Érosion du littoral	Non significatif		
Autres pressions (SWPI7)	Pêche	Non significatif		
	Activités nautiques et touristiques	Pas de pression identifiée		

Pressions cause de risque	Assainissement autonome, Pesticides ?

RNAOE	Oui/Non/Doute	État de qualité susceptible d'être affecté en 2021	Causes probables
RNAOE État chimique	Doute	Qualité chimique	Détection de pesticides (Hexachlorobenzène et endosulfan), d'HAP (Benzo(g,h,i)pérylène+Indéno(1,2,3-cd)pyrène)
RNAOE État écologique	Doute	Qualité biologique	Rejets urbains, ruissellement, activités agricoles
RNAOE global	Doute	Qualité biologique / qualité chimique	

Comité de Bassin de La Réunion - État des lieux 2013

Figure 69 : Fiche descriptive - Masse d'eau littorale (Source : Comité de Bassin de La Réunion, 2013)

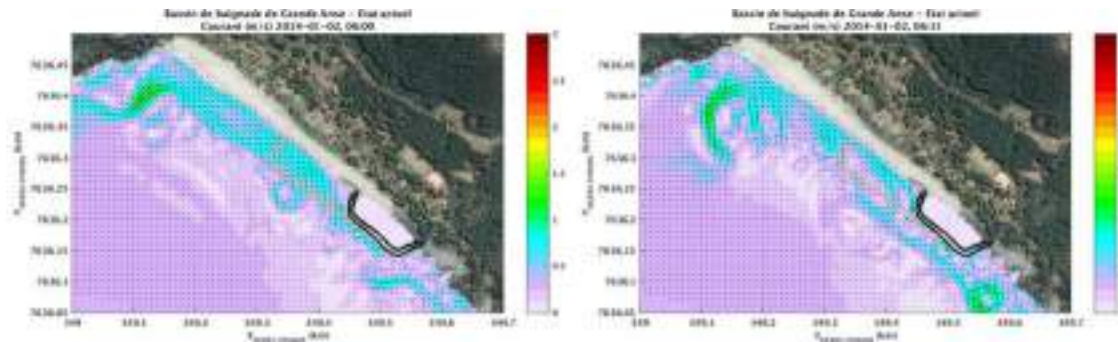
2.3 Océanographie

2.3.1 Les courants

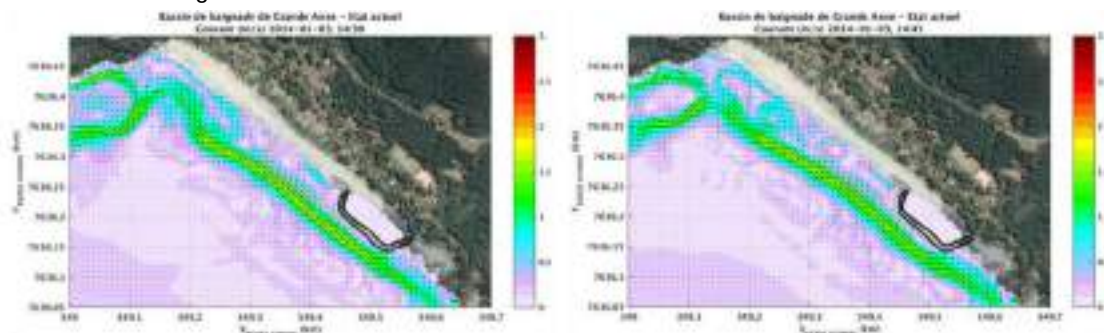
Une étude hydrodynamique et sédimentaire a été réalisée par Actimar dans le cadre de ce projet. Elle permet de dégager les tendances courantologiques ci-dessous au voisinage de la plage (Figure 70):

- Les courants induits par la marée et le vent sont a priori négligeables par rapport aux courants générés par le déferlement des vagues près de la côte ;
- La dérive littorale semble être dirigée préférentiellement vers le Nord de la plage ;
- En ce qui concerne les courants induits par la houle :
 - En condition faiblement énergétique, la circulation est orientée nord-ouest le long de la plage ;
 - Quelques soit les conditions, les courants sont globalement inférieurs à 1,5m/s au voisinage proche du bassin ;
 - En condition énergétiques (houles cycloniques ou australes avec de longues périodes), les vagues déferlent plus loin de la côte, et la circulation vers le nord-ouest est plus significative dans les petit-fond au-delà de la protection en enrochement du bassin de baignade. Dans la partie nord-ouest de la zone, les recirculations sont importantes en se rapprochant de la plage.

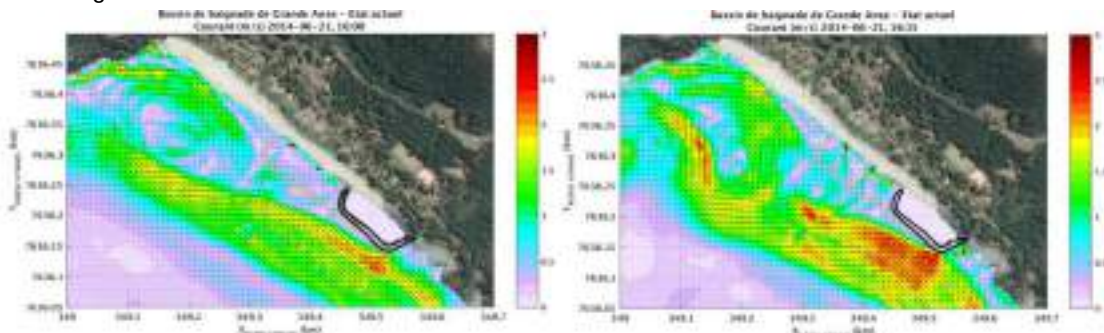
- a) Conditions de vagues fréquentes faiblement à moyennement énergétiques induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse



- b) Conditions de vagues très énergétiques de type cycloniques (périodes relativement courtes) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse



- c) Conditions de vagues très énergétiques de houle australe (périodes longues) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse



- d) Conditions de vagues très énergétiques de type cycloniques (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Nord-Ouest vers le Sud-Est de l'anse

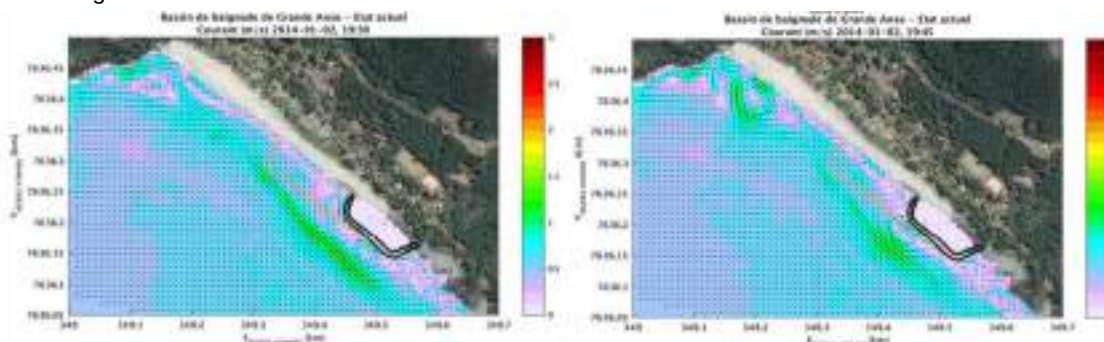


Figure 70: Cartes des courants simulées pour la plage de Grande Anse (Actimar, 2019)

2.3.2 Niveaux d'eau

Le niveau de la mer dépend de trois phénomènes que sont la marée, les surcotes (associées aux phénomènes météorologiques) et le changement climatique qui se traduit par une surélévation du niveau d'eau.

2.3.2.1 Marée

La marée sur le littoral de La Réunion est de faible amplitude. Elle est de type semi-diurne à inégalité diurne.

Les références altimétriques du SHOM donnés en Tableau 20 renseignent sur les niveaux caractéristiques de la marée à Saint-Pierre (21°20'S - 55°29'E).

Tableau 20: Niveau de marée à Saint-Pierre (source : SHOM RAM édition 2017)

Niveau d'eau	Notation ²	m CM	m NGR
Plus basse mer astronomique	PBMA	0,02	-0,53
Basse mer	BM	0,20	-0,35
Niveau moyen	NM	0,51	-0,04
Pleine mer	PM	0,70	0,14
Plus haute mer astronomique	PHMA	0,92	0,37

Note : Le zéro hydrographique (ou 0,00 mCM) est situé à 0,554m sous le zéro du nivellement géographique de la Réunion (NGR)

2.3.2.2 Surcote

Les surcotes sont liées aux variations de vent et de pression atmosphérique. Elles sont estimées à partir des variations de niveau d'eau sans l'action des vagues.

Le niveau extrême en conditions normales (conditions non cycloniques) est extrait de l'étude Actimar (2016), et sont issues de l'analyse de la hauteur d'eau mesurée à la Pointe des Galets entre 1995 et 2014.

Les niveaux extrêmes en conditions cycloniques quant à eux ont été déterminée dans l'étude Actimar (2018) en associant les surcotes extrêmes cycloniques estimées dans l'étude Sogreah, 1998, à la pleine mer supérieure de Saint Pierre.

Les Tableau 21 et Tableau 22 suivants fournissent les niveaux extrêmes en conditions normales et cycloniques pour différentes périodes de retour.

² Niveaux de référence pour une marée de type semi-diurne à inégalité diurne

- niveau de plus haute mer astronomique (PHMA)
- niveau de la moyenne des plus hautes pleines mers journalières (PM sup)
- niveau moyen (NM)
- niveau de la moyenne des plus basses mers journalières (BM inf)
- niveau de plus basse mer astronomique (PBMA).

Tableau 21 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition normale (Source : Actimar 2016)

Période de retour	mCM	mNGR
1 an	1,04	0,49
5 ans	1,07	0,52
10 ans	1,08	0,53
30 ans	1,09	0,54
50 ans	1,10	0,55
100 ans	1,11	0,56

Tableau 22 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition cyclonique (Source : Actimar 2018)

Période de retour	mCM	mNGR
1 an	-	-
5 ans	1,10	0,55
10 ans	1,20	0,65
30 ans	1,40	0,85
50 ans	1,45	0,90
100 ans	1,55	1,00

2.3.2.3 Changement climatique

Les projections de variation du niveau de la mer prennent en compte l'augmentation attendue de par le réchauffement climatique, la fonte des glaciers et des calottes polaires ainsi qu'avec plus d'incertitudes les émissions de gaz à effet de serre (données plus incertaines).

L'évolution à long terme du niveau moyen des mers due au changement climatique est traitée conformément aux recommandations officielles de l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique) et en phase avec le cinquième rapport de synthèse du GIEC (Copenhague 2014).

La valeur arbitraire retenue pour la prise en considération du réchauffement climatique à l'horizon 2100 est de +0,50m. Cette valeur correspondrait au scénario RCP2.6.

C'est aussi l'hypothèse retenue pour le projet de la Nouvelle Route du Littoral (Egis Eau / 2012).

Les Tableau 23 et Tableau 24 fournissent les niveaux extrêmes en conditions normales et cycloniques à l'horizon 2100, sous l'hypothèse d'une élévation du niveau moyen des mers de 0,50 m.

Tableau 23 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition normale, à l'horizon 2100 (Source :

Période de retour	mCM	mNGR
1 an	1,54	0,99
5 ans	1,57	1,02
10 ans	1,57	1,03
30 ans	1,59	1,04
50 ans	1,60	1,05
100 ans	1,61	1,06

Tableau 24 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition cyclonique, à l'horizon 2100

Période de retour	mCM	mNGR
1 an	-	-
5 ans	1,60	1,05
10 ans	1,70	1,15
30 ans	1,90	1,35
50 ans	1,95	1,40
100 ans	2,05	1,50

2.3.3 La houle

2.3.3.1 Les régimes de houles

Il existe trois principaux régimes de houle à La Réunion :

- **Les houles d'alizés**, petites à modérées et de courte période, résultent de vents établis de secteur est à sud-est. Elles affectent principalement les côtes nord, est et sud de l'île et épargnent habituellement la côte ouest.

A proximité du rivage, ces houles sont à l'origine de deux dérives littorales, contournant l'île par l'est et l'ouest, et dont les courants convergent du côté opposé, entre la Pointe des Galets et l'embouchure de la Rivière des Galets (Bastone et De La Torre, 2011).

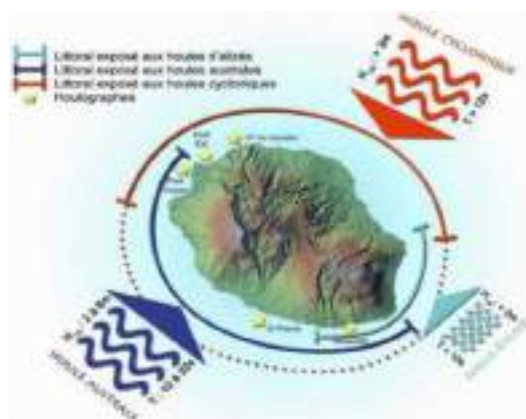


Figure 71 : Les différents régimes de houle à La Réunion (Météo France, 2009)

Les houles générées, sont pour la plupart inférieures au mètre sur la côte au vent, amplitude plus marquée en saison fraîche (mai - novembre) et atténuée durant l'été austral. Leur période est comprise entre 5 et 10 secondes sur la côte au vent.

- **Les houles australes** sont caractérisées par une hauteur moyenne de 3 à 5 m et une longueur d'onde comprise entre 12 et 20 secondes. Elles proviennent de tempêtes formées à 3000 km dans les hautes latitudes australes du sud-ouest de La Réunion. Ces houles sont particulièrement érosives et peuvent également être à l'origine d'importantes submersions (Cazes-Duvat et Paskoff, 2004).
- **Les houles cycloniques** sont générées par les cyclones qui passent à proximité de La Réunion. Les caractéristiques de ces houles évoluent en fonction de la position du cyclone et de sa proximité par rapport à l'île. Ce sont généralement des houles de hauteurs importantes présentant des périodes moyennes à longues.

La zone d'étude est principalement affectée par les houles d'alizé et les houles australes mais les houles cycloniques peuvent également se produire en fonction de la trajectoire des cyclones.

2.3.3.2 Conditions d'état de mer sur la zone d'étude

Les statistiques de houles au large de Grande Anse ont été établies par Actimar (2019) dans le cadre de l'étude hydrodynamique et sédimentaire du bassin de baignade de Grande Anse. La houle est caractérisée en un point situé par 55.54°E / 21.37°S à environ 24m NGR de profondeur d'eau pour une série temporelle de 15 ans (2000-2014).

Ainsi, au large du site d'étude, les houles se répartissent sur un secteur directionnel relativement étroit allant du sud-est à l'ouest-sud-ouest mais les directions moyennes sont essentiellement en incidence de Sud à SSO (89.8% ; Figure 65). En moyenne sur l'année, la hauteur significative des vagues est de l'ordre de 1,8 m et 99% des vagues sont inférieures à 3,7 m.

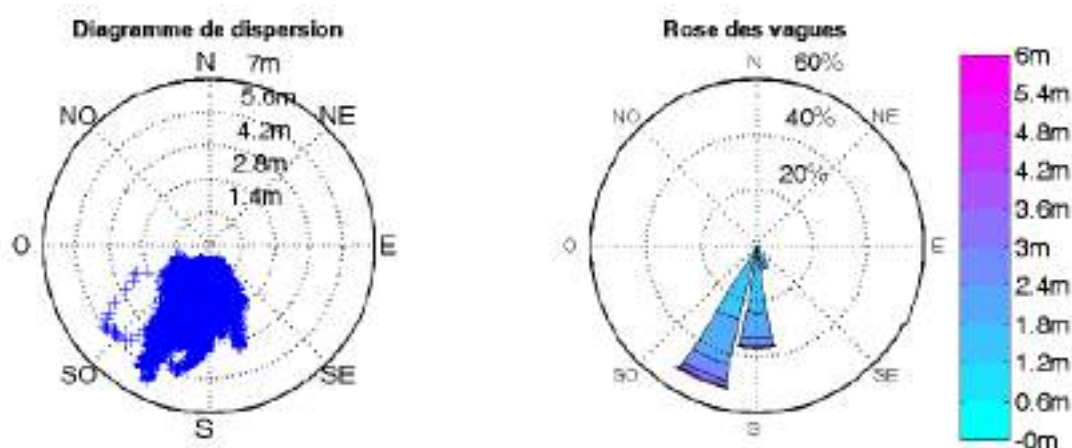
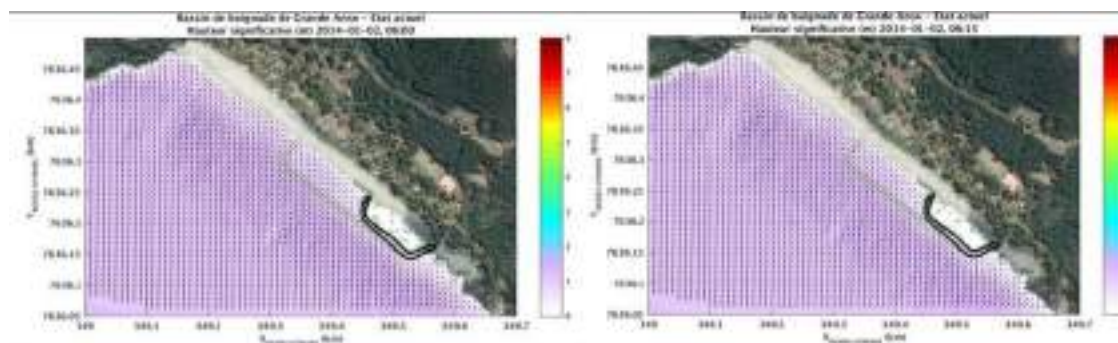


Figure 72 : Distribution des hauteurs de vagues et directions associées

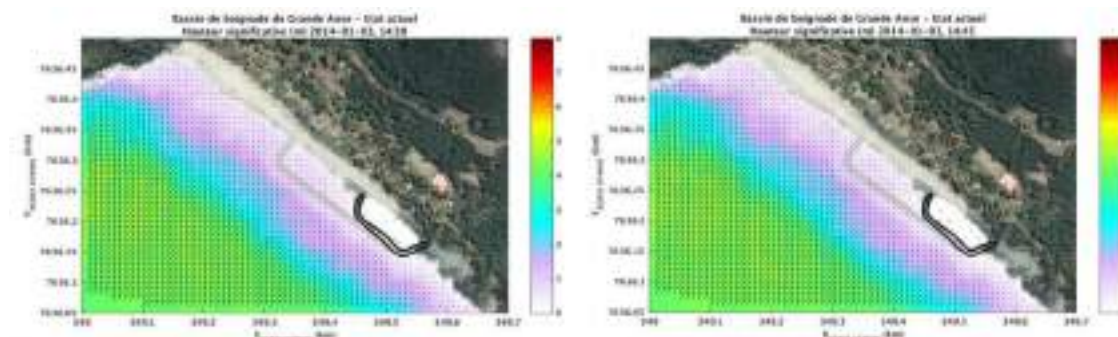
Les simulations numériques réalisées par Actimar pour différentes conditions énergétiques et de direction de houle montrent que (Figure 73) :

- les vagues déferlent au-delà de l'enrochement ;
- Les vagues en proche côtiers sont de l'ordre de 1-1,5m.

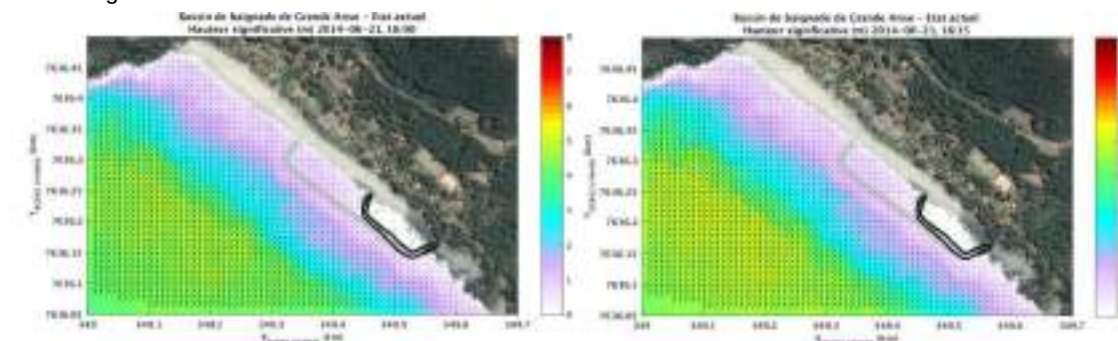
- e) Conditions de vagues fréquentes faiblement à moyennement énergétiques induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse



- f) Conditions de vagues très énergétiques de type cycloniques (périodes relativement courtes) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse



- g) Conditions de vagues très énergétiques de houle australe (périodes longues) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse



- h) Conditions de vagues très énergétiques de type cycloniques (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Nord-Ouest vers le Sud-Est de l'anse

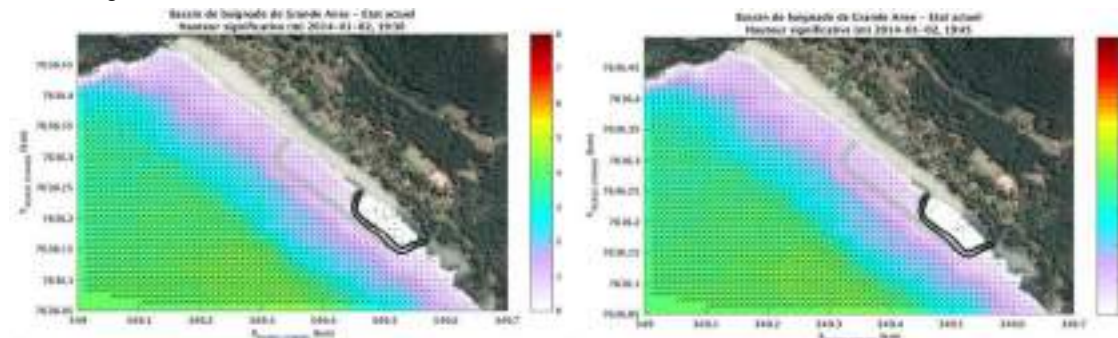


Figure 73: Propagation des vagues simulées pour la plage de Grande Anse (Actimar, 2019)

2.3.3.3 Conditions extrêmes d'agitation au large

Les conditions extrêmes sont décrites pour les houles non-cycloniques (houles australes et d'alizés) et cyclonique.

Les conditions extrêmes non-cycloniques ont été estimées par Actimar (2019). La méthodologie est explicitée dans l'étude jointe en annexe. Les valeurs sont synthétisées en Figure 74.

Extrêmes d'états de mer, en conditions normales, au point B (55.53°E / 21.38°S)												
Direction d'incidence au large	Périodes de retour (années)											
	1		5		10		30		50		100	
	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
SE	3.2	14.5	3.5	15.0	3.7	15.1	3.9	15.3	4.0	15.4	4.1	15.5
SSE	3.7	15.1	4.3	15.8	4.7	16.2	5.3	16.8	5.6	17.1	6.0	17.5
S	4.0	15.5	4.9	16.4	5.3	16.9	6.1	17.6	6.4	17.9	6.9	18.3
SSO	4.5	16.0	5.4	16.9	5.8	17.4	6.5	18.0	6.9	18.3	7.3	18.6
SO	3.9	15.3	4.5	16.1	4.8	16.3	5.2	16.8	5.4	17.0	5.7	17.2

Figure 74 : Valeurs extrêmes des états de mer en conditions non-cycloniques au large de Grande Anse (Données Actimar)

Les conditions extrêmes cycloniques sont issues de l'étude HOULREU du BRGM (2009) qui estime la houle de référence cyclonique au large de Grande Anse dans 20 m de fonds pour une hauteur significative de 9,5 m et une période de 12s. Les valeurs sont données en Tableau 25 ci-dessous.

Tableau 25: Valeurs extrêmes des états de mer en conditions cycloniques au large de Grande Anse (Source : BRGM, 2009)

Houle de référence cyclonique (20 m de fond)	
Hs (m)	Tp (s)
9,5	12

2.4 Air et climat

2.4.1 Température

La température moyenne annuelle est de 24,7°C mesurée sur la station de Petite-Ile.

L'amplitude thermique des moyennes annuelles et journalières ne dépasse rarement les 10 °C. Les maxima et minima sont relevées respectivement au cours de l'été et de l'hiver austral. Les températures d'un jour à l'autre restent constantes. La température la plus basse est mesurable entre 6 et 7h, et correspond au point de refroidissement maximal de la nuit. Inversement, vers 13h, le soleil a réchauffé le sol ainsi que l'air au maximum.

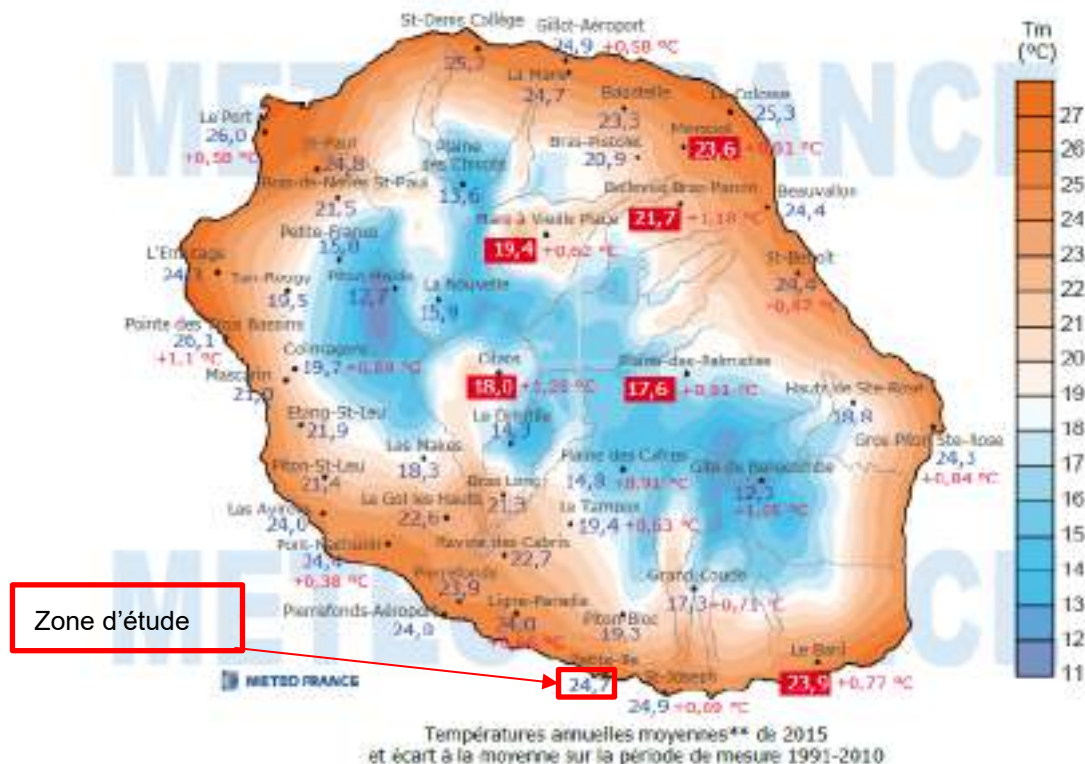


Figure 75 : Températures annuelles moyennes de 2015 (Source : Météo France)

Températures à Petite-Île en 2018

(Source : Linternaute.com d'après Météo France)

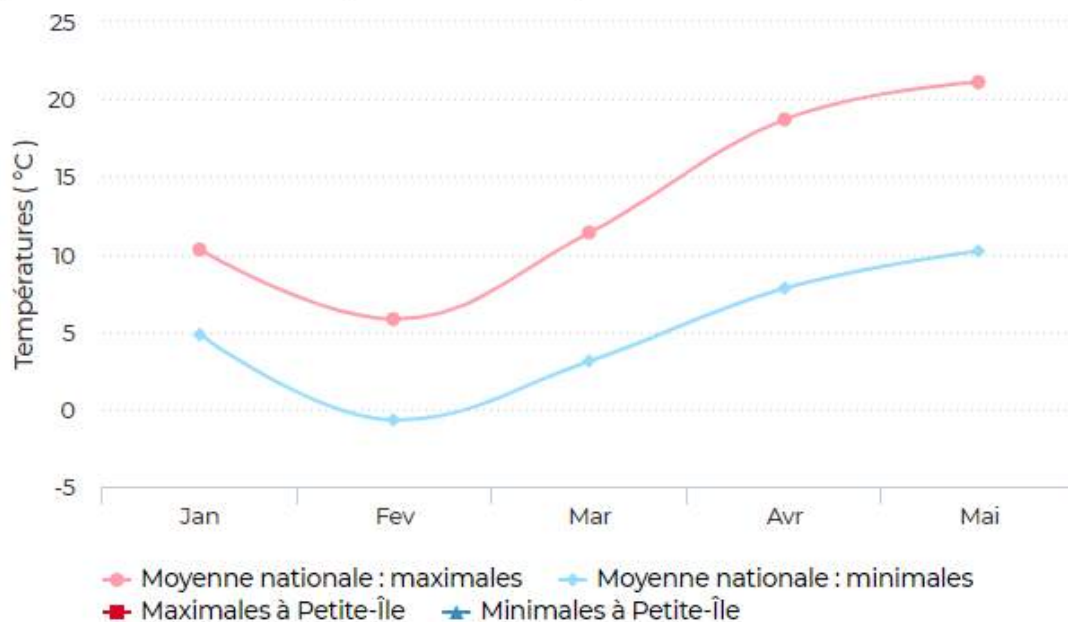


Figure 76 : Température sur la commune de Petite-Ile en 2018

2.4.2 Précipitations

La zone d'étude se trouve sur le flanc sud de l'île qui est plus exposé aux précipitations avec des cumul moyen annuel de l'ordre de 1500 à 2000 mm.

Globalement, on note une saison humide avec des périodes de plus fortes précipitations (de janvier à juillet) et une période plus sèche (d'août à décembre).

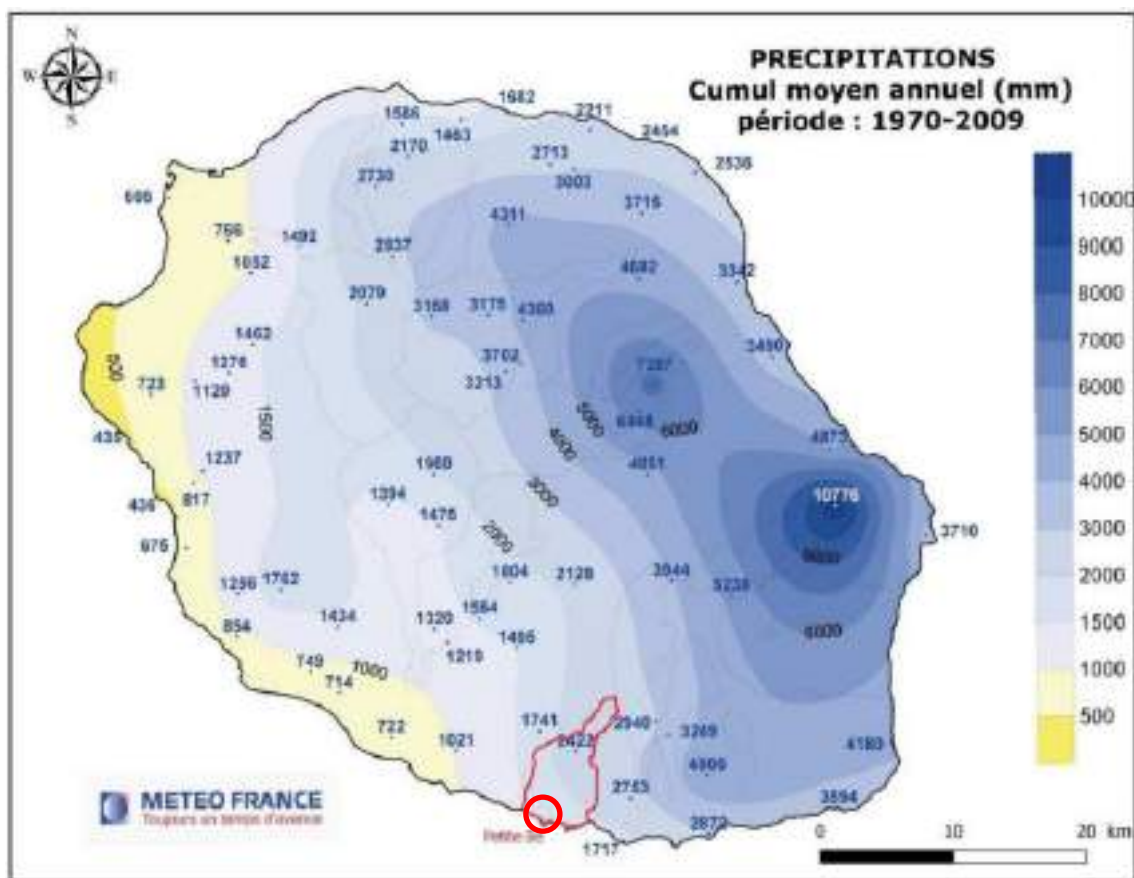


Figure 77 : Cumul moyen annuel de précipitations en mm sur la période 1970-2009 (Source : Note de présentation du PPR de Petite-Ile)

2.4.3 Vents

Les stations météorologiques littorales les plus proches et pour lesquelles des données sont disponibles sont situées à Saint Pierre ou au Baril, donc éloignée de plusieurs kilomètres de la zone d'étude.

Ainsi le vent sur la zone d'étude est caractérisé à partir de données modélisées par Actimar (2019) au large de la plage de Grande Anse sur la période 2000-2009.

Le vent provient essentiellement du secteur Est à Est-Sud-Est (66%) en raison d'un régime d'alizé dominant. En moyenne sur l'année, le vent est de 6.0 m/s (21.6 km/h) et 99% du temps il est inférieur à 11.7 m/s (~42 km/h).

A terre, il peut exister un régime de brise thermique alternant entre le jour et la nuit mais l'intensité des vents reste faible par rapport aux vents d'alizés.

2.4.4 Qualité de l'air

2.4.4.1 Généralités sur les polluants atmosphériques

Les principaux polluants émis dans l'air proviennent essentiellement du trafic routier et des sites industriels. Les composés polluants communément mesurés sont les suivants :

- Le dioxyde de soufre (SO₂) : il provient de la combustion (fuel, charbon) et des transports. C'est un polluant utilisé comme traceur de l'activité industrielle et des chauffages domestiques ;
- Les oxydes d'azote (NO/NO₂) : ils sont émis essentiellement par le trafic automobile ;

- Le monoxyde de carbone (CO) : c'est également un polluant émis par les moteurs automobiles ;
- L'ozone (O3) : ce composé provient indirectement des trafics automobiles et des sites industriels, combinés à des réactions photochimiques ;
- Les particules en suspension surveillées sont les poussières d'un diamètre inférieur à 10 micromètres (PM10) et celles d'un diamètre inférieur à 2,5 micromètres (PM2.5) : ces particules sont principalement issues de la combustion des produits pétroliers. Les sources sont donc représentées par les industries et l'automobile, en particulier pour les poussières PM2.5 ;
- Les composés organiques volatils (COVNM) : ils sont issus en majorité du résidentiel/tertiaire, puis du transport routier. On note en particulier le benzène (C6H6) dont le principal émetteur est le résidentiel tertiaire en particulier du fait de la combustion du bois, suivi du transport routier ;
- Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) : ils représentent une famille de composés formés de 4 à 7 noyaux benzéniques, émis principalement par le résidentiel tertiaire, suivi du transport routier ;
- Les métaux principalement surveillés dans l'air ambiant en France sont l'arsenic (As), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni). Ils sont présents dans l'atmosphère sous forme solide, associés aux fines particules en suspension. Les métaux proviennent de la combustion des charbons, pétroles, déchets ménagers et de certains procédés industriels (activités de raffinage, métallurgie...).

Les directives européennes en matière de qualité de l'air imposent des seuils d'émission à respecter par polluant. L'Etat français les a retranscrits en droit national (article R221-1 du code de l'environnement) : les seuils peuvent être plus contraignants de ceux imposés par l'Europe.

2.4.4.2 Qualité de l'air locale

L'association agréée de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) à La Réunion, Atmo-Réunion (ex-ORA, Observatoire Réunionnais de l'Air) a en charge la surveillance de la qualité de l'air sur la région. Elle dispose de 17 stations fixes de surveillance installées sur toute La Réunion selon des critères nationaux.

Toutefois, aucune station n'est située sur ou à proximité immédiate du site de Grande Anse. La station la plus proche est « Bd Banks » sur la commune de Saint-Pierre, qui mesure uniquement les émissions liées au trafic c'est-à-dire la quantité de particule fine PM10 et le dioxyde d'azote (NO2). La situation de cette station ne rend pas les données comparables au site de Grande Anse de par sa position en retrait de la route et de l'absence de toute émission polluante (installations industrielles, habitations).

Toutefois, au regard du contexte du site, la qualité de l'air sur celui-ci est considérée comme bonne.

Le projet ne prévoit pas l'ajout de source d'émission par rapport à la situation actuelle, aussi, la qualité de l'air au niveau du site du bassin de baignade est attendue comme bonne en phase d'exploitation.

2.6 Périmètres de protection et inventaire

2.6.1 ZNIEFF

Les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique Floristique et Faunistique n'ont pas de valeur juridique directe. Elles doivent cependant être prises en compte dans les projets d'aménagement et les études environnementales associées (jurisprudence existante).

Les ZNIEFF sont de deux types :

- Les ZNIEFF de type I : ensemble de quelques mètres carrés à quelques milliers d'hectares constitués d'espaces remarquables : présence d'espèces rares ou menacées, de milieux relictuels, de diversité d'écosystèmes ;
- Les ZNIEFF de type II : ensemble pouvant atteindre quelques dizaines de milliers d'hectares correspondant à de grands ensembles naturels peu modifiés, riches de potentialités biologiques et souvent un intérêt paysager.

La zone d'étude est concernée par deux ZNIEFF terrestres :

- La ZNIEFF de type 1 « Littoral du Sud sauvage » (identifiant national : 040030181) accueille une bande de végétation littorale encore préservée sur environ 11 km, abritant une faune et une flore hautement patrimoniales comme le Léopard vert de Manapany et une flore rare (*Delosperma napiforme*, *Lobelia serpens*, *Gastonia cutispongia*, *Obetia ficifolia*).
- La ZNIEFF de type 2 « Littoral de Petite-Île à Saint Joseph Ouest » (identifiant national : 040030012) s'inscrit dans une logique de continuum écologique en lien avec la ZNIEFF I existante (voir ci-dessus). Le secteur abrite aussi la principale zone de reproduction du "Maquoi" (*Anous stolidus*), espèce menacée (vulnérable selon les critères UICN), ainsi que deux sites de reproduction pour le Puffin du Pacifique (*Puffinus pacificus*). On note aussi la présence et la reproduction sur toute la zone, ainsi que dans l'arrière-pays jusqu'à 100 mètres d'altitude environ du Léopard vert de Manapany endémique (*Phelsuma inexpectata*). Cette ZNIEFF couvre de plus l'un des seuls sites connus dans l'île du glaïeul indigène (*Gladiolus luteus*), en danger critique d'extinction. Enfin, très riche diversité entomologique dans le secteur, avec de nombreuses espèces non identifiées voire jamais encore décrites, très probablement endémiques.



Figure 78 : Les ZNIEFF proche de la zone d'étude

La zone d'étude s'inscrit également dans deux ZNIEFF marines :

- La ZNIEFF marine de type I « Grande Anse Pente externe » (identifiant national 04M000009)
- La ZNIEFF marine de type II « Grand Anse » (identifiant national 04M000002) correspondent à un ensemble récifal, constitué principalement par un récif frangeant très étroit soumis à un fort hydrodynamisme (houle du sud). Le platier étroit est ainsi constitué d'une dalle arasée avec des colonies coralliennes éparses (la diversité sur ce platier étant alors faible). Le bassin de baignade (enrochement artificiel) sur le platier présente une richesse spécifique élevée et des peuplements atypiques du fait d'un mode hydrodynamique calme (lié aux enrochements artificiels). La pente externe est à éperons et sillons, parfois marqués. Ces éperons peuvent localement par leur taille créer de véritables petits tombants de quelques mètres de hauteur. La partie supérieure de la pente externe est également parsemée de failles. La richesse spécifique est assez élevée et la couverture corallienne forte sur la partie supérieure de la pente externe.

Cet ensemble récifal est assez typique des formations similaires du sud de La Réunion (ex. Grand Bois), se caractérisant par une typicité liée à un hydrodynamisme important. Dans cette zone marine littorale, la biodiversité marine présente donc un enjeu fort.

2.6.2 Espace Remarquable du Littoral

Une partie du site de Grande Anse est classé dans le Schéma d'Aménagement Régional (SAR), en application de l'article L.146-6 du Code de l'Urbanisme, comme étant un espace naturel remarquable du littoral à préserver.

Sur la partie terrestre, cette zone correspond à la plage, au Piton Grande Anse et aux remparts boisés classés en Espace boisés Classés (EBC) pour sa partie terrestre (Figure 79).



Figure 79 : Espace remarquable du littoral

2.6.3 Autres protections

La zone d'étude est éloignée des zonages du Parc National de La Réunion (>2 km pour l'aire d'adhésion), et le 1er Espace Naturel Sensible (Département de La Réunion) est le site de « Piton Montvert » localisé à environ 4 km au Nord du site d'étude.

Le projet est également situé à environ 2 km de l'Arrêté de Protection de Biotope du rocher de Petite-Ile, ce qui ne fait pas ressortir d'interaction et sensibilité notable vis-à-vis du projet.

2.7 Milieu naturel terrestre

Un diagnostic faune/flore a été réalisé par le bureau d'étude Biotope en Mars 2019.

Le volet diagnostic faune/flore de l'étude d'impact a en effet été réalisé par le bureau d'étude Biotope et a fait l'objet d'un rapport d'expertise joint en annexe 1 de l'étude d'impact. Ce rapport détaille dans son annexe 1 l'ensemble des méthodologies déployées pour la réalisation de l'expertise écologique. S'agissant de l'étude du milieu naturel terrestre, une expertise écologique de terrain a été menée le 19 Octobre 2018 portant sur l'étude plus spécifique :

- Expertise faune flore/habitats : reconnaissance des habitats et localisation de la flore remarquable
- Oiseaux : points d'écoute
- Reptiles : transects.

Le rapport précise également les auteurs de l'expertise écologique.

Equipe mobilisée pour l'étude d'impact – volet faune et flore

Société	Nom de l'intervenant	Mission
	Chef de projet, responsable de la coordination de l'étude et rédaction du document	Jean-Sébastien PHILIPPE
	Expertises naturalistes / milieu terrestre	Habitats naturels faune et flore : Cédric HOARAU
	Expertises naturalistes / milieu marin	Qualité de l'eau / Benthos et habitats : Aymeric BEIN Poissons : JS PHILIPPE Cétacés : GLOBICE
	Contrôleur qualité	Yves CAPON

Tableau : Détail de l'équipe intervenue pour la réalisation de l'étude d'impact – volet faune et flore

L'ensemble de l'étude se trouve en annexe 1 où notamment sont détaillées les méthodologies employées pour les inventaires bibliographiques et de terrain.

2.7.1 Les habitats naturels

2.7.1.1 Etat des connaissances

Dans ce secteur géographique de Grande Anse (commune de Petite-Ile), le secteur est à caractère rural et touristique. Le secteur se différencie par différents faciès ayant un gradient altitudinale simple parcourant ; une plage de sable blanc, un parc aménagé, des fourrés secondaires et enfin des falaises et côtes rocheuses (Piton grande Anse notamment accueillant localement des espèces indigènes). Une ravine sèche, « la Ravine des Français » en limite est de la zone d'étude immédiate parcourt la zone d'étude rapprochée.

D'après la bibliographie, les habitats naturels les plus proches, correspondant à des végétations naturelles, sont très éloignés du secteur étudié. Ainsi, la zone d'étude était avant l'arrivée de l'homme recouverte par une forêt tropicale semi-sèche complexe dite « forêt de Bois de couleurs des Bas » ou étage mégatherme semi-xérophile (Th Cadet 1989.). Aujourd'hui, à l'échelle de l'île, cette forêt existe en de rares endroits très localisés généralement au niveau des remparts de

ravines. En effet, la plupart des végétations semi-sèches situées en basse altitude ont été remaniées et remplacées par les activités humaines dont l'urbanisation et l'agriculture. Elle a ainsi été entièrement remplacée par une flore exotique ou fait place désormais aux secteurs agricoles, villes, villages de la côte sud de l'île de la Réunion. Tout naturellement, concernant la zone d'étude, il est facile d'énoncer que cette forêt a aussi entièrement disparue.

En se référant aux connaissances bibliographiques, aucun habitat naturel n'est recensé au sein de la zone d'étude. La végétation originelle indigène n'y est donc pas présente.



Figure 80 – Plage et côtes rocheuse du Piton Grande Anse (Biotope, 2018)



Figure 81 - Cartographie simplifiée des habitats naturels indigènes à une échelle élargie avant et après la colonisation humaine (Source : DEAL, 2015)

D'une manière plus globale, il est à savoir qu'à ces altitudes la végétation indigène à forte valeur patrimoniale se trouve principalement dans les zones humides, les remparts de ravines et les

zones littorales. Concernant la végétation marécageuse au sein de la Ravine des Français, les données historiques ne permettent pas de déterminer quelles étaient les végétations originales existantes. Celles-ci ont entièrement disparues et l'habitat a été entièrement remanié dans sa composition floristique. Il s'agit d'autre part d'une ravine sèche inondé uniquement en temps de fortes précipitations lors de la période humide de l'année. Concernant les remparts et les ravines, la ravine des Français est la seule ravine comprise dans la zone d'étude. Ces berges sont composées d'une végétation majoritairement exotique mais contenant en amont des espèces indigènes patrimoniales. Concernant les zones littorales, il est à savoir que dans le cadre de l'élaboration des cahiers des habitats de la Réunion [CBNM, 2011], il a été établi une cartographie des habitats littoraux et semi xérophiles de La Réunion (DEAL, 2015). Les habitats de la frange littorale de la zone d'étude ont donc été cartographiés récemment et mentionnent plusieurs habitats remarquables au niveau des côtes rocheuses, trottoirs et falaises basaltiques végétalisées.



Figure 82 - Cartographie simplifiée des habitats littoraux réalisée en 2016 (Source : DEAL, 2016)

2.7.1.2 Habitats recensés

Au droit des aires d'études (immédiate et rapprochée), l'expertise des végétations met en évidence 3 grands ensembles présents :

- Des végétations littorales, majoritairement constituées d'espèces indigènes halophiles pour la plupart communes, situées sur les plages de sables, arrière-plages ou encore les côtes et falaises littorales ;
- Des végétations secondaires, constituées par des espèces exotiques de la végétation mégartherme semi-xérophile de basse altitude pour la plupart envahissantes, situées sur l'ensemble de la zone d'étude ;

- Des végétations liées à l'artificialisation du milieu (activités humaines) représentés principalement par des aménagements paysagers à but touristiques.

Nota : la classification des habitats terrestres s'est faite selon la typologie des habitats de la Réunion (TDHR - CBNM, 2014), et selon le référentiel Corine Biotope (2010) en l'absence de corrélation.

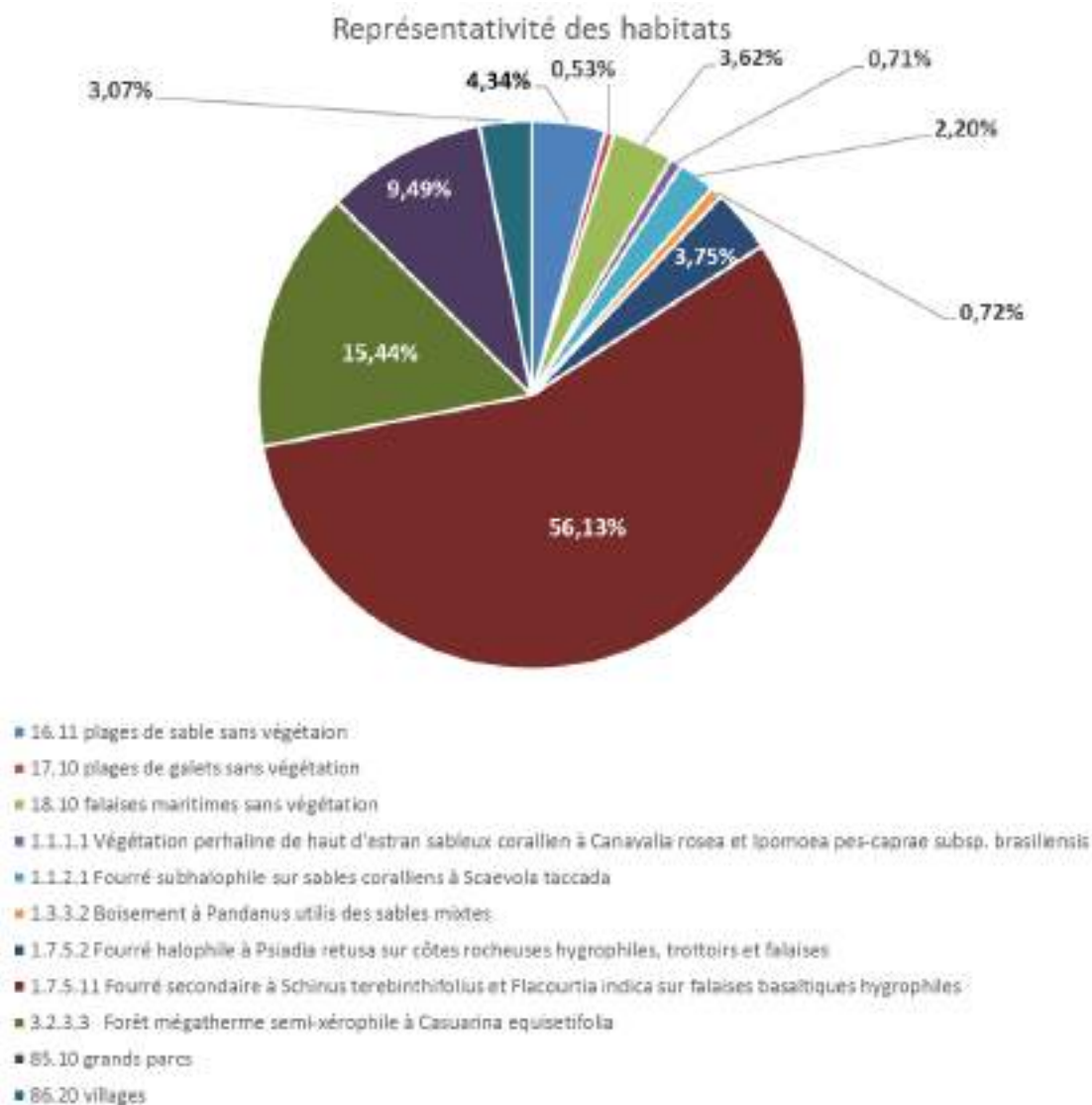


Figure 83 – Proportion des formations végétales au sein de la zone d'étude (Biotope, 2018).

Tableau 26 – Liste des habitats recensés sur la zone d'étude (Source : Biotope 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010)

Habitats recensés (*)	Superficie (Zone d'étude immédiate)	Superficie (Zone d'étude rapprochée)	Superficie (totale) ha)	Représentativité
Habitats littoraux				
CB. 16.11 Plages de sable sans végétation	1,69	0,00	1,69	4,34%
TDHR. 17.10 Plages de galets sans végétation	0,20	0,00	0,20	0,53%
TDHR. 18.10 Falaises maritimes sans végétation	0,00	1,41	1,41	3,62%
TDHR. 1.1.1.1 Végétation perhaline de haut d'estran sableux corallien à <i>Canavalia rosea</i> et <i>Ipomoea pes-caprae</i> subsp. <i>brasiliensis</i>	0,28	0,00	0,28	0,71%
TDHR. 1.1.2.1 Fourré subhalophile sur sables coralliens à <i>Scaevola taccada</i>	0,20	0,65	0,85	2,20%
TDHR. 1.3.3.2 Boisement à <i>Pandanus utilis</i> des sables mixtes	0,28	0,00	0,28	0,72%
TDHR. 1.7.5.2 Fourré halophile à <i>Psiadia retusa</i> sur côtes rocheuses hygrophiles, trottoirs et falaises	0,00	1,46	1,46	3,75%
TDHR. 1.7.5.11 Fourré secondaire à <i>Schinus terebinthifolius</i> et <i>Flacourtia indica</i> sur falaises basaltiques hygrophiles	3,74	18,05	21,80	56,13%
Habitats de l'étage mégatherme semi-xérophile				
TDHR. 3.2.3.3 Forêt mégatherme semi-xérophile à <i>Casuarina equisetifolia</i>	0,00	6,00	6,00	15,44%
Habitats anthropiques				

Habitats recensés (*)	Superficie (Zone d'étude immédiate)	Superficie (Zone d'étude rapprochée)	Superficie (totale) ha)	Représentativité
CB. 85.10 Grands parcs	3,69	0,00	3,69	9,49%
CB. 86.20 Villages	1,19	0,00	1,19	3,07%
Total général	11,28	27,56	38,83	100,00%

(*) Habitats Corine Biotope (2010) et Typologie Descriptive des Habitats naturels de la Réunion (2014)

2.7.1.2.1 Les végétations littorales

[CB 16.11] Plages de sable sans végétation

Localisation : frange littorale, à l'ouest de la zone d'étude immédiate.

Située au niveau de la frange littorale de Grande Anse, il s'agit d'une plage de sable blanc (sable corallien) sans végétation. Cet habitat peut présenter des enjeux forts sous certaines conditions, notamment la présence de zones de fréquentation par les tortues marines (ce qui n'est pas le cas concernant la zone d'étude immédiate).

Cet habitat présente un enjeu faible

[CB 17.10] Plages de galets sans végétation

Localisation : frange littorale, sud-ouest de la zone d'étude immédiate.

Située au niveau de la frange littorale de Grande Anse, il s'agit d'une plage de galet (roche basaltique) sans végétation.

Cet habitat présente un enjeu faible.

[CB 18.10] Falaises maritimes sans végétation

Localisation : frange littorale, sud de la zone d'étude rapprochée.

Il s'agit des côtes rocheuses et falaises littorales abruptes soumises à l'influence maritime ne permettant pas à une végétation de s'y développer. Cet habitat peut présenter des enjeux forts sous certaines conditions, notamment la présence de colonies et de terriers d'oiseaux marins (ce qui est le cas concernant la zone d'étude rapprochée).

Cet habitat présente un enjeu fort.

[TDHR 1.1.1.1] Végétation perhaline de haut d'estran sableux corallien à *Canavalia rosea* et *Ipomoea pes-caprae* subsp. *Brasiliensis*

Localisation : frange littorale en arrière-plage, ouest de la zone d'étude immédiate.

Au niveau de la plage de sable blanc (sable corallien), se développe une végétation lianescente indigène largement dominée par la liane Patate à Durand (*Ipomoea pes capraea*) et la liane Cochon (*Canavalia rosea*). Ces deux espèces sont connues pour leur intérêt au niveau des plages réunionnaises. En effet, ces lianes permettent de maintenir le sable au niveau des plages en cas de marée forte.

Cet habitat présente un enjeu moyen.

[TDHR 1.1.2.1] Fourré subhalophile sur sables coralliens à *Scaevola taccada*

Localisation : Localement dans la zone d'étude immédiate et rapprochée.

Il s'agit d'un fourré arbustif bas paucispécifique ayant une strate herbacée sporadique, fortement soumis aux embruns marins et se développant sur un sol sableux ou par endroits sur la roche basaltique affleurante. La végétation est dominée par une espèce, le manioc Bord de mer (*Scaevola taccada*) accompagnée par la liane Patate à Durand et la liane Cochon.

Cet habitat présente un enjeu moyen.

[TDHR 1.3.3.2] Boisement à *Pandanus utilis* des sables mixtes

Localisation : Localement dans la zone d'étude immédiate.

Des fourrés arborés se développent en arrière-plage, principalement constitués principalement de Vacoa (*Pandanus utilis*). La strate arbustive y est inexistante et la strate herbacée est dominée par la trainasse (*Stenotaphrum dimidiatum*). Il s'agit ici d'une végétation plantée en arrière-plage dans le but de servir d'aire d'accueil.

Cet habitat présente un enjeu faible.

[TDHR 1.7.5.2] Fourré halophile à *Psiadia retusa* sur côtes rocheuses hygrophiles, trottoirs et falaises

Localisation : frange littorale, nord et sud, sud-est de la zone d'étude rapprochée.

Des fourrés halophiles arbustifs essentiellement présents sur les falaises au Nord-Ouest et au Sud-Est de la zone d'étude. Ces fourrés sont quasi dominés par la salliete (*Psiadia retusa*) (espèce protégée) et le manioc bord de mer (*Scavaeola taccada*). Les espèces accompagnatrices sont le *Lycium mascarense*, La lavangère (*Delosperma napiforme*) (espèce rare et protégée), *Fimbristylis cymosa*, *Lepturus repens*, *Lysimachia mauritiana*, *Lobelia serpens*, *Euphorbia goliata* et *Euphorbia viridula* ; ces deux dernières espèces étant des taxons considérés comme rares voir exceptionnels à l'échelle régionale. Il est à rappeler que les formations littorales indigènes de la Réunion font partie des milieux indigènes les plus menacées. La plupart des espèces littorales présentent ainsi des intérêts patrimoniaux modérés à forts.

Cet habitat présente un enjeu fort

[TDHR 1.7.5.11] Fourré secondaire à *Schinus terebinthifolius* et *Flacourtia indica* sur falaises basaltiques hygrophiles

Localisation : Piton Grande Anse, falaises au nord de la plage de Grande Anse (Zone d'étude rapprochée).

Des fourrés et bosquets sont situés en zone d'arrière littoral et sur le Piton Grande Anse, ils sont constitués d'espèces exotiques envahissantes (notamment le Faux poivrier -*Schinus terebinthifolia*-) et aussi d'espèces endémiques telles que le latanier rouge (*Latania lontaroides*). On les retrouve essentiellement en zone Nord-Ouest de la zone d'étude avec de nombreux individus de lataniers. Toutefois, cet habitat a aussi été observé au Nord de la zone d'étude à proximité de la zone restaurant et du chemin d'accès à la plage de Grande Anse. Cependant, les lataniers sont bien moins représentés (quelques individus seulement). Il est à signaler que cette espèce est souvent utilisée dans le cadre d'aménagements urbains ou paysagers au sein de l'île mais il reste quasi-évident qu'au vu de leurs dispositions (falaises), ces individus-ci sont spontanés ou du moins sub-spontanés (issus d'individus plantés) et non plantés.

Cet habitat présente un enjeu faible localement forts (au vu de la présence des lataniers).

2.7.1.2.2 La végétation mégatherme semi-xérophile de basse altitude

[TDHR 3.2.3.3] Forêt mégatherme semi-xérophile à *Casuarina equisetifolia*

Localisation : Localement au niveau du Piton Grande Anse (Zone d'étude rapprochée).

Il s'agit d'une végétation arborée de grande en taille (15-20m) paucispécifique, peu dense et occupant des surfaces importantes composée majoritairement d'une espèce exotique envahissante, le Filaos (*Casuarina equisetifolia*). Cette végétation se développe en association avec d'autres espèces exotiques ; le faux poivrier, la prune malgache le choka vert (*Furcraea*

foetida) et une strate herbacée caractérisée par un recouvrement important de Trainasse (*Stenotaphrum dimidiatum*).

Cet habitat présente un enjeu faible.

2.7.1.2.3 Les habitats anthropiques

[CB 85.10] Grands parcs

Localisation : au sein de la zone d'étude immédiate en arrière-plage.

Il s'agit de la zone correspondant à l'aire d'accueil de la plage de Grande Anse. Plusieurs aménagements paysagers y ont été retrouvés avec notamment la présence d'espèces indigènes et/ou endémiques de La Réunion, telles que par exemple le Bois de Judas (*Cossinia pinnata*), le Bois d'arnette (*Dodonaea viscosa*), le Latanier rouge (individus plantés)...

[CB 86.20] Villages

Localisation : au sein de la zone d'étude immédiate.

Il s'agit ici de routes et aménagements urbains de la zone d'étude (restaurants, salles de fêtes, etc...).

Ces habitats anthropiques ne présentent aucun enjeu écologique.

2.7.1.3 Bioévaluation des végétations recensées

Ce chapitre présente une synthèse des enjeux liés aux végétations recensées sur l'aire d'étude. Chacune d'entre elles a fait précédemment l'objet d'une présentation synthétique reprenant les principales caractéristiques de ces habitats.

En termes de fonctionnalité écologique, il est à noter que les zones d'intérêt écologique d'un point de vue floristique sont situées essentiellement sur les zones littorales où se développent des espèces végétales littorales rares (ce qui constitue l'intérêt de cette zone). Ainsi, deux zones de ce type ont pu être déterminées au Nord-Ouest et au Sud-est de la zone de Grand anse.

Des bosquets arrière-littoraux constitués de lataniers (à priori sub-spontanés) présentent aussi un intérêt écologique. Ils ne sont visibles qu'au niveau de la falaise Nord, en arrière de la végétation littorale mais aussi à l'arrière de la zone de parking mais comprenant un plus petit effectif de lataniers. En outre, des habitats lianescents situés sur la quasi-totalité de la plage de Grand Anse présentent des enjeux moyens. Il s'agit des végétations à patate à Durand et à Liane cochon. Enfin, les boisements à Vacoas, bien que très présents sur l'île, présentent sur ce site un intérêt particulier car ces milieux constituent des zones favorables au développement du Gecko vert de Manapany (dont une petite population existerait dans cette zone - ECOMED, 2015).

Dans l'aire d'étude immédiate, dans l'emprise du projet, les enjeux liés aux habitats naturels sont faibles. Plus largement, cet enjeu est moyen voire fort en considérant l'aire d'étude rapprochée, voire élargie. Parmi les habitats remarquables, il ressort :

- 1 habitat endémique de La Réunion ;
- 1 habitat déterminant ZNIEFF de type 1 et 4 habitats déterminant ZNIEFF de type 2 ;
- 2 habitats d'intérêt écologique REDOM ;
- 1 habitat reconnu comme rare et 2 reconnus comme assez rares à l'échelle de l'île.

Le tableau ci-dessous présente les enjeux écologiques pour les habitats naturels recensés.

Tableau 27 – Liste des habitats recensés sur la zone d'étude (Source ; Biotope 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010)

Habitats (TDHR 2014*)	HABITATS (Corine Biotope 2010)	LOCALISATION	Statut Réunion **			Habitats remarquables	Enjeux
			Rareté Réunion	Naturalité	Endémicité		
HABITATS LITTORAUX							
Non codé	CB 16.11 plages de sable sans végétation	Aire d'étude immédiate	0	0	0	Déterminant ZNIEFF sous condition (pontes de tortues marines)	Faible (conditions non remplies)
Non codé	CB 17.10 plages de galets sans végétation	Aire d'étude immédiate	0	0	0	0	Faible
Non codé	CB 18.10 falaises maritimes sans végétation	Aire d'étude rapprochée	0	0	0	Intérêt éco-régional Déterminant ZNIEFF sous condition (colonies oiseaux marins)	Fort
TDHR 1.1.1.1 Végétation perhaline de haut d'estran sableux corallien à <i>Canavalia rosea</i> et <i>Ipomoea pes-caprae</i> subsp. <i>brasiliensis</i>	CB 16.1911 Groupement à <i>Ipomea pes-caprae</i> et/ ou <i>Canavalia maritima</i> sur plages de sables (Réunion) (TDHR 1.1.1.1]	Aire d'étude immédiate	Assez rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Non endémique	Déterminant ZNIEFF sous condition	Moyen

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact
Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Habitats (TDHR 2014*)	HABITATS (Corine Biotope 2010)	LOCALISATION	Statut Réunion **			Habitats remarquables	Enjeux
			Rareté Réunion	Naturalité	Endémicité		
TDHR 1.1.2.1 Fourré subhalophile sur sables coralliens à <i>Scaevola taccada</i>	CB 16.1921 groupement à <i>Scaevola taccada</i> sur plages de sables (Réunion)	Aire d'étude immédiate et aire d'étude rapprochée	Assez rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Non endémique	Déterminant ZNIEFF sous condition	Moyen
TDHR 1.3.3.2 Boisement à <i>Pandanus utilis</i> des sables mixtes	CB 83.397 fourrés à vacoas littoraux	Aire d'étude immédiate	0	0	0	0	Faible
TDHR 1.7.5.2 Fourré halophile à <i>Psiadia retusa</i> sur côtes rocheuses hygrophiles, trottoirs et falaises	CB 18.2923 groupement à <i>Psiadia retusa</i> sur falaises et côtes rocheuses (Réunion)	Aire d'étude rapprochée	Rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Endémique	Déterminant ZNIEFF	Fort
TDHR 1.7.5.11 Fourré secondaire à <i>Schinus terebinthifolius</i> et <i>Flacourtia indica</i> sur falaises basaltiques hygrophiles	CB 87.1935 fourrés secondaires à <i>Schinus terebinthifolius</i>	Aire d'étude immédiate et aire d'étude rapprochée	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	0	Faible

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact
Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Habitats (TDHR 2014*)	HABITATS (Corine Biotope 2010)	LOCALISATION	Statut Réunion **			Habitats remarquables	Enjeux
			Rareté Réunion	Naturalité	Endémicité		
HABITATS DE L'ETAGE MEGATHERME SEMI-XEROPHILE							
TDHR 3.2.3.3 Forêt mégatherme semi-xérophile à <i>Casuarina equisetifolia</i>	CB 87.1942 boisement à <i>Casuarina equisetifolia</i>	Aire d'étude rapprochée	Peu commun	Végétation Secondaire	Non endémique		Faible
HABITATS ANTHROPIQUES							
Non codé	CB 85.10 grands parcs	Aire d'étude immédiate	0	0	0		Aucun
Non codé	CB 86.20 villages	Aire d'étude immédiate	0	0	0		Aucun

* CBNM (inédit) Référentiel typologique des milieux naturels et des habitats de la Réunion (2014)

** CBNM (inédit) Référentiel typologique des milieux naturels et des habitats de la Réunion (Dupont J., Strasberg D. et Rameau J-C., Décembre 2000)

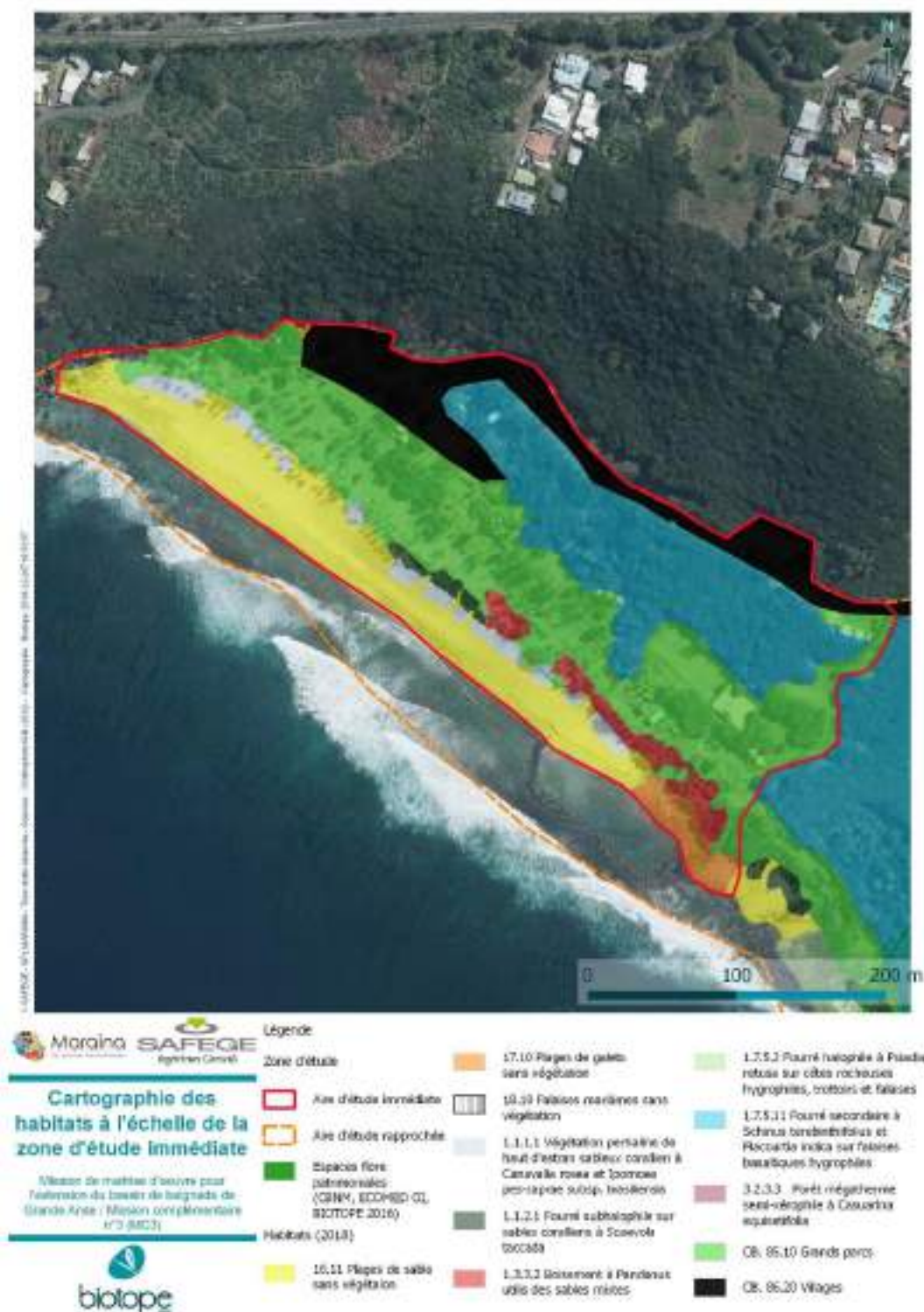


Figure 84 – Cartographie des habitats de la zone d'étude immédiate (Biotope, 2018)

2.7.2 La flore

2.7.2.1 Généralités

Sur l'ensemble des relevés floristiques réalisés (relevés non exhaustifs au vu de la superficie de l'aire d'étude) et des données bibliographiques connues (Etude d'impact 2016 sur les travaux d'arrière-plage), **135 espèces végétales ont été recensées sur les zones d'étude immédiate et rapprochée** : *Cf. Annexe 2 Liste de la flore recensée au droit de la zone d'étude.*

- 28 espèces indigènes ;
- 12 espèces dont le statut est incertain mais dont l'hypothèse la plus probable est une origine indigène ;
- 88 espèces exotiques ;
- 3 espèces dont le statut est incertain mais dont l'hypothèse la plus probable est une origine exotique ;
- 4 espèces dont le statut est aujourd'hui indéterminé par manque d'informations.

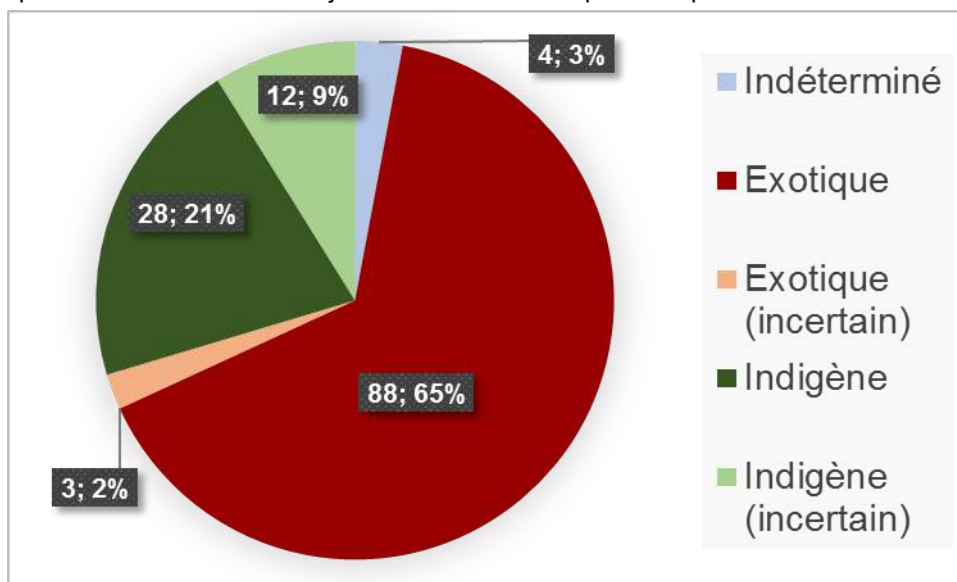


Figure 85 - Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude (Biotope, 2018) [xx ; xx % : nombre d'espèce et pourcentage]

En termes de diversité spécifique, les formations rencontrées au sein de la zone d'étude immédiate étant fortement dégradées ou artificialisées, la flore est représentée majoritairement par des espèces exotiques dont plusieurs présentent un caractère envahissant, ainsi que de nombreuses espèces rudérales. Seuls les habitats situés en frange littorale présentent des taux d'indigénat plus élevés.

En termes d'abondance et de représentativité, la flore exotique est l'élément dominant des différents relevés floristiques réalisés.

Ainsi, **une grande majorité de la flore inventoriée est d'origine exotique (65%)**, ce qui témoigne d'une très faible qualité écologique des milieux présents sur l'aire d'étude, en lien par ailleurs avec l'état de conservation dégradé de ces habitats, comme précisé ci-avant.

Par grand type de milieux, la flore recensée présente les caractéristiques suivantes :

- Les habitats littoraux présentent des taux d'indigénat importants et sont caractérisés par la présence d'espèces patrimoniales.
- Les différentes végétations arbustives de l'étage mégatherme semi-xérophile présentent des taux d'indigénat très faibles et une diversité spécifique modérée. Seuls quelques espèces

indigènes (dont certaines protégées) ont été recensés au sein des fourrés situés dans la ravine des Français.

- Les habitats anthropiques renferment majoritairement des espèces exotiques qui sont pour la plupart plantées. Seules des espèces spontanées (espèces rudérales surtout), pour la plupart envahissantes se développent à la marge des zones aménagées

Les espèces indigènes sont *in fine* représentées par 40 taxons pour la plupart très communs sur l'île (incluant les espèces dites indigènes « incertain » selon l'index Mascarine V1.2017) :

- 20 espèces indigènes sont spontanément présentes au sein de la zone d'étude ;
- 12 espèces présentent un statut d'indigénat « incertain » et sont très communes à l'échelle de l'île. Une seule de ces 12 espèces présente un statut d'espèce protégée, le Mova (*Hibiscus tiliaceus*), individus plantés sur site. Une autre espèce non protégée, le Porché (*Thespesia populnea*) est aussi plantée sur la zone d'étude immédiate.
- 8 espèces indigènes ont été plantées (aménagements paysagers ou opérations de restauration écologique), telles que le Bonduc (*Caesalpinia bonduc*), le Bois d'arnette (*Dodonaea viscosa*), le Bois de Judas (*Cossinia pinnata*), le Bois rouge (*Elaeodendron orientale*), le Mahot Tantant (*Dombeya acutangula*), le Bois de sable (*Indigofera amoxylum*), le Bois d'éponge (*Polyscias cutispongia*) et le Benjoin (*Terminalia bentzoë*). Ces 4 dernières espèces sont protégées, mais bien qu'indigènes et protégées, l'intérêt patrimonial est donc très diminué et **aucune contrainte réglementaire n'est ainsi associée à leur présence du fait de leur origine (Voir chapitres ci-dessous).**

2.7.2.2 Flore indigène protégée³

Dans la zone d'étude immédiate, aucune espèce protégée n'a été recensée (à l'exception d'individus plantés). Au regard des habitats rencontrés, les potentialités de développement d'espèces protégées restent très faibles voire nulles (habitats indigènes fortement soumis aux activités humaines).

Dans la zone d'étude rapprochée, 12 espèces protégées ont été recensées dont 5 ne sont pas qualifiées de spontanée (représentées uniquement par des individus plantés dans le cadre d'aménagements paysagers). Ainsi, la flore protégée se compose de 7 espèces, dont 6 espèces spontanées, à savoir : la lavangère (*Delosperma napiforme*), le Bois d'ortie (*Obetia ficifolia*), *Euphorbia goliana*, *Euphorbia viridula*, *Indigofera diversifolia* et *Gladiolus luteus*. A l'exception du Bois d'ortie, il s'agit d'espèces littorales se développant sur les côtes rocheuses et falaises maritimes (aire d'étude rapprochée et élargie / hors emprise du projet). Une espèce subspontanée est présente sur le site : le Latanier rouge (*Latania lontaroides*) au niveau des falaises et remparts de la zone d'étude rapprochée. Précisons toutefois la présence de certains individus au sein de la zone d'étude immédiate mais bien que l'espèce soit protégée, les individus recensés ont été plantés. Les contraintes réglementaires ne s'appliquent donc pas pour ces individus puisqu'elles ne sont pas considérées comme sauvages ou spontanées.

2.7.2.3 Flore indigène rare/menacée

Les espèces indigènes rares et/ou menacées correspondent aux espèces présentant un statut de patrimonialité intégrant :

- La liste rouge UICN selon les critères « En Danger Critique », « En Danger » ou « Vulnérable » ;
- L'endémicité (Réunion), et le degré de rareté à l'échelle de l'île : « Assez Rares », « Rare », « Très rare » ;



Se référer à l'annexe 2
pour les outils de
bioévaluation de la flore

³ [Arrêté ministériel du 27 octobre 2017 (JO du 03/12/2017) protégeant les espèces végétales à La Réunion]

- Le caractère ZNIEFF : déterminante ou complémentaire ZNIEFF sous conditions (présentant un intérêt écologique certain du fait de leur seule présence dans la zone d'étude considérée).

Dans la zone d'étude immédiate, 2 espèces présentent des enjeux moyens, la liane cochon (*Canavalia rosea*) et *Adiantum rhizophorum*. Aucune autre espèce présente des enjeux forts sur ce secteur.

Les espèces végétales présentant les enjeux écologiques les plus forts sont situées hors zone d'étude immédiate au niveau du Piton Grand Anse, et sont représentées par :

- 7 espèces à enjeux moyens : la Salière (*Psiadia retusa*), la liane cochon (*Canavalia rosea*), la souveraine de mer (*Lycium mascarenense*), *Lepturus repens*, *Lobelia serpens*, *Lysimachia mauritiana* et *Adiantum rhizophorum*.
- 7 espèces à enjeux forts : la lavangère (*Delosperma napiforme*), le Bois d'ortie (*Obetia ficifolia*), le Latanier rouge (*Latania lontaroides*), *Euphorbia goliana*, *Euphorbia viridula*, *Indigofera diversifolia* et *Gladiolus luteus*

Le tableau ci-après présente les espèces indigènes remarquables présents sur la zone d'étude.

Tableau 28 - Bioévaluation de la flore indigène recensée

NOM BOTANIQUE / VERNACULAIRE	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE		STATUT (AIRE D'ETUDE)	ENJEU
			France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF		
<i>Delosperma napiforme</i> (N.E. Br.) Schwantes Lavangère	Réunion	Taxon protégé	Taxon quasi menacé	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Euphorbia goliana</i> Lam.	Réunion	Taxon protégé	Taxon en danger critique	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Euphorbia viridula</i> Cordem. ex Radcl.-Sm.	Réunion	Taxon protégé	Taxon en danger	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Gladiolus luteus</i> Lam.	Madagascar et Mascareignes	Taxon protégé	Taxon en danger	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Indigofera diversifolia</i> DC.	Madagascar et Mascareignes	Taxon protégé	Taxon en danger critique	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Latania lontaroides</i> (Gaertn.) H.E. Moore Latanier rouge	Réunion	Taxon protégé	Taxon en danger critique	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée) Planté (aire d'étude immédiate)	Fort
<i>Obetia ficifolia</i> (Poir.) Gaudich. Bois d'ortie	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon protégé	Taxon en danger	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact
Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

NOM BOTANIQUE / VERNACULAIRE	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	STATUT (AIRE D'ÉTUDE)	ENJEU
<i>Adiantum rhizophorum</i> Sw.	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Moyen
<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC. Patate cochon		Taxon non protégé	Taxon quasi menacé		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Moyen
<i>Lepturus repens</i> (G. Forst.) R. Br.		Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Lobelia serpens</i> Lam.	Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Lycium mascarenense</i> A.M. Venter et A.J. Scott Souveraine de mer		Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Lysimachia mauritiana</i> Lam.		Taxon non protégé	Taxon quasi menacé	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Psiadia retusa</i> (Lam.) DC. La salière	Réunion	Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Ficus reflexa</i> Thunb. Ti l'affouche	Madagascar, Seychelles et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R. Br. Patate à Durand		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott Fougère rivière		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Portulaca oleracea</i> L. Pourpier rouge		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible

NOM BOTANIQUE / VERNACULAIRE	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE		DÉTERMINATION ZNIEFF	STATUT (AIRE D'ETUDE)	ENJEU
			France	IUCN 2010			
Manioc marron du bord de mer							

2.7.2.4 Flore exotique

Les espèces invasives sont relativement bien connues, au moins pour les plus agressives (UICN - Veitch et al. 2011 ; Macdonald 2010 ; U.I.C.N., 2008 et 2012).

Les habitats secondarisés de l'aire d'étude abritent de nombreuses espèces exotiques dont plusieurs à caractère envahissant (indice d'invasibilité 4 à 5 ou à risque d'invasion fort pour les milieux naturels – classe 2P-), ou des espèces émergentes (taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présents dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant - classe 3+). Les classes des espèces appréhendées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 29 – Classe d'invasibilité de la flore exotique définie pour La Réunion [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016) (Source ; CBNM 2016)

INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016)	RISQUE INVASIF
Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Espèce très invasive
Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Espèce invasive
Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Espèce émergente
Taxon potentiellement envahissant Préoccupant, cultivé ou non cultivé, naturalisé et envahissant dans seulement 1-2 localités, connu pour être envahissant ailleurs dans d'autres régions ou îles du monde (2p)	Risque invasion fort

Les inventaires ont ainsi montré que l'aire d'étude immédiate et rapprochée est largement dominée par les espèces exotiques avec **plus de 65% des espèces recensées comme telles**. Sur les 135 espèces végétales recensées, **21 espèces** sont reconnues « **envahissantes ou très envahissantes en milieu naturel** » (voir le tableau ci-après). Les espèces les plus problématiques sur la zone d'étude sont le Faux poivrier (*Schinus terebinthifolia*) et le Filaos (*Casuarina equisetifolia*). Notons la présence d'espèces émergentes ou potentiellement dangereuses sur ce secteur telle que *Coccinia grandis*.

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Tableau 30 – Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion [Source ; CBNM 2016]

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE
Espèce très invasive		
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Filao pays	Casuarinaceae
<i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw.	Choca vert	Asparagaceae
<i>Lantana camara</i> L.	Galabert	Verbenaceae
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Cassi	Fabaceae
<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C. Rob.	Avocat marron	Lauraceae
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Faux poivrier	Anacardiaceae
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Bringellier marron	Solanaceae
<i>Flacourtia indica</i> (Burm. f.) Merr.	Prune malgache	Salicaceae
<i>Stenotaphrum dimidiatum</i> (L.) Brongn.	Herbe bourrique	Poaceae
Espèce invasive		
<i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth.	Bois noir	Fabaceae
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anderson	Herbe le rail	Acanthaceae
<i>Breynia retusa</i> (Dennst.) Alston	Mourongue marron	Phyllanthaceae
<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Songe	Araceae
<i>Desmodium intortum</i> (Mill.) Urb.		Fabaceae
<i>Livistona chinensis</i> (Jacq.) R. Br. ex Mart.	Palmier fontaine	Arecaceae
<i>Merremia tuberosa</i> (L.) Rendle	Rose de bois	Convolvulaceae
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Rameau	Rutaceae
<i>Rivina humilis</i> L.	Groseille	Phytolaccaceae
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jamblon	Myrtaceae
<i>Tetragonia tetragonoides</i> (Pall.) Kuntze	Épinard	Aizoaceae
<i>Urochloa maxima</i> (Jacq.) R.D. Webster	Fataque	Poaceae
Espèce émergente		
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Herbe à bouc	Asteraceae
<i>Barleria prionitis</i> L.	Madame Gustave	Acanthaceae
<i>Bidens pilosa</i> L.	Piquant	Asteraceae

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	Rose amère	Apocynaceae
<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt		Cucurbitaceae
<i>Desmodium incanum</i> (G. Mey.) DC.	Colle-colle	Fabaceae
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.		Caryophyllaceae
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Herbe rose	Poaceae
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Ti trèfle	Oxalidaceae
<i>Passiflora foetida</i> L.	Ti grenadelle	Passifloraceae
<i>Phytolacca americana</i> L.	Faux vin	Phytolaccaceae
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Petit plantain	Plantaginaceae
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipier du Gabon	Bignoniaceae
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	Épi bleu	Verbenaceae
<i>Stachytarpheta urticifolia</i> Sims	Herbe à chenilles	Verbenaceae
<i>Tridax procumbens</i> L.	Casse-tout-seul	Asteraceae
Risque invasion fort		
<i>Duranta erecta</i> L.	Fleurs i sentent la vanille	Verbenaceae
<i>Eucalyptus robusta</i> Sm.	Eucalyptus rouge	Myrtaceae
<i>Phlebodium aureum</i> (L.) J Sm.	Patte de lièvre	Polypodiaceae
<i>Tradescantia spathacea</i> Sw.		Commelinaceae

2.7.3 La faune

2.7.3.1 Entomofaune

2.7.3.1.1 Généralités

L'étude de l'entomofaune a concerné principalement les groupes des papillons de jour (lépidoptères rhopalocères), les libellules (odonates) et certaines araignées. Les investigations ont été ciblées sur les espèces protégées et/ou patrimoniales, en lien avec les milieux naturels et secondaires présents.

2.7.3.1.2 Bibliographie

Le site de Grande Anse semble accueillir une richesse spécifique importante, soit 200 à 250 espèces différentes pour tous groupes confondus (insectes, crustacés, myriapodes et araignées)

(Insectarium de La Réunion, 2003). Les espèces les plus rares ou potentiellement rares n'ont pas été déterminés (un grand nombre d'échantillon ont été envoyés au Muséum d'histoire Naturelle de Paris pour identification). Le groupe le plus représenté est celui des insectes (161 espèces), puis les araignées (61 espèces, toutes communes sur l'île). Il est à noter l'absence des odonates. Pour les insectes, l'ordre le plus représenté est celui des coléoptères (120 espèces), alors que les lépidoptères (papillons) sont représentés par 38 espèces.

Parmi les coléoptères, beaucoup d'espèces fréquentes ont été échantillonnées ; quelques-unes moins fréquentes telles que *Chilocorus politus*, *Platynaspis capicola* et *Rodalia chemesina*. A noter qu'une espèce indéterminée est signalée comme potentiellement intéressante car elle a été rencontrée sur une plante endémique littorale (la Saliette, *Psiadia retusa*).

Parmi les lépidoptères, 14 espèces de papillons de jour ont été observés. Toutes ont été considérées comme communes ou très communes à La Réunion. La présence de nombreuses espèces exotiques végétales (*Flacourtia indica*, *Litsea glutinosa*, graminées...) explique la présence de ces espèces communes : *Phalantha*, *Henotesia narcissus*, *Melanitis leda*, *Zizula hylax*, *Zizeeria knysa*, *Lampides boeticus* et *Leptotes pirithous*. Les piérides sont présentes sur la zone d'étude (*Eurema floricola* et *Catopsilia florella*) ainsi que le *Papilio demodocus*. Parmi les lépidoptères nocturnes, la majorité se révèle être des espèces très communes sur l'ensemble de l'île.

En termes d'habitats, les échantillons récoltés sont assez pauvres en termes d'abondance et de diversité spécifique au sein des habitats littoraux. Les échantillonnages ont été plus nombreux dans les fourrés à Filaos (*Casuarina equisetifolia*) et les fourrés à Faux poivrier (*Schinus terebenthifolia*).

Les lépidoptères sont représentés uniquement par des espèces communes au sein de l'aire d'étude rapprochée, les milieux étant fortement anthropisés et/ou dégradés.

Aucun milieu favorable à la reproduction ou même présence d'odonates n'est présent sur l'aire d'étude rapprochée, ce qui explique leur absence.

2.7.3.1.3 Espèces protégées

Aucune espèce protégée n'a été observée sur la zone d'étude immédiate.

Au sein de l'aire d'étude rapprochée, aucune espèce d'insecte protégée n'a été observée.

Les expertises 2016 ont permis de mettre en évidence la présence du Bois d'ortie (*Obetia ficifolia*) qui est la plante hôte des chenilles de deux papillons remarquables et protégées : *Antanartia borbonica* et *Salamis augustina*. Le premier étant inféodé aux plantes de la famille des urticacées (dont le Bois d'ortie), le second strictement au Bois d'Ortie, ce qui en fait un des papillons les plus rares et menacés à la Réunion étant donné que sa plante hôte est elle-même rarissime. La présence de cette plante concerne l'aire d'étude rapprochée, et n'est pas localisée dans l'emprise du projet.

2.7.3.1.4 Espèces rares et menacées

Les espèces observées au sein de l'aire d'étude sont toutes communes à La Réunion (« Préoccupation mineure » sur la liste rouge UICN). Toutefois, de par son caractère endémique (« complémentaire » ZNIEFF), *Henotesia narcissus borbonica* est considéré comme une espèce patrimoniale. De plus, des espèces potentielles remarquables sont à signaler du fait de la présence de leur plante hôte.

Au total, au sein de la zone d'étude immédiate, parmi les espèces recensées, 1 papillon est considéré comme rare et/ou menacé à la Réunion, et présente donc un enjeu conservation.



Figure 86 - *Henotesia narcissus borbonica* (© Biotope)

Tableau 31 : Espèces d'invertébrés patrimoniales observées sur la zone d'étude

Nom scientifique	Présence dans la zone d'étude	Statuts de rareté	Enjeu
<i>Henotesia narcissus borbonica</i>	Présence avérée (vol) Habitat/altitude : habitats variés, <1500m Présence de plantes-hôtes (<i>Stenotaphrum dimidiatum</i> et Bambous) sur l'aire d'étude : reproduction possible	Endémique de La Réunion Espèce très commune (préoccupation mineure – UICN, 2010) Espèce complémentaire de ZNIEFF	Faible
<i>Salamis augustina</i>	Présence potentielle en vol sur la zone d'étude immédiate Habitat/altitude : présence de la plante hôte en zone semi-sèche à basse altitude Présence de plantes-hôtes (<i>Obetia ficifolia</i>) sur l'aire d'étude rapprochée	Endémique de La Réunion Espèce exceptionnelle (En danger critique d'extinction – UICN, 2010) Espèce déterminante de ZNIEFF Protégée	Fort
<i>Antanartia borbonica</i>	Présence potentielle en vol sur la zone d'étude immédiate Habitat/altitude : basse et moyenne altitude en forêt primaire Présence de plantes-hôtes (<i>Obetia ficifolia</i>) sur l'aire d'étude	Endémique de La Réunion Espèce rare (En danger – UICN, 2010) Espèce déterminante de ZNIEFF Protégée	Fort

2.7.3.1.5 Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Pour les **papillons**, le site n'abrite pas d'espèce patrimoniale, ces dernières affectionnant particulièrement les espaces naturels de type forêts mégathermes, semi-xérophiles ou hygrophiles, milieux au sein desquels les chenilles peuvent trouver leur alimentation préférentielle. Ces milieux n'existent plus au sein de la zone d'étude rapprochée, dont les habitats sont fortement dégradés. Toutefois, la présence d'individus de bois d'orties (espèce caractéristique des zones semi-xérophiles) au sein de la ravine des français rend potentielle la présence de 2 papillons rares tels que *Antanartia borbonica* et *Salamis augustina*, cette dernière étant la plus rare des deux espèces.

Concernant les **libellules**, la richesse spécifique est conditionnée par la présence de milieux marécageux et/ou humides nécessaires à leur développement. L'absence de ces milieux au sein de l'aire d'étude principale induit leur absence sur la zone d'étude.

2.7.3.2 Les reptiles

L'expertise de terrain de l'herpétofaune a été menée sur l'ensemble de l'aire d'étude. Elle a concerné principalement la recherche de deux espèces de reptiles protégées : le Caméléon panthère ou endormi (*Furcifer pardalis*) et le lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*). Ce dernier représente une espèce remarquable hautement patrimoniale, susceptible de se retrouver dans ce type d'habitat sur le littoral (milieux de basse altitude de la côte Sud de La Réunion, entre Saint-Pierre et Saint-Joseph).

2.7.3.2.1 Bibliographie

Deux espèces endémiques de gecko sont connues à La Réunion : le Lézard vert des Hauts (*Phelsuma borbonica*) et le Lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*). Ces 2 espèces présentent des répartitions proches de la zone d'étude tout particulièrement pour le lézard vert de Manapany.

Le Lézard vert de Manapany est très localisé dans le Sud de l'île, sur des stations littorales étalées entre Grand Bois (St Pierre) et St Joseph. Son aire de répartition englobe ainsi la zone d'étude. Des observations signalent cette espèce notamment au niveau du Piton de Grande Anse (NOI, 2018). Cette espèce affectionne en milieu naturel les reliques de la végétation littorale indigène. Il s'agit principalement des fourrés à vacoas (*Pandanus utilis*) et Lataniers rouges (*Latania lontaroides*), des fourrés à manioc Bord de mer (*Scaevola taccada*), des fourrés arbustifs à salière (*Psiadia retusa*) ou au sein de milieux secondaires à condition que le milieu soit ouvert, permettant une insolation suffisante à l'espèce. En milieu urbain, le lézard vert de Manapany affectionne particulièrement les boisements à cocotiers (*Cocos nucifera*) et palmiers, ou ceux à vacoas plantés.

Enfin, une espèce protégée plus ubiquiste fréquente les zones naturelles et semi-naturelles de basse altitude sur l'ensemble du littoral réunionnais : le Caméléon (*Furcifer pardalis*). Cette espèce exotique est très commune sur l'ensemble de l'île.



Figure 87 – Cartographie des données faunistiques (reptiles) selon la bibliographie

2.7.3.2.2 Espèces recensées

Dans le cadre des inventaires réalisés (Biotope, 2018, 4 espèces ont été identifiées sur l'aire d'étude rapprochée :

- L'Agame arlequin (*Calotes versicolor*) est présent dans les zones aménagées du site de Grande Anse au niveau des cocotiers et très probablement dans les milieux avoisinants. Cette espèce introduite à La Réunion n'est pas protégée.
- Le gecko des jardins (*Hemidactylus parvimaclatus*) a été observé dans un cocotier dans le parc de Grande Anse. Cette espèce introduite est considérée comme envahissante à La Réunion et n'est pas protégée.
- Le Caméléon panthère ou Endormi (*Furcifer pardalis*) a été observé sur la zone étudiée. Sa présence et sa fréquence correspondent à son aire de répartition actuelle. Sa présence a été avérée au sein des boisements à vacoas mais elle reste potentiellement présente notamment au sein des fourrés secondaires arbustifs. Bien que protégée sur l'île, ce reptile introduit est largement répandu, notamment dans les jardins et les ravines boisées de basse altitude.
- Le gecko vert à 3 tache rouges ou lézard vert poussière d'or (*Phelsuma laticauda*) a été observé au niveau du parking du point de vue du Piton Grande Anse. Il s'agit d'une espèce de geckonidé diurne exotique ayant des mœurs écologiques proches du lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*). Une compétition pour la même niche écologique peut être malheureusement envisagée dans ce secteur.



Figure 88 - Agame arlequin (*Calotes versicolor*) (© Biotope)

Le lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*) n'a pas été détecté lors de phases de prospections au niveau de la zone d'étude rapprochée et immédiate. D'après NOI (comm pers., 2018), il ne serait pas présent au droit de l'arrière-plage de Grande Anse, mais uniquement sur les milieux attenants (falaises littorales de chaque côté du site de grande Anse). Sa présence est donc avérée dans l'aire d'étude rapprochée. En effet, bien que difficile à détecter en milieu naturel, il a été observé dans les lataniers et vacoas du Cap de l'Abri. Des observations ont été faites à dans les kiosques en bois. Il était présent aussi le long de la route qui descend jusqu'à la plage mais il n'a pas été revu en ce lieu. Ils peuvent aussi circuler sur les plages de galets ou ils viennent de temps en temps manger des micro-crustacés. (com. pers. Gregory Deso). Des observations ont été faites au niveau du point de vue vers Petite Ile, en amont du site (Com. Pers. 2015 M. Sanchez).

2.7.3.2.3 Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Le site accueille donc une espèce protégée, le Caméléon panthère, qui affectionne particulièrement les fourrés et milieux arbustifs. Ces milieux sont présents au sein de l'aire d'étude, notamment au niveau de la Ravine des français même s'ils sont souvent dégradés et fortement anthropisés. Cette ravine joue également un rôle de corridor écologique et permet le déplacement des espèces dans le secteur. Les boisements aménagés comme ceux par exemple à vacoas en arrière-plage sont des secteurs favorables aussi à l'espèce.

Concernant le Lézard vert de Manapany, cette espèce est présente au sein de la zone d'étude élargie notamment au niveau du Piton Grand Anse. Des plantes hôtes sont présentes sur l'ensemble de la zone d'étude principale, sa présence reste donc potentielle au sein de l'arrière-plage. Tout comme le caméléon panthère, les fourrés à vacoas plantés en arrière-plage sont des secteurs favorables à l'espèce pour des fonctions biologiques telles que l'insolation, le déplacement, l'alimentation, la reproduction et la ponte.



Figure 89 : Localisation des observations et des habitats favorables aux reptiles

2.7.3.2.4 Evaluation patrimoniale et synthèse des enjeux pour les reptiles

Une seule espèce protégée a été observée sur l'aire d'étude immédiate : le Caméléon panthère (*Furcifer pardalis*). Le Caméléon panthère est protégé réglementairement ; toutefois il est largement répandu, notamment dans les jardins et les ravines boisées de basse altitude. Précisons par ailleurs, qu'à ce jour, aucune étude n'a été menée afin de recenser sa population à l'échelle de La Réunion.

Dans l'aire d'étude élargie, les milieux sont par ailleurs favorables au Lézard vert de Manapany, sa présence restant possible dans l'aire d'étude immédiate.

Tableau 32 : Bio-évaluation des espèces remarquables de reptile dans la zone d'étude

Nom scientifique	Présence dans la zone d'étude	Statuts de rareté	Enjeu
Caméléon panthère (<i>Furcifer pardalis</i>)	Présence avérée Habitat/altitude : fourrés arbustifs de la zone d'étude, boisements à vacoas. reproduction probable.	Espèce exotique répandue sur l'ensemble de la région. Espèce très commune (préoccupation mineure – UICN, 2010) Espèce complémentaire de ZNIEFF. Protégée	Faible
Gecko vert de Manapany (<i>Phelsuma inexpectata</i>)	Non inventorié dans la zone d'étude immédiate, présence potentielle Habitat/altitude : Boisements à Vacoas, fourrés avec plantes favorables (vacoas, lataniers...)	Endémique de La Réunion Espèce exceptionnelle (En danger critique d'extinction – UICN, 2010) Espèce déterminante de ZNIEFF Protégée	Fort

2.7.3.3 Les oiseaux

2.7.3.3.1 Généralités

L'aire d'étude immédiate est caractérisée par des habitats semi-naturels dégradés et artificiels qui ne permettent pas le développement d'une avifaune diversifiée et favorisent l'installation d'un cortège d'espèces exotiques. L'aire d'étude rapprochée est concernée par des faciès écologiques favorables au développement de colonies d'oiseaux marins.

Pour cette étude, 4 points d'écoutes (IPA) et focales ont été réalisés afin d'analyser l'abondance et la diversité des passereaux sur le secteur. Cela a été complété par une analyse bibliographique des données existantes. La cartographie localisant ces points d'IPA est présentée en annexe.

2.7.3.3.2 Espèces recensées

Au total, **18 espèces d'oiseaux ont été inventoriées** dans la zone d'étude et à proximité. Elles l'utilisent pour s'y reproduire et/ou s'alimenter et/ou transiter, occupant différents habitats suivant les niches écologiques recherchées :

- 3 espèces nichent de façon certaine au sein de l'aire d'étude ou à proximité ;
- 7 espèces possèdent un statut de reproduction possible/probable ;
- 2 espèces utilisent la zone d'étude immédiate comme territoire de chasse et utilisent possiblement la zone d'étude rapprochée en tant que zone de reproduction ;

- 4 espèces utilisent la zone d'étude immédiate comme territoire de transit et nichent à proximité de la zone d'étude immédiate.
- 2 espèces utilisent les zones d'études uniquement qu'en zone de transit et ne font que les survoler.

Parmi ces espèces, **10 sont indigènes et 8 sont considérées comme exotiques**. Ce ratio en faveur des espèces indigènes s'explique par la présence de milieux écologiques favorables aux oiseaux marins indigènes au sein de la zone d'étude rapprochée (piton Grand Anse). En effet, la zone d'étude immédiate elle-même est représentée par des milieux artificialisés (grands parcs) et de milieux secondaires dégradés ne contenant que peu d'espèces indigènes. En termes d'abondance, il faut souligner aussi que les espèces exotiques sont également beaucoup plus représentées sur la zone d'étude immédiate.

Tableau 33 : Espèces d'oiseaux recensées sur la zone d'étude

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Utilisation de la zone d'étude
Espèces indigènes observées sur l'aire d'étude : 10 espèces		
<i>Aerodramus francicus</i> (Gmelin, 1789)	Salangane des Mascareignes	Nicheur à proximité/Alimentation
<i>Anous stolidus</i> (Linnaeus, 1758)	Noddi brun	Nicheur à proximité/Transit à proximité
<i>Circus maillardi</i> J. Verreaux, 1862	Busard de Maillard	Non nicheur/Alimentation
<i>Nesoenas picturata</i> (Temminck, 1813)	Tourterelle malgache	Reproduction possible/Alimentation
<i>Phaethon lepturus</i> Daudin, 1802	Phaéton à bec jaune	Nicheur à proximité/Transit
<i>Phedina borbonica</i> (J. F. Gmelin, 1789)	Hirondelle des Mascareignes	Non nicheur/Alimentation
<i>Pterodroma baraui</i> (Jouanin, 1964)	Pétrel de Barau	Non nicheur/Transit
<i>Puffinus bailloni</i> Bonaparte, 1857	Puffin tropical	Non nicheur/Transit
<i>Puffinus pacificus</i> (Gmelin, 1789)	Puffin du Pacifique	Nicheur à proximité/Transit à proximité
<i>Zosterops borbonicus</i> (Forster, 1781)	Zostérops des Mascareignes	Reproduction possible/Alimentation
Espèces exotiques observées sur l'aire d'étude : 8 espèces		
<i>Acridotheres tristis</i> (Linnaeus, 1758)	Martin triste	Reproduction possible/Alimentation
<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789	Pigeon biset	Reproduction certaine/Alimentation
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)	Astrild ondulé	Reproduction possible/Alimentation

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Utilisation de la zone d'étude
<i>Foudia madagascariensis</i> (Linnaeus, 1766)	Foudi rouge	Reproduction possible/Alimentation
<i>Geopelia striata</i> (Linnaeus, 1766)	Géopélie zébrée	Reproduction possible/Alimentation
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	Moineau domestique	Reproduction certaine/Alimentation
<i>Ploceus cucullatus</i> (Müller, 1776)	Tisserin gendarme	Reproduction certaine/Alimentation
<i>Pycnonotus jocosus</i> (Linnaeus, 1758)	Bulbul orphée	Reproduction possible/Alimentation

2.7.3.3 Les oiseaux marins

Trois espèces d'oiseaux marins nichent de manière certaine à proximité de la zone d'étude immédiate : le Puffin du Pacifique, le Noddi brun et le Phaéton à bec jaune. La bibliographie actuelle mentionne des sites de reproduction pour ces espèces sur l'aire d'étude élargie ou à proximité (Jouventin 1998 ; Bretagnolle et al. 2000, PNR 2010). Les zones concernées sont représentées par les falaises littorales au sud-est de la plage de Grande Anse.

Le site se trouve dans une zone de survol de priorité 3 (fréquentation la plus faible) pour les Pétrels et Puffins au titre des Réseaux Écologiques de la Réunion [RER DEAL, 2014]. S'agissant des sites de reproduction, la bibliographie actuelle (PNR 2010 ; Ginestre, 2016) mentionne :

- des sites de reproduction pour les oiseaux marins (Phaeton à bec jaune, Noddi et Puffin du pacifique) au nouveau des falaises littorales de Grande Anse.
- aucune colonie de reproduction pour le Pétrel de Barau (qui niche dans les hauts sommets du centre de l'île) et pour le Puffin de Baillon (nidification dans les falaises et remparts des ravines notamment) ;

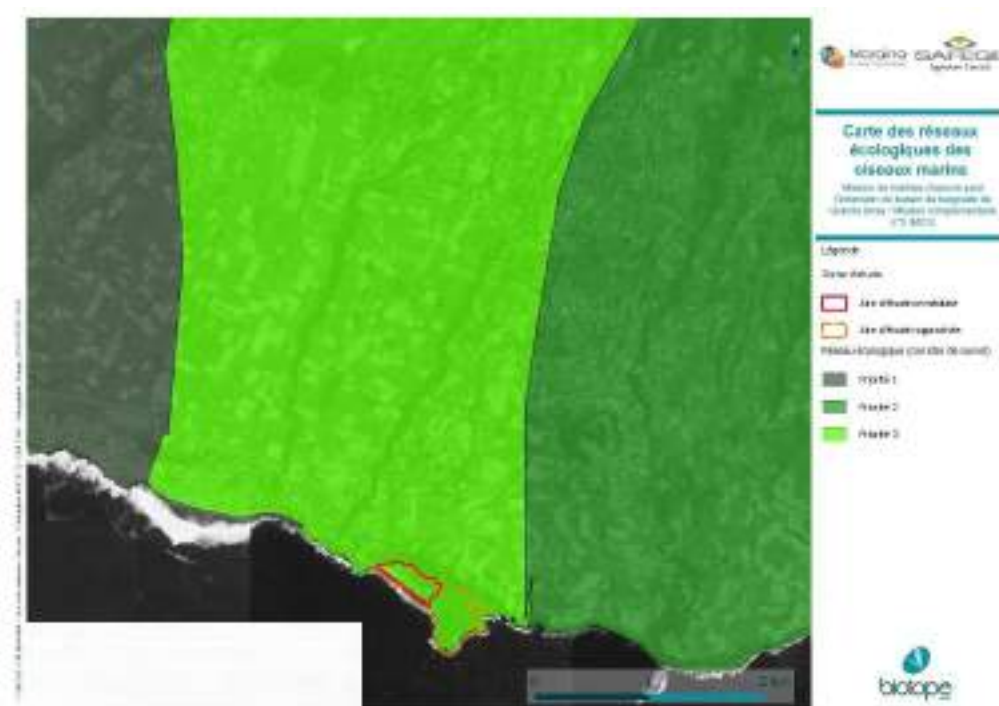


Figure 90 - Cartographie des réseaux écologiques des oiseaux marins (DEAI, 2014) (Biotope, 2018)

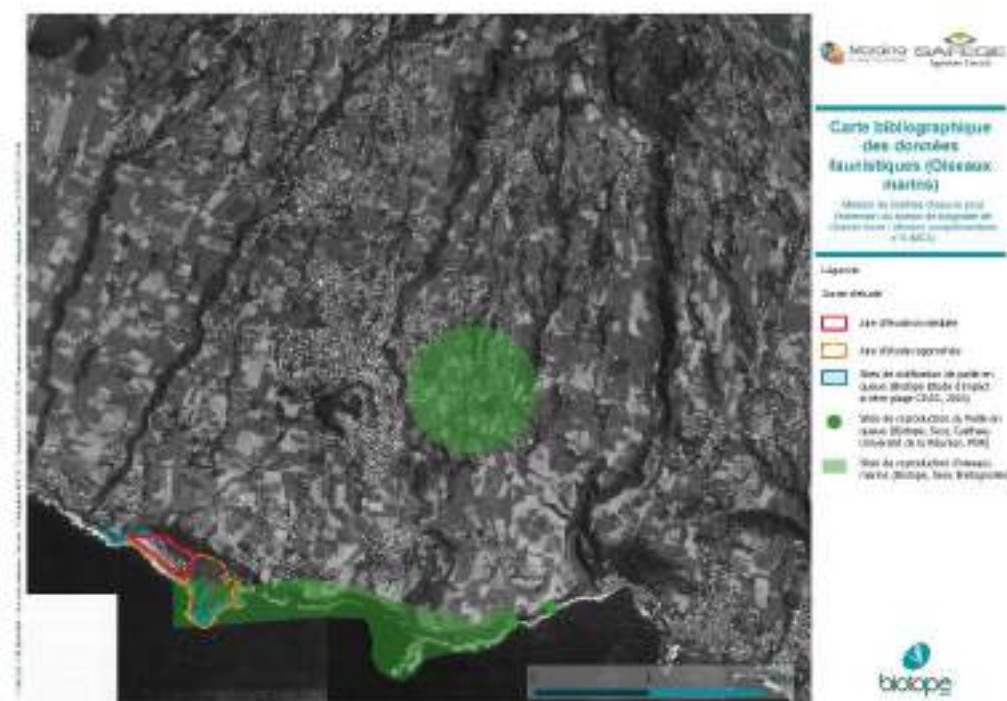


Figure 91 - Cartographie des données d'oiseaux marins selon la bibliographie (Biotope, 2018)

Le Phaéton à bec jaune ou Paille-en-queue (*Phaethon lepturus*)

Cet oiseau marin pantropical se retrouve dans tous les océans. À La Réunion, il niche préférentiellement dans les cavités des falaises littorales, parfois sur les versants de certaines ravines et plus rarement dans les cirques (Jouventin, 1998). La population reproductrice de

L'Océan Indien est estimée à 5 000 couples ; elle comporterait entre 200 et 500 couples pour la seule île de La Réunion (Probst, 2002). Sur l'aire d'étude, les falaises littorales de la Petite île sont recensées en tant que zone de nidification pour les oiseaux marins (PNR2010).

Dans le cadre des inventaires réalisés en 2018, aucun site propice à la nidification de l'espèce n'a été identifié sur la zone d'étude immédiate (absence de falaises et remparts). L'espèce a été contactée en vol sur la zone d'étude principale (transit uniquement) avec une activité importante. En effet, cette espèce niche au sein de la zone d'étude rapprochée (falaises et remparts situés à proximité immédiate au nord-ouest et au sud-est de la plage de Grande Anse).

Le Noddi brun (*Anous stolidus*)

Cet oiseau marin indigène de La Réunion vit en mer ou aux abords des côtes. Durant la période de reproduction (décembre à janvier), il niche dans les parois rocheuses sur les pentes escarpées de la Petite île. D'autres colonies potentielles sont connues au niveau des falaises littorales de Saint Philippe. Le site de la petite île restant aujourd'hui le site de reproduction le plus connu à l'échelle régionale.

Les expertises menées en 2018 n'ont pas mis en évidence de site propice à sa nidification sur la zone d'étude immédiate. Seules les falaises littorales de la Petite île abritent des colonies importantes de cet oiseau marin. La Petite Île est le seul site connu dont la présence des colonies importantes est avérée. Cela représente un fort enjeu patrimonial à l'échelle régionale.

Le Puffin du Pacifique (*Puffinus pacificus*)

Cet oiseau marin utilise les zones terrestres pour établir son nid et chasse en mer. L'espèce est sédentaire et ne migre pas après reproduction. Il forme des colonies de reproduction où il installe son nid dans les falaises et les remparts des ravines du littoral est. Son aire de répartition est connue au niveau des falaises de la petite île, des falaises et des ravines aux alentours. La période de reproduction a lieu de novembre à mai (Probst, 2002). Ces oiseaux sont présents dans l'île toute l'année. L'espèce est indigène de La Réunion et présente une distribution pantropicale. Cette espèce non migratrice vit dans les océans Pacifique et Indien. Avec le Puffin de Baillon, c'est un des oiseaux marins couramment observé en mer. Tout comme les jeunes pétrels, la sensibilité principale des puffins réside dans les risques d'échouage des jeunes à l'envol.

Des colonies de reproduction sont présentes au niveau des falaises du Piton Grand Anse (Biotope, 2018), dans l'aire d'étude rapprochée.

Le Puffin de Baillon ou Puffin tropical (*Puffinus bailloni*)

L'espèce est endémique de La Réunion et a disparu de l'île Maurice. C'est un oiseau pélagique qui peut passer plusieurs mois en mer. Les populations sont estimées entre 3000 et 5000 couples. La bibliographie révèle l'absence de colonies à proximité de la zone d'étude. Concernant les transits pour le Puffin tropical au niveau de la zone d'étude, la bibliographie nous indique que les flux sont considérés comme faible à moyen à l'échelle de l'île (cf. Figure 92).

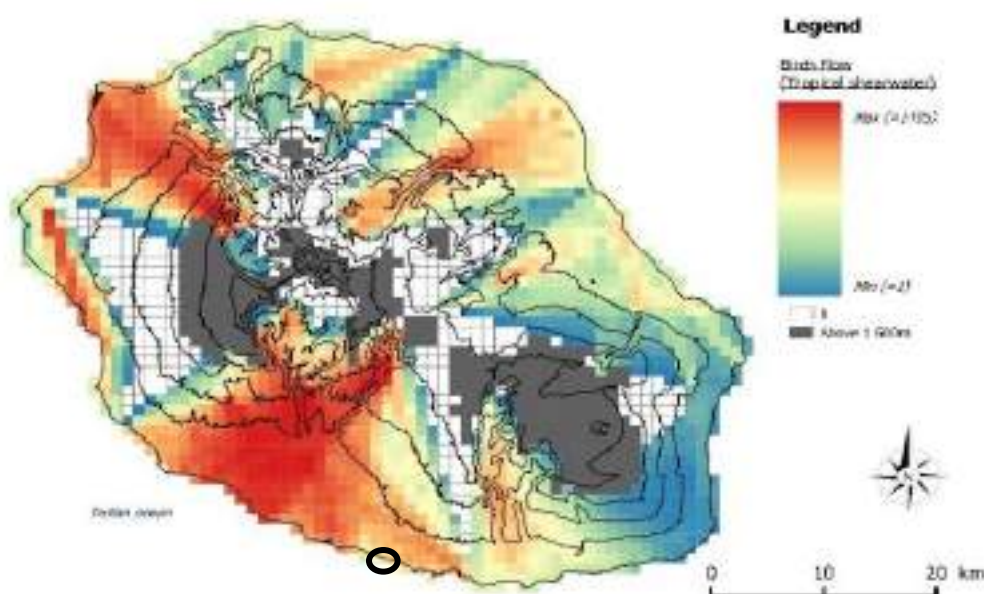


Figure 92 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Puffin tropical (Gineste 2016) et zone d'étude (en noir).

Le Pétrel de Barau (*Pterodroma baraui*)

Le Pétrel de Barau est endémique de La Réunion. Cet oiseau marin migrateur quitte l'île dès la mi-mars pour les adultes, et en avril-mai pour les jeunes, afin de rejoindre les eaux tropicales et subtropicales de l'Océan Indien. Durant la période de reproduction s'étalant de septembre à avril, il niche sur les plus hauts sommets de l'île (Gros Morne, Grand Bénare, Piton des Neiges). C'est pendant cette période que de nombreux individus se déplacent entre leurs colonies de reproduction et l'océan. La plus récente estimation de la population donne un nombre de 6000 à 8500 couples reproducteurs répartis en une dizaine de colonies (Pinet et al. 2011).

L'espèce n'est pas nicheuse sur la zone d'étude, les colonies étant installées sur les hauts sommets de l'île. La zone d'étude est néanmoins fréquentée par l'espèce pour le déplacement de sa zone d'alimentation (océan) vers ses sites de reproduction avec un flux considéré comme modéré à l'échelle de l'île

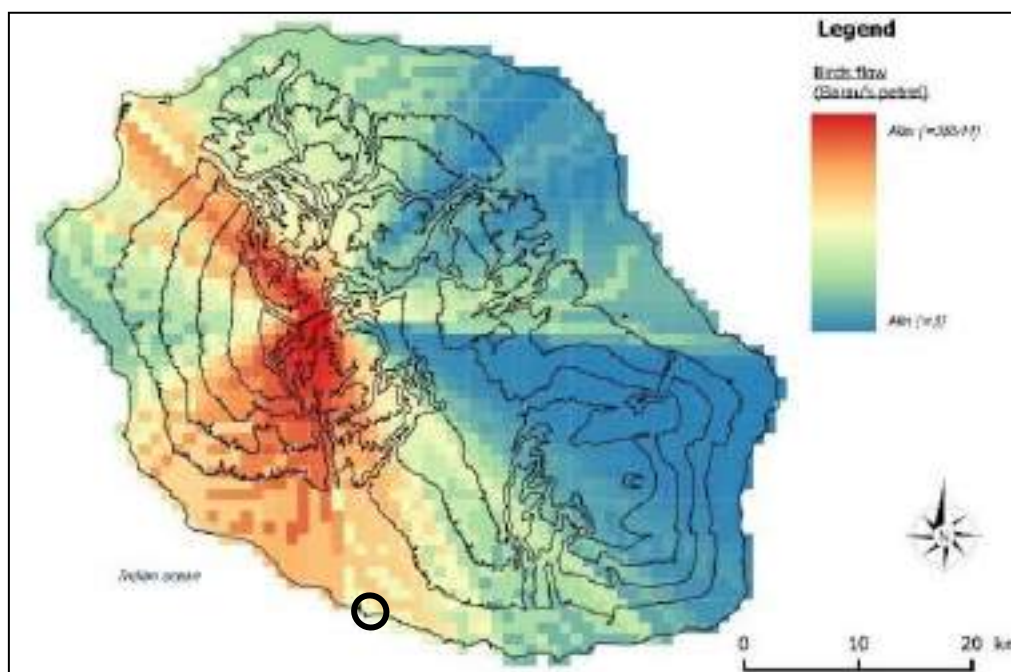


Figure 93 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Pétrel de Barau (Gineste 2016, thèse Biotope-Entropie) et zone d'étude réduite (en noir).

2.7.3.3.4 Les oiseaux terrestres

Le busard de Maillard (*Circus maillardi*)

Le Busard de Maillard (*Circus maillardi*) est endémique de La Réunion, et constitue le seul rapace de l'île. Cette espèce est menacée à La Réunion (en danger selon la Liste rouge UICN de 2010). Il s'observe dans tous les milieux de l'île, du littoral jusqu'à une altitude avoisinant 2000 mètres, même si les milieux arbustifs et arborés semblent avoir sa préférence pour la reproduction (Salamolard 2008 ; Grondin et Philippe 2011). A La Réunion, sa population serait comprise entre 100 à 200 couples reproducteurs (Grondin et Philippe, 2011). Sur la base des données bibliographiques disponibles, aucun domaine vital n'est recensé au sein de l'aire d'étude ni même à proximité. Le plus proche territoire connu est situé à 5 km au nord-est des zones d'études (SEOR, 2010).

Les inventaires menés en 2018 ont permis d'attester de la présence du Busard de Maillard qui survole l'ensemble de la zone d'étude mais de façon occasionnelle. L'espèce est peu présente dans la zone d'étude et semble privilégier le secteur de la Ravine des Français, zone plus favorable pour la chasse. Aucun comportement reproducteur n'a été observé lors des prospections, il est donc peu probable pour que l'espèce soit nicheuse dans ce secteur.

La Salangane des Mascareignes (*Aerodramus francicus*)

L'espèce est présente à La Réunion et à l'île Maurice, classée « Vulnérable » (U.I.C.N. 2010), elle se rencontre dans tous les milieux du littoral jusqu'à 2000m d'altitude, bien qu'elle affectionne particulièrement les étendues d'eau et les falaises maritimes ou les savanes de l'Ouest pour son alimentation. L'espèce niche dans les cavités de falaises ou dans des tunnels. Les colonies peuvent atteindre plusieurs milliers d'individus. A La Réunion, la population semble atteindre environ 15 000 individus [Salamolard et Ghestemme 2003 ; Biotopie 2012]. Sur la zone d'étude, une colonie est recensée à proximité de la zone d'étude rapprochée au niveau de Piton Grand Anse (PNR 2010). Au niveau de la zone d'étude immédiate, l'espèce utilise les habitats littoraux (plage, fourrés, plantations d'arbres...) pour son alimentation (survol et chasse des insectes).

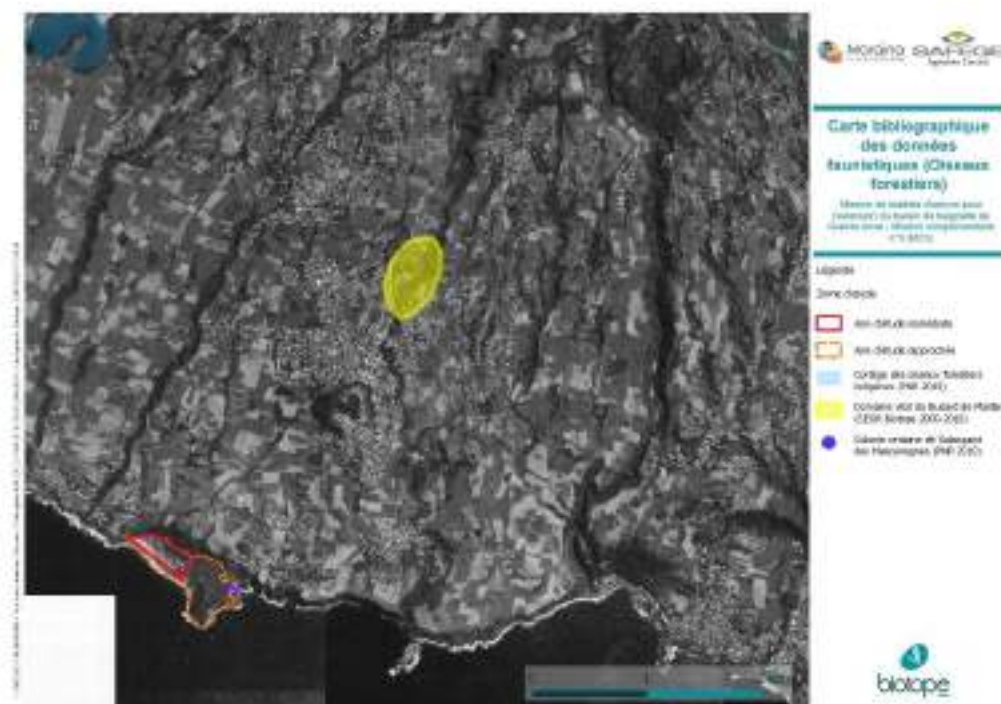


Figure 94 - Cartographie des données concernant l'avifaune selon la bibliographie (PNR, SEOR, OMAIR, BIOTOPE)

Les oiseaux forestiers (ou assimilés)

Les oiseaux forestiers constituent un cortège affilié concrètement en termes de reproductions, domaines vitaux et alimentation à des habitats naturels (PNR, 2010). Les espèces indigènes concernées par ce cortège sont : le Merle pays (*Hypsipetes borbonicus*), l'Oiseau vert (*Zosterops olivaceus*), l'Oiseau blanc ou *Zosterops des Mascareignes* (*Zosterops borbonicus borbonicus*), l'Oiseau la vierge (*Terspsiphonne bourbonnensis*) et le Tec tec (*Saxicola tectes*). Suivant les milieux forestiers ou arbustifs considérés, ce cortège peut être appauvri.

La zone d'étude ne présente pas les conditions et les habitats pour accueillir ce cortège. Notons toutefois que l'Oiseau blanc, espèce indigène et endémique, peut être présent dans ces habitats dégradés.

Lors des expertises menées en 2018, 9 espèces ont été contactées au moins une fois durant la série des points d'écoute (IPA) pour un nombre d'espèces moyen de 6,75 espèces par point, et une abondance moyenne de 20,6 couples par série d'IPA (voir la carte des points d'écoute en annexe). La fréquence relative est représentée sur le graphique ci-après. Elle correspond à la proportion d'observations d'une espèce au droit des 4 points d'inventaire (IPA). A titre d'exemple, la fréquence relative est de 100% lorsque l'espèce considérée a été contactée sur l'ensemble des 4 points, 50% lorsque l'espèce a été contactée sur la moitié des IPA. Les classes de fréquence sont les suivantes :

- $F > 75\%$ = omniprésent
- $50\% < F \leq 75\%$ = très commun
- $25\% < F \leq 50\%$ = commun
- $F \leq 25\%$ = rare

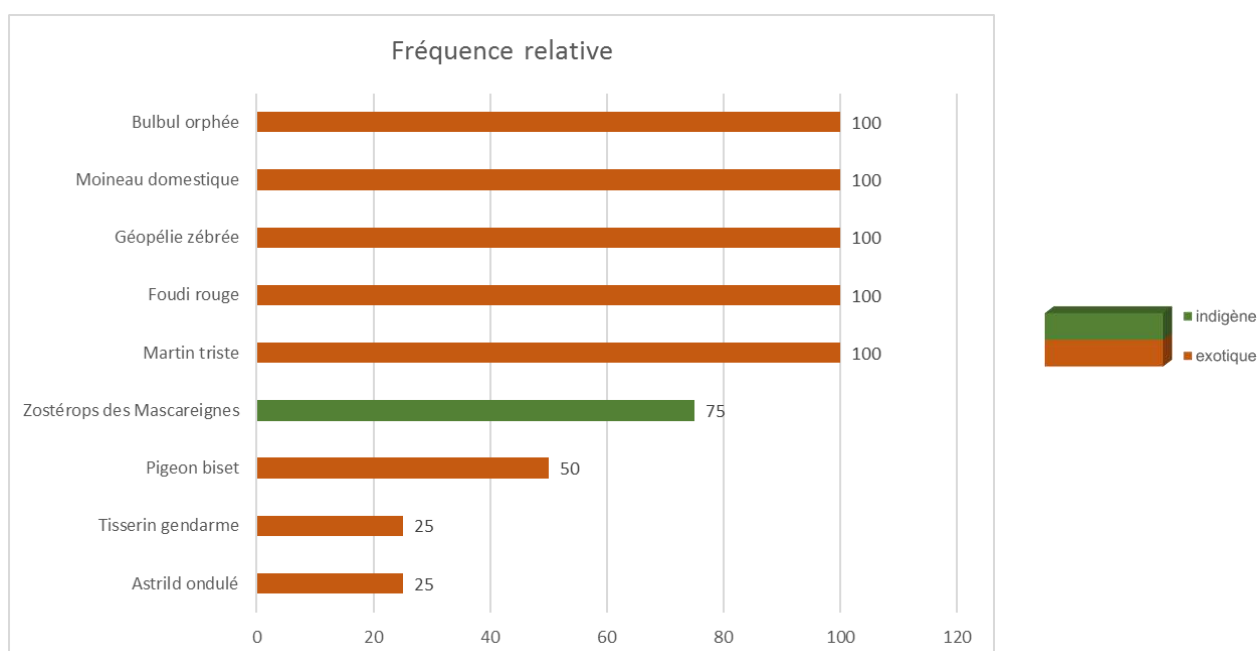


Figure 95 - Fréquence relative des espèces sur l'aire d'étude (Biotope, 2018)

Le peuplement aviaire est largement dominé par 5 espèces exotiques avec l'omniprésence du Bulbul orphée (*Pycnonotus jocosus*), de la Géopélie zébrée (*Geopelia striata*), du Martin triste (*Acridotheres tristis*), du Moineau domestique (*Passer domesticus*) et du Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*). Cela est assez typique des habitats secondaires et dégradés de basse altitude. Parmi les espèces très communes, il ressort la présence de l'Oiseau-lunettes gris (*Zosterops borbonicus borbonicus*). La Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*) espèce indigène commune, n'a pas été relevée mais est présente dans les habitats de la zone d'étude immédiate (Biotope, 2016). Enfin, les autres espèces présentes sur la zone d'étude sont des espèces exotiques considérées comme communes à l'échelle de La Réunion.

Les espèces indigènes sont donc peu représentées dans la zone d'étude, avec la présence de 2 espèces potentiellement nicheuses. Cela s'explique notamment par l'absence de milieux naturels bien conservés (notamment les milieux forestiers), traduisant la pauvreté en passereaux forestiers endémiques. En effet, dans la zone d'étude, le milieu artificialisé n'offre pas les conditions suffisantes au développement de ces espèces forestières. Dans ce secteur, seules 2 espèces se sont adaptées à cet environnement dégradé : l'Oiseau lunettes-gris (*Zosterops b. borbonicus*) et la Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*). Sur la zone d'étude immédiate, la diversité spécifique en espèces indigènes est donc faible dans les différents habitats d'espèces identifiés.

L'Oiseau-lunettes gris est présent sur l'ensemble du site. Il s'agit de l'oiseau forestier indigène le plus commun de La Réunion avec des effectifs estimés à 400 000 individus. Il présente un caractère ubiquiste et s'accommode très bien de la proximité humaine. La Tourterelle malgache, espèce commune à la Réunion et caractéristique des milieux semi-ouverts, est également présente sur une grande partie de la zone d'étude.

Enfin, les espèces exotiques sont présentes sur l'ensemble du site, principalement dans les milieux ouverts (fourrés secondaires et arrière plage...), et sont représentées par des espèces exotiques très communes (Foudi de Madagascar, Merle de Maurice, Martin triste...).

Globalement, l'aire d'étude abrite donc un cortège d'oiseaux principalement composé d'espèces exotiques. L'omniprésence de ces espèces exotiques ubiquistes, voir envahissante pour l'une d'elle (Bulbul orphée) témoigne d'un milieu dégradé et appauvri. Dans ce contexte, seul deux espèces indigènes ont été observées et considérées comme nicheuses possibles, l'Oiseau lunettes-gris et la Tourterelle malgache.



Figure 96 – Représentativité des espèces par statut (BIOTOPE)

2.7.3.3.5 Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Selon les résultats des analyses précédentes, il ressort clairement une dominance des espèces exotiques au niveau de la zone d'étude rapprochée.

En effet, il est reconnu que le cortège des oiseaux forestiers indigènes de La Réunion est notamment associé à la végétation indigène existante. Or, cette végétation n'est plus présente sur la zone d'étude, ni même aux alentours. Les fourrés arbustifs présents au sein de la zone d'étude sont constitués d'espèces exotiques, et ne permettent pas l'installation des espèces indigènes forestières à l'exception de l'oiseau blanc et de la tourterelle malgache. Ainsi, le cortège des oiseaux forestiers peut être associé à la végétation semi-naturelle fortement dégradée.

Concernant les oiseaux marins, 3 espèces survolent activement la zone d'étude principale étant donné la proximité de leurs colonies au sein des falaises bordant le Piton Grand-Anse ainsi que les ravines proches. Ces habitats propices sont présents uniquement à proximité de la zone d'étude rapprochée.

2.7.3.3.6 Espèces protégées, rares/menacées

Toutes les espèces d'oiseaux indigènes sont protégées à La Réunion (Arrêté du 17 février 1989 - J.O du 24/03/1989). Au total, **10 espèces protégées ont été contactées dans la zone d'étude**, étant toutes indigènes. Parmi ces espèces, 6 peuvent être considérées comme remarquables (enjeux forts et moyens), où seule l'Oiseau-lunettes gris serait nicheur possible. Une attention

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

particulière concerne aussi 3 espèces d'oiseaux marins, qui nichent à proximité, sur le littoral (enjeux forts).

Tableau 34 : Oiseaux remarquables et protégés recensés sur le site

Nom scientifique	Présence dans l'aire d'étude	Statuts de rareté
		Enjeu de conservation
Noddi brun <i>Anous stolidus</i> (Linnaeus, 1758)	Espèce en transit (survol au niveau du littoral) dans la zone d'étude rapprochée/élargie Espèce nicheuse à proximité (Petite île). Quelques colonies seulement sur l'île dont la plus importante est celle de Petite île	Utilisation du site : Nicheur à proximité/Transit à proximité Pantropicale NT: Quasi menacée (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu fort
Phaéton à bec jaune <i>Phaethon lepturus</i> Daudin, 1802	Espèce en transit (survol au niveau du littoral) dans la zone d'étude rapprochée/élargie Espèce nicheuse à proximité (nidification dans falaises, remparts) Fréquentation forte au niveau du littoral	Utilisation du site : Nicheur à proximité/Transit Pantropicale LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu fort
Puffin du Pacifique <i>Puffinus pacificus</i> (Gmelin, 1789)	Espèce en transit (survol au niveau du littoral) dans la zone d'étude rapprochée/élargie Espèce nicheuse à proximité (falaises de la côte de la Petite île). Quelques colonies seulement sur l'île	Utilisation du site : Nicheur à proximité/Transit à proximité Pantropicale NT: Quasi menacée (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu fort
Busard de Maillard <i>Circus maillardi</i> J. Verreaux, 1862	Espèce non nicheuse sur site Utilisation de la zone d'étude pour s'alimenter Faible fréquentation dans la zone d'étude élargie	Utilisation du site : Non nicheur/Alimentation Endémique Réunion EN: En danger (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu moyen
Salangane des Mascareignes <i>Aerodramus francicus</i> (Gmelin, 1789)	Espèce commune - Alimentation sur l'ensemble de la zone d'étude. Colonie potentielle à proximité de la zone d'étude rapprochée (Piton Grande Anse)	Utilisation du site : Nicheur à proximité/Alimentation Endémique Réunion, Maurice VU: Vulnérable (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu moyen
L'Oiseau-lunettes gris <i>Zosterops borbonicus</i> (Forster, 1781)	Reproduction possible et alimentation dans l'aire d'étude rapprochée	Utilisation du site : Reproduction possible/Alimentation Endémique Réunion LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Complémentaire de ZNIEFF Enjeu moyen

Nom scientifique	Présence dans l'aire d'étude	Statuts de rareté
		Enjeu de conservation
Tourterelle malgache <i>Nesoenas picturata</i> (Temminck, 1813)	Reproduction possible et alimentation dans l'aire d'étude rapprochée	Utilisation du site : Reproduction possible/Alimentation Pantropicale LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Enjeu faible
Hirondelle des Mascareignes <i>Phedina borbonica</i> (J. F. Gmelin, 1789)	Espèce commune - Alimentation sur l'ensemble de la zone d'étude. Non nicheuse	Utilisation du site : Non nicheur/Alimentation Endémique Mascareignes VU: Vulnérable (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible
Pétrel de Barau <i>Pterodroma baraui</i> (Jouanin, 1964)	Espèce en transit (survol uniquement des zones d'étude, non nicheuse (nidification dans les hauts de La Réunion : Gros Morne, Bénare...) Aire d'étude est située sur un corridor de déplacement non privilégié de l'espèce à l'échelle de l'île	Utilisation du site : Non nicheur/Transit Endémique Réunion EN: En danger (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible
Puffin tropical <i>Puffinus bailloni</i> Bonaparte, 1857	Espèce en transit (survol uniquement de l'aire d'étude élargie), non nicheuse (nidification dans falaises, remparts, y compris à basse altitude). Corridor peu marqué en termes de déplacements de l'espèce	Utilisation du site : Non nicheur/Transit Afromalgache LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible



Figure 97 - Cartographie des habitats favorables à l'avifaune (Biotopie, 2018)

2.7.3.4 Les mammifères terrestres

2.7.3.4.1 Généralités

Les inventaires réalisés ont porté sur les chauves-souris, seul groupe d'espèces de mammifères indigènes à La Réunion. Les modalités d'expertise se sont traduites par une recherche à vue des gîtes potentiels et d'habitats favorables aux espèces ainsi qu'une recherche bibliographique.

2.7.3.4.2 Espèces recensées

Dans la zone d'étude, deux chauves-souris indigènes ont été observées (Biotopie, 2016) : le Petit Molosse (*Mormopterus francoismoutoui*) et le Taphien à ventre blanc (*Taphozous mauritanus*).

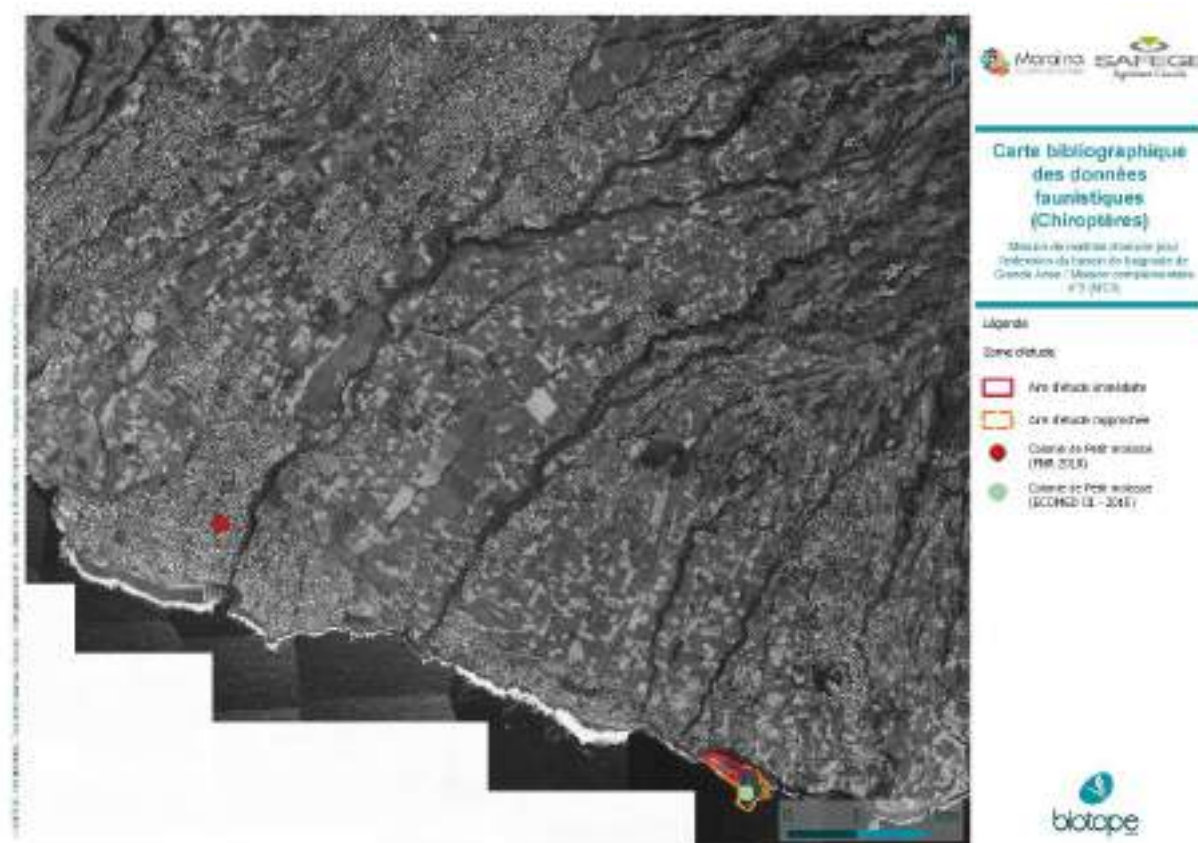


Figure 98 : Données bibliographiques concernant les chiroptères (Source : PNR, 2010 et Ecomed, 2016)

Petit Molosse (*Mormopterus francoismoutoui*)

Cette espèce endémique de La Réunion se retrouve dans la plupart des milieux de l'île jusqu'à 1 800m d'altitude (Probst, 2002). Grégaire, elle affectionne notamment les ravines et utilise les fissures ou cavités comme gîte. La population réunionnaise n'est pas évaluée à ce jour.



Figure 99 : Petit Molosse (*Mormopterus francoismoutoui*) (© Biotope 2018)

Un gîte est connu au niveau du Piton Grande Anse au niveau du flanc droit (Ecomed, 2015).

Taphien de Maurice (*Taphozous mauritanus*)

Le Taphien de Maurice (*Taphozous mauritanus*), espèce indigène plus discrète et moins commune à La Réunion que le Petit Molosse, possède une distribution élargie à l'Océan Indien. Considérée comme arboricole même si elle profite aussi des fissures et des cavités des parois

rocheuses de certaines falaises, l'espèce est répandue sur le littoral (entre 0 et 300m), préférant chasser au-dessus des zones végétalisées. Sa population n'est pas évaluée précisément.

L'espèce est connue sur la zone d'étude. Les cocotiers présents sur la plage de Grande Anse sont favorables à l'installation de dortoir pour cette espèce, sans que cela ne soit vérifié lors des expertises.

2.7.3.4.3 Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Les continuités écologiques pour les chauves-souris se traduisent par une mosaïque d'habitats favorables à leur déplacement, alimentation et reproduction. La présence de gîtes (naturels ou d'origine anthropique) permet la reproduction, alors que différents types d'habitats (zones forestières ou semi-ouvertes, prairies ou friches...) offrent des ressources alimentaires à ces espèces. Pour rappel, un seul gîte (naturel) a été identifié pour Le Petit Molosse, au droit du Piton Grande Anse.

2.7.3.4.4 Espèces protégées, rares/menacées

Le Petit Molosse et le Taphien de Maurice, espèces protégées à La Réunion (Arrêté du 17 février 1989 - J.O du 24/03/1989), sont considérées comme remarquables du fait de leur statut de patrimonialité.

Tableau 35 : Espèces protégées de mammifères recensées sur le site

Nom scientifique	Remarques	Statuts de rareté/Enjeu de conservation
Petit Molosse (<i>Mormopterus francoismoutoui</i>)	Espèce très commune sur la zone d'étude. Utilisation de l'ensemble du site comme zone de chasse, avec forte activité de vol (alimentation). Un gîte connu au niveau du Piton Grande Anse.	Espèce ubiquiste Statut de reproduction non avéré mais probable Espèce protégée à La Réunion (arrêté du 17 février 1989) Espèce endémique de la Réunion. Espèce déterminante de ZNIEFF. Espèce « LC » : préoccupation mineure » IUCN 2010. Enjeu fort
Taphien de Maurice (<i>Taphozous mauritanus</i>)	Présence connue sur la zone d'étude. Espèce en transit et alimentation. Aucun gîte identifié lors des expertises. Présence potentielle au sein des arbres notamment les cocotiers.	Espèce ubiquiste Espèce protégée à La Réunion (arrêté du 17 février 1989) Espèce complémentaire de ZNIEFF. Enjeu faible



Figure 100 - Cartographie des habitats favorables aux chiroptères (Biotope, 2018)

2.7.4 Conclusion sur les enjeux écologiques pour le milieu terrestre

Concernant les **habitats naturels**, la zone d'étude immédiate présente des enjeux globalement faibles avec une prédominance de milieux artificialisés, dans un état de conservation plutôt dégradé. Seul un habitat présente **un enjeu moyen** au sein de la zone d'étude immédiate : **la végétation littorale située sur la plage de sable**. Concernant la zone d'étude rapprochée, 2 enjeux forts sont déterminés pour des habitats naturels situés principalement au niveau des falaises littorales du Piton Grande Anse.

Concernant **la flore**, sur les 135 espèces relevées, 28 sont indigènes certaines (et 12 indigènes incertaines) contre 88 exotiques (et 3 exotiques incertaines) et 4 espèces au statut incertain, le cortège est donc largement dominé par les exotiques. **Deux espèces présentent des enjeux de conservation au sein de la zone d'étude immédiate : la Liane cochon (*Canavalia rosea*), située au niveau de la plage de Grande Anse, *Adiantum rhizophorum* localisée au niveau de la ravine des Français**. Plusieurs autres espèces présentent des enjeux moyens et forts dans la zone d'étude rapprochée (7 espèces à enjeux moyens et 7 espèces à enjeux forts). **Les potentialités de développement de ces espèces indigènes protégées restent très faibles voire nulles dans l'aire d'étude immédiate**. La présence d'espèces exotiques envahissantes représentées par 21 espèces reconnues comme « envahissantes ou très envahissantes en milieu naturel ». Les espèces les plus problématiques sur la zone d'étude sont le Faux-poivrier (*Schinus terebinthifolia*) et le Filaos (*Casuarina equisetifolia*).

La **faune terrestre** de la zone d'étude immédiate est caractéristique des milieux artificialisés et des végétations littorales, offrant ainsi des habitats d'espèces propices au développement d'espèces exotiques et peu favorables aux espèces indigènes. La faune terrestre indigène est

beaucoup plus représentée en termes de diversité au niveau des falaises littorales au sein de la zone d'étude rapprochée (cas de Piton Grand Anse). Pour la faune, les principaux enjeux concernent certaines espèces. Pour les reptiles, au-delà de la présence du Caméléon Panthère (*Furcifer pardalis*), espèce protégée à enjeu faible, il convient de considérer la présence possible -non observée et certifiée- du Léopard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*) au niveau du Piton Grande Anse voire de la plage, dans la mesure où la zone d'étude est incluse dans l'aire de répartition de l'espèce (Sanchez & Caceres, 2012). Pour les oiseaux, les enjeux se situent davantage dans la présence d'oiseaux marins dont la nidification est avérée à proximité de la zone d'étude immédiate, au niveau des falaises du Grand-Anse et du littoral de Petite-Ile (cas du Noddi brun, du Puffin du Pacifique, du Paille-en-queue). Une attention sera aussi portée aux espèces nicheuses potentielles comme l'Oiseau-lunette gris. Pour les chauves-souris, deux espèces indigènes sont présentes, avec une présence possible du Taphien à ventre blanc au niveau des troncs des cocotiers ou autres arbres sur la plage. Le Petit Molosse présente seulement une activité de vol pour son alimentation.



Figure 101 : Carte de synthèse des enjeux pour le milieu terrestre

2.8 Milieu naturel marin

2.8.1 Qualité des eaux littorales

2.8.1.1 Les indicateurs généraux des eaux marines

Les indicateurs généraux des eaux marines comprennent les valeurs de température, salinité, et O₂ dissous. Pour rappel, ces mesures sont réalisées *in situ* à l'aide d'une sonde à main en subsurface. Ces données sont comparées aux données de la station DCE Grande Anse (mi-profondeur) (données disponibles via la plateforme SURVAL, pour des valeurs mesurées de 2002 à 2018 selon les paramètres). Cette station est caractéristique de la masse d'eau entourant le projet.

- **Température** : les valeurs mesurées sont comprises entre 25,4 et 25,7°C pour la campagne 1 (10/2018) et 26,78 et 27,02 pour la campagne 2 (12/2018). Elles sont comprises dans la sinusoïde de référence de l'IFREMER. Ces températures sont normales et de saison (moyenne sur la station DCE : 25,6°C).
- **Salinité** : les valeurs varient de 35,3 à 35,7 pour la campagne 1 (10/2018) et de 35,4 et 35,72 pour la campagne 2 (12/2018), et correspondent aux valeurs enregistrées sur la station DCE (moyenne de 35,2).
- **Oxygène dissous** : varie de 8,1 à 8,4 à la campagne 1 (10/2018) et de 7,51 à 7,87 à la campagne 2 (12/2018). Selon le guide DCE, ces valeurs indiquent une eau qualifiée de « Très bonne », très bien oxygénée et non eutrophisée. La moyenne enregistrée sur la station DCE est de 6,7, elle présente des valeurs plus faibles, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'elle soit située plus au large.

 **Seuils de qualité pour l'oxygène dissous, proposé par le guide DCE 2016.**

	TB	B	Mo	Me	Ma
Mg/L	>5	3-5	2-3	1-2	<1

Ces paramètres hydrologiques sont donc normaux, sans anomalie particulière et caractéristique de la masse d'eau côtières.

2.8.1.2 État physico-chimique des eaux littorales

L'état physico-chimique des eaux littorales peut être évalué par plusieurs paramètres (ex. : charge particulaire, nutriments, etc.). Pour rappel, ces mesures sont réalisées en laboratoire. Ces données sont également comparées aux données de la station DCE Grande Anse (mi-profondeur).

2.8.1.2.1 Charge particulaire

En matière de turbidité (Tableau 36), les valeurs indiquent, selon la grille utilisée dans le cadre de la DCE, une eau de très bonne qualité. Les valeurs sont situées en dessous des seuils de détection, et indique donc une eau particulièrement claire. La très bonne transparence de la masse d'eau assure ainsi une bonne pénétration de la lumière nécessaire au développement des colonies coralliennes. Concernant, le taux de **matière en suspension**, les valeurs sont également très bonnes et correspondent à la moyenne enregistrée sur la station DCE Grande Anse (1,0).

Tableau 36 : Résultats des paramètres de charge particulaire C1 : campagne 1 (10/2018) - C2 : Campagne 2 (12/2018).

Stations	Nord 150 m		Sud 150 m		Centre 200 m		Plage de valeur DCE 2002-2018
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	
Turbidité (FNU)	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	[<0,02 ; 0,38]
MES (mg/L)	< 0,5	0,80	0,80	<0,5	1,2	4,0	[0,10 ; 2,60]

 **Seuils de qualité pour la transparence, proposé par le guide DCE 2016.**

	Très bon	Bon	Moyen
Indice NTU	< 0,6	0,6 - 3	> 3

2.8.1.2.2 Nutriments

L'augmentation de la teneur en nutriments peut être à l'origine de nuisances indirectes comme la diminution de l'intensité lumineuse nécessaire à la photosynthèse ou l'augmentation des teneurs en matière organique dont la dégradation consomme de l'oxygène dissous, générant des phénomènes anoxiques. Cet enrichissement en nutriments est souvent dû à des apports du bassin versant en lien avec les activités humaines (ex. : agriculture, avec rejet de matières organiques...). Ce sont donc des paramètres importants à surveiller. Le Tableau 37 résume les résultats d'analyses de ces paramètres. A ce jour, les masses d'eau réunionnaises ne disposent pas de grille d'analyse pertinente permettant d'évaluer la qualité de l'eau pour ces paramètres (un outil a été défini pour la France métropolitaine, mais n'est pas adaptée au contexte tropical réunionnais). Il est proposé de réaliser une comparaison avec les données de la station de référence DCE situé au large de Grand Anse. Ces données sont issues de l'outil « Surval » de l'IFREMER, pour la station DCE Grande Anse, avec des données relevées entre 2002 et 2018 (sur le support « eau filtrée – niveau surface 0-1 m »).

Tableau 37 : Résultats des analyses des nutriments effectués sur les 3 stations hydrologiques. Les valeurs sont en µmol/L. C1 : Campagne 1 (10/2018) ; C2 : Campagne 2 (12/2018)

Station	Nord 150 m		Sud 150 m		Centre 200 m		Plage de valeur DCE 2002-2018
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	
Ammonium (µmole/L)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	[<0,01; 0,43]
Phosphates (µmole/L)	0,40	0,28	0,38	0,25	0,36	0,26	[< 0,02 ; 0,38]
Nitrites (µmole/L)	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	[<0,04 ; 0,91]
Nitrates (µmole/L)	0,58	0,27	0,64	0,42	0,78	0,34	-
Nitrates et Nitrites (µmole/L)	< 0,62	<0,31	< 0,68	<0,46	< 0,82	<0,38	[<0,01 ; 2,86]
Silicates (µmole/L)	5,84	3,81	5,04	4,34	4,97	4,30	[1 ; 7,47]

Il apparaît donc que ces nutriments présentent des valeurs légèrement supérieures à celles mesurés plus au large au niveau de la station DCE. Cela peut notamment s'expliquer par le caractère côtier des stations de mesures. En outre, la zone semble également accueillir des apports par percolations d'eaux douces potentiellement chargées en nutriments azotés et phosphorés issues du bassin versant selon un gradient Sud-Nord (PARETO, BCEOM, 2004). De manière générale, l'analyse des nutriments en 2018 ne présente donc pas de valeurs anormales.

2.8.1.2.3 Matière organique

Le **carbone organique totale** est le taux de carbone provenant de la matière organique biotique ou abiotique retrouvée dans le milieu. Il est notamment lié à la charge en matière organique, pouvant elle-même modifier les concentrations en nutriments. Les valeurs pour cette étude sont comprises entre 0,77 et 0,91 mg/L pour la campagne 1 (10/2018) et entre 0.73 et 0.81 mg/L pour la campagne 2 (12/2018). Ce taux reste donc bas et ne révèle pas d'anomalies particulières.

2.8.1.3 État bactériologique des eaux littorales

Les valeurs mesurées pour l'étude de l'état bactériologique de la masse d'eau côtière au droit du projet sont présentées ci-dessous.

Les résultats mettent en évidence une eau de bonne qualité sur le plan bactériologique.

Tableau 38 : Résultats bactériologiques des prélèvements effectués au niveau de la pente externe et du littoral

 **Grille de qualité pour les paramètres bactériologiques étudiés (UFC/100 mL) proposé par le guide Ifremer, Arvam, Agence de l'eau, XXXX.**

	Bon	Moyen	Mauvais
E. coli	< 100	100 - 2000	> 2000
Entérocoques	<100	>100	-

	Bassin	Hors bassin	[Pente externe] Nord 150m	[Pente externe] Centre 200m	[Pente externe] Sud 150m
E. coli (NPP/100mL)	<15	15	<15	<15	<15
Entérocoques (NPP/100 mL)	<15	<15	<15	<15	<15

Pour cette frange littorale, les informations issues de indiquent que les eaux de baignades sont conformes aux normes européennes et globalement excellentes (Pareto, BCEOM, 2004). Plus récemment, la qualité bactériologique a révélé des valeurs inférieures à 46 ind./100ml pour E. coli, ce qui témoigne d'une faible teneur bactériologique, mais qui reste propice à la baignade et sans danger pour le développement biologique et la santé humaine (Biotope, 2011).

La qualité bactériologique du site de Grande Anse (littoral et pente externe) peut donc être considéré comme « Bonne ».

Les eaux du bassin de baignade ont fait l'objet d'un suivi de la qualité des eaux de baignade par l'ARS (Agence Régionale de Santé). Depuis 2015, les contrôles sanitaires ont montré une qualité des eaux de baignade bonne sur le site malgré quelques épisodes de pollutions bactériologiques probablement associés à des épisodes pluvieux (cf. Tableau 39)

Tableau 39: Synthèse des suivis de qualité des eaux de baignade de 2015 à 2020 (d'après ARS)

Etat	Nombre de mesure	% des mesures
Bon	76	95 %
Moyen	3	3.75%
Mauvais	1	1.25%
Total	80	

ARCS LA REUNION : Délégation territoriale 974

974000591 - PLAGE GRANDE ANSE

349 530

7 536 174

174

RECAPITULATIF DES RESULTATS DE LA SAISON

ARS LA REUNION - Délégation territoriale 974

00/04/18	11:00	Bon	25.1	25.7	E	F		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	91
00/05/18	09:30	Bon	25.2	25.9	E	G		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	96
00/06/18	08:30	Bon	25.1	25.5	E	F		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	94
01/06/18	08:45	Bon	24.7	24.2	E	F		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	98
01/06/18	08:42	Bon	27.8	25.9	E	G		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	94
01/06/18	04:25	Bon	25.2	25.5	E	D		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	97
01/06/18	07:50	Bon	27.8	25.9	E	PA		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	98
01/06/18	07:40	Bon	29.8	29.9	E	PA		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	101
00/04/00	07:30	Bon	25.8	27.1	H	PD		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	105
00/04/00	00:31	Bon	25.0	27.7	E	A		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	103
24/04/00	07:54	Bon	24.1	25.8	H	A		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	95
23/04/00	02:54	Bon	23.0	24.5	H	A		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	906
11/05/00	02:05	Bon	25.4	26.4	H	PA		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	92
00/04/00	07:44	Plage 1	27.8	27.6	E	F		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	177	176	0.0	0	ABSENCE	96
00/04/00	06:26	Bon	27.9	28.1	E	PA		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	95
00/04/00	08:38	Bon	25.8	26.6	F	C		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	97
03/04/00	07:46	Bon	24.3	24.8	H	C		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	95
24/04/00	06:28	Bon	24.2	24.8	H	C		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	95
23/04/00	06:28	Bon	25.3	24.1	E	C		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	95
21/02/00	13:08	Bon	25.7	25.8	H	C		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	95
04/04/00	06:18	Bon	25.2	25.8	E	C		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	94
13/04/00	13:48	Bon	20.7	21.8	H	C		ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	ABSENCE	>1	<10	<10	0.0	0	ABSENCE	98
00	Bon																	
00	Moyen																	
00	Maximal																	

2.8.2 Les habitats marins

La baie de Grande-Anse fait partie de la zone sensible pour le milieu littoral et marin côtier Ouest définie au titre de la Loi sur l'eau n°92-3 du 03/01/1992 au niveau Piton Grande-Anse, entre 0 et 50 m de profondeur (Biotope, 2016). En outre, l'ensemble de la formation corallienne se développant dans ce secteur fait partie des Espaces Naturels Remarquables du littoral (SAR, 2011).

La zone d'étude peut être définie comme une plate-forme récifale composée de plusieurs faciès de la plage vers le large (Carex et Arvam 2005, Pareto & Bceom, 200 ; Montaggioni & Faure, 1980 in Biotope, 2016 - Figure 102). Ce complexe peut se décomposer de la sorte :

- **Une pente externe à éperons et sillons** parfois marqués (Montaggioni et Faure, 1980 in Biotope, 2016). La partie supérieure de la pente externe est également parsemée de failles. La couverture corallienne y est forte sur la partie supérieure (d'après ZNIEFF, 2014a et 2014b). La zone de pente externe à « éperon sillons » constitue un des faciès les plus remarquables de l'écosystème récifal réunionnais.
- **Un front récifal** discontinu, entrecoupé de deux fausses passes centrales et d'une passe à l'Ouest isolant une portion de récif très réduite. Ce front présente des peuplements peu abondants voire inexistantes du fait des conditions hydrodynamiques extrêmes, favorisant le développement d'algues calcaires.
- **Un platier interne**, qui occupe la quasi-totalité du récif et présente un faciès de platier récifal à coraux dispersés, avec un recouvrement corallien relativement important (40%) sur la petite partie protégée par le bassin.
- **Une « zone d'arrière-récif »**, quasi-inexistante, présentant un beach-rock affleurant en bas de plage sur les ¾ de la longueur de la plateforme récifale. Il n'y a pas de colonisation corallienne à ce niveau, probablement dû à l'hydrodynamisme trop important.

- **Le bassin de baignade** est un milieu artificiel offrant des conditions hydrodynamiques atypiques pour la zone, et présente un faciès de méga-blocs basaltiques et beach rock (grés de plage) colonisés par la faune corallienne mais également des faciès à zones sableuses et à zones de galets de rivières. En lien avec le faible hydrodynamisme, il présente une diversité d'habitats importantes, dont certains peuvent jouer un rôle de nurserie (Carex et Arvam, 2005), et d'autres sont des peuplements atypiques pour la zone (ZNIEFF, 2014a, 2014b). La zone au sud-est du bassin présente également des méga-blocs basaltiques.

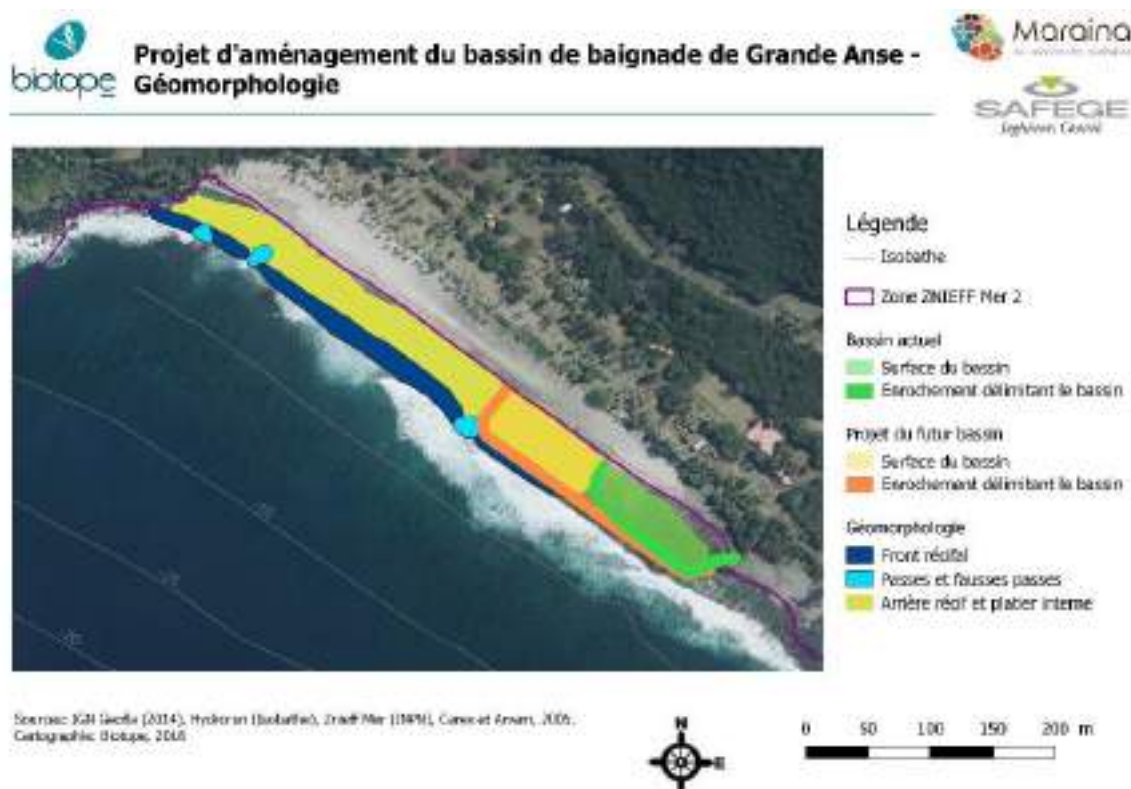


Figure 102 : Géomorphologie de la zone d'étude. D'après Carex et Arvam, 2005. La zone marine non cartographiée est la pente externe.

Une description détaillée et une évaluation des différents habitats marins est proposée sur la base des expertises réalisées⁴ et de la bibliographie disponible.

2.8.2.1 La pente externe

Elle correspond à une zone à éperons-sillons sur toute la longueur de la « baie » de Grande Anse (Montaggioni et Faure, 1980 in Biotopie, 2016). Ces éperons et sillons caractérisent de manière claire ce type de formation corallienne au niveau des zones peu profondes de la pente externe (Figure 103 et Figure 104).

⁴ Le front récifal n'a pas pu être exploré du fait des conditions hydrodynamiques dangereuses



Figure 103 : Imagerie drone laissant apparaître le début de ces éperons/sillons caractéristique de cette pente externe. © Ocean Obs, 2021.

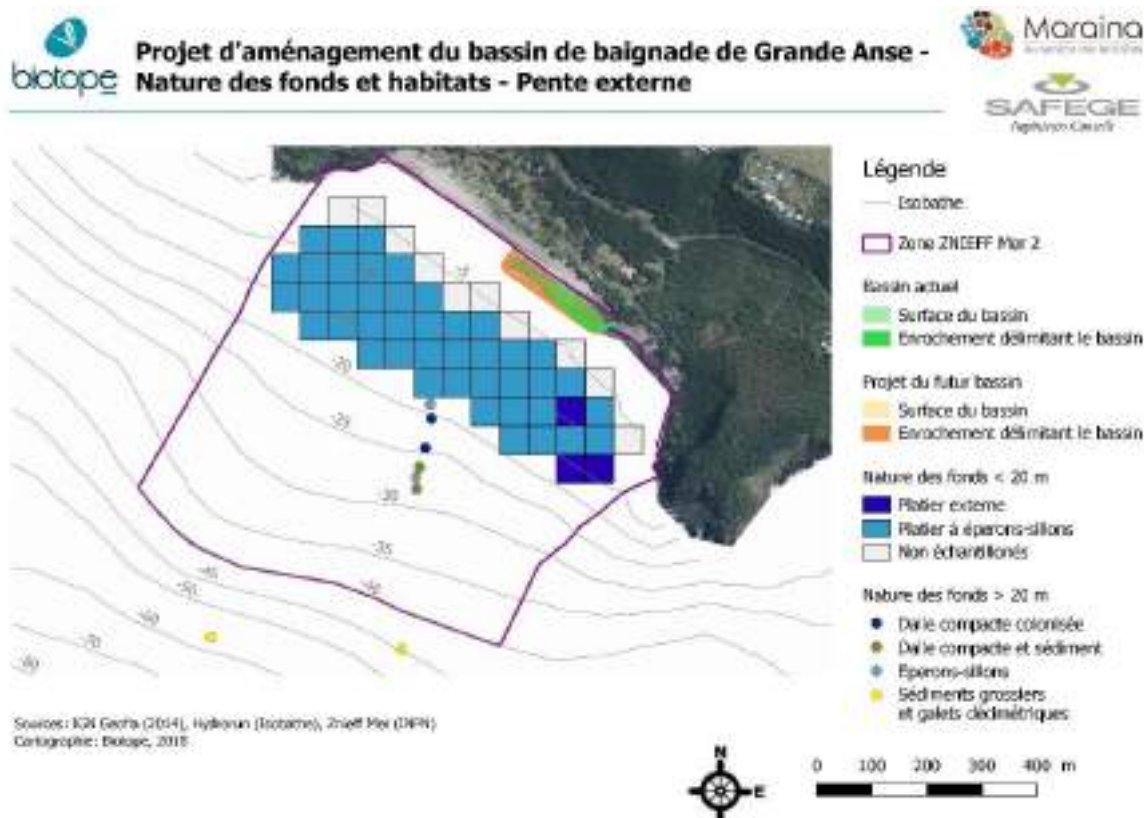


Figure 104 : Résultats des reconnaissances vidéo sur la pente externe entre 4 et 14 mètres et au-delà de 15 mètres.

Cet habitat est formé par des sillons et vallons, plus ou moins marqués, et allant de 1 à plusieurs mètres de haut, créant par endroit de véritables failles et tombants propices à abriter de nombreuses espèces. La partie la moins profonde de la pente externe (< 10m) semble plus marquée par ces sillons que la partie plus profonde (> 10m) réduisant ainsi l'importance du relief

et la richesse de l'habitat (Figure 105 et Figure 106). La couverture corallienne est importante (entre 5 et 50% selon les zones), et diminue avec la profondeur. Aucune zone sableuse n'a été recensée entre 4 et 40 mètres de profondeur, hormis quelques accumulations sédimentaires dans le fond des sillons. Les éperons-sillons sont donc encore présents jusqu'à 20 mètres (sillons faiblement marqués), avant d'être remplacés progressivement par de la dalle compacte colonisée puis par des sédiments grossiers associés à des galets décimétriques à partir de 40 mètres (Figure 107).



Figure 105 : Éperons-sillons très marqués dans la zone des 8-9 mètres de profondeur (© Biotope, 2018).



Figure 106 : Éperons-sillons moins marqués dans la zone des 12-13 mètres (© Biotope, 2018)



Figure 107 : Fonds à sédiments grossiers associés à des galets décimétriques (© Biotope, 2018)

2.8.2.2 Le platier interne

L'habitat se présente sous la forme de blocs basaltiques colonisés au niveau de la passe (côté nord) et d'un platier à éléments dispersés au centre et au sud-est (Figure 108). Le platier interne est fermé d'un côté par le front récifal et délimité de l'autre par le beach-rock. La couverture corallienne semble assez faible excepté pour certaines zones où les colonies coralliennes se concentrent (Figure 109). Les conditions hydrodynamiques intenses ne favorisent pas le développement de la faune fixée, ce qui explique la pauvreté du recouvrement corallien. La proximité du bassin de baignade semble toutefois constituer un abri artificiel, permettant un développement plus important pour la zone.

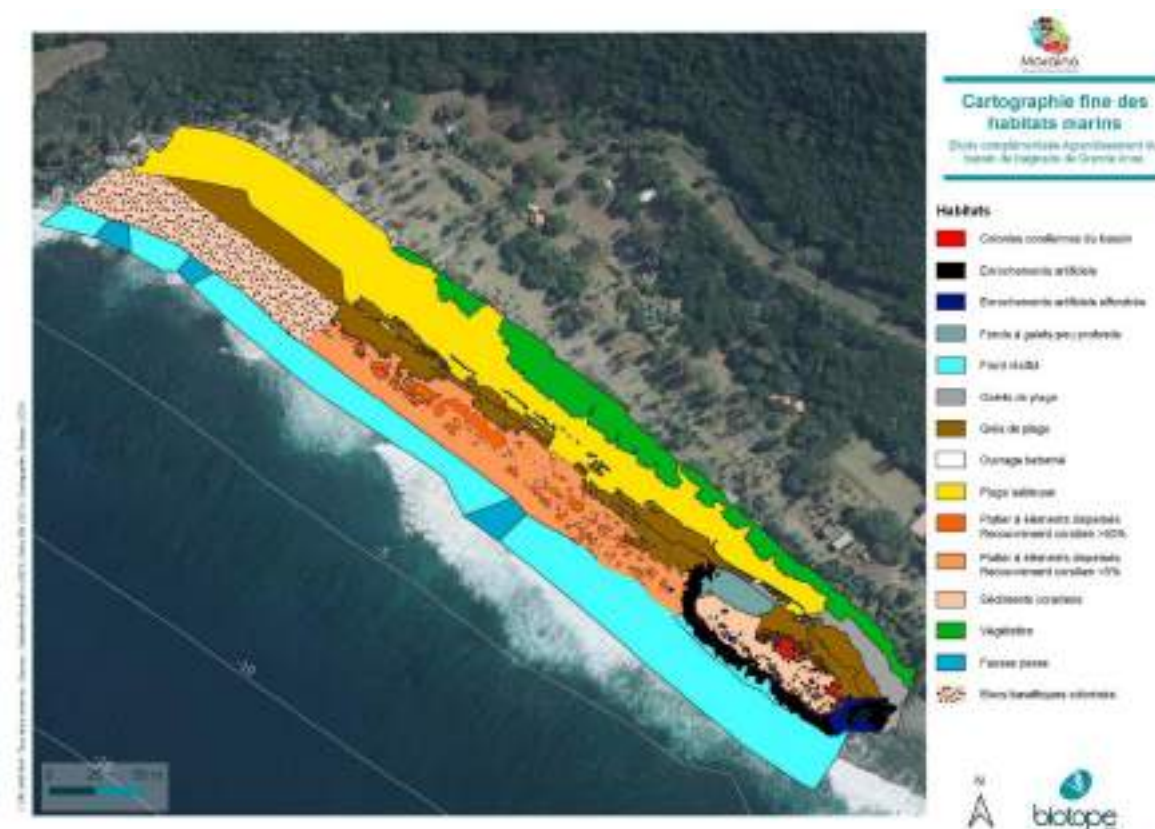


Figure 108 : Habitats et géomorphologie du platier interne de Grande Anse. Cartographie combinant les analyses de terrain, données bibliographiques et imagerie aérienne par drone (d'après Carex et Arvam, 2005 ; Pareto, BCEOM, 2004 et Biotope/Ocean Obs, 2021).

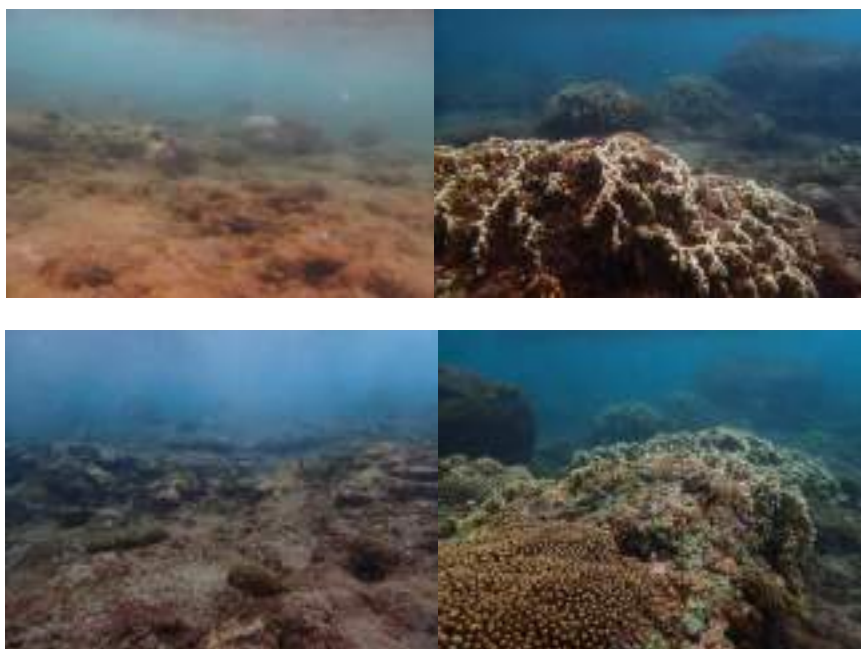


Figure 109 : A gauche, couverture corallienne faible voire nulle à proximité du bassin de baignade, à droite couverture plus importante dans la zone sud-ouest du bassin (© Biotope, 2018).

2.8.2.3 Le bassin de baignade

Ce bassin de baignade se situe donc en fond de baie de Grande Anse. Il est constitué d'une ceinture d'enrochements naturels basaltiques de 110 mètres, parallèle à la côte, et installé en 1989. Le substrat est dominé par du grès basaltique, ainsi que du sable et débris corallien (SPL Maraina, 2016 - Figure 110). Le bassin atteint une profondeur de 0,5 à 1 m et présente des substrats colonisés par les colonies coralliennes au niveau de méga-blocs basaltiques et du grès (Carex et Arvam, 2005).

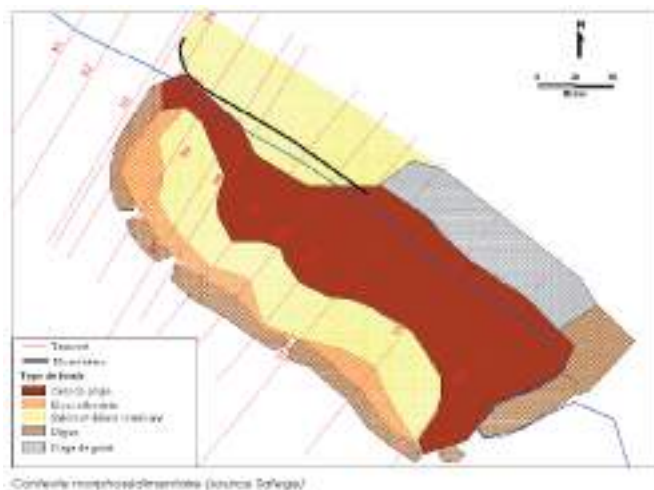


Figure 110 : Contexte morpho-sédimentaire du bassin de baignade (d'après SPL MARAINA, 2016).



Figure 111 : Géomorphologie du platier interne (d'après PARETO, BCEOM, 2004).

Sur la base des expertises réalisées en décembre 2018 et de l'étude complémentaire réalisée en 2021 (imagerie drone & vérité terrain), il est possible de préciser les différents habitats rencontrés (Figure 116) :

- Au nord côté plage, à « l'entrée du bassin » après le beach rock, se trouve une zone peu profonde à galets, non colonisée par le corail. Les peuplements y sont appauvris (benthos fixe/mobile et poissons).



Figure 112 : Fonds à galets à l'entrée du nord du bassin. © Biotope, 2021.

- Côté plage, une vaste dalle de gré s'étend jusqu'à la limite sud-est du bassin. Cette dalle est colonisée au niveau de la partie central du bassin par de nombreuses colonies coralliennes principalement représentées par des *Porites cf lutea/lobota* massifs.



Figure 113 : Colonies de *Porites* localisées principalement au centre du bassin. © Biotope, 2021.

- Ces colonies de *Porites sp* sont également sur une zone de transition entre la dalle et une zone plus sableuse qui couvre toute la longueur du bassin côté mer. Quelques enrochements effondrés et blocs basaltiques sont également présents dans cette zone et peuvent être colonisés par quelques colonies coralliennes.



Figure 114 : Zone sableuse présentant quelques galets et blocs basaltiques (non visibles sur la photo). © Biotope, 2021.

- Enfin la partie sud-est de la zone sableuse, présente également des méga blocs basaltiques sur lesquels se développent de nombreuses colonies coralliennes (dont de nombreux Acropores, Pavona et Pocillopores).



Figure 115 : Colonies coralliennes présentes au niveau de la partie sud -est du bassin. © Biotope, 2021.

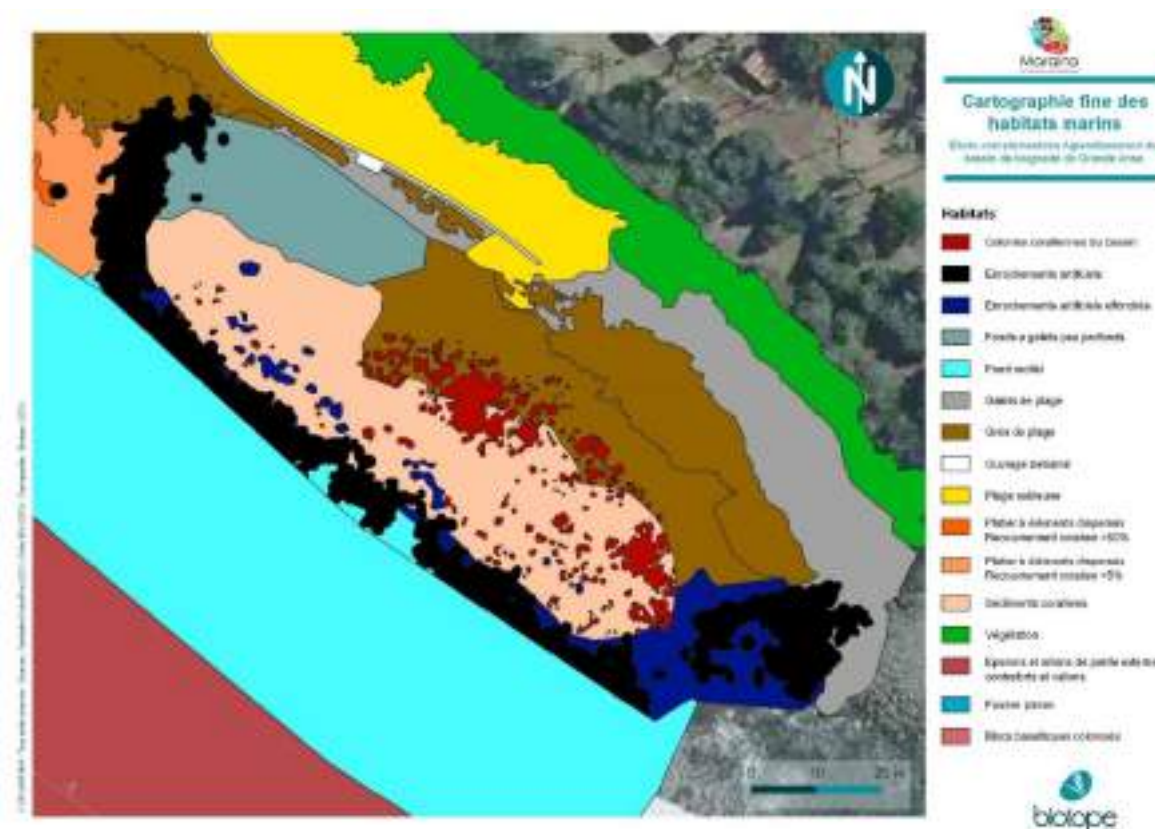


Figure 116 : Cartographie fine des habitats du bassin de baignade de Grande Anse (actualisation 2021)

2.8.3 Les peuplements benthiques et ichthyologiques

2.8.3.1 Les peuplements benthiques

Cette partie présente les peuplements benthiques se développant au niveau de la pente externe, du platier interne et du bassin de baignade.

La plateforme récifale de Grande Anse est définie comme possédant une forte richesse générique des communautés coralliennes (Carex et Arvam, 2005), notamment dans l'enceinte du bassin de baignade aménagé sur la partie sud-est du récif. Ailleurs, la couverture corallienne est globalement faible. La bonne croissance des peuplements coralliens est largement limitée par la forte exposition à la houle.

2.8.3.1.1 La pente externe

De façon à caractériser les peuplements marins de la pente externe, deux radiales ont été réalisées, à des profondeurs respectives de 8 et 12 mètres, considérant l'étude des peuplements benthiques et de l'ichtyofaune.

La pente externe présente une richesse spécifique élevée ainsi qu'une couverture corallienne importante sur la partie supérieure de la pente externe (30-50%) (ZNIEFF, 2014a et b). Elle se compose principalement d'*Acropora abrotanoides*, de *Porites rus*, et d'*Acropores* digités, et Pocillopores.

- [Pente externe - 12 mètres de profondeur]

A cette profondeur, l'habitat est caractérisé par des sillons d'une profondeur de 2 à 3 mètres, et colonisé par des colonies coralliennes petites et dispersées (Figure 117). La couverture et la vitalité corallienne sont moyennes, respectivement 25,1 et 24,8%, caractéristiques de ce type d'habitat à fort potentiel de bioconstruction (entre 20 et 50% de couverture corallienne pour les éperons-sillons). A titre de comparaisons, la majorité des formations coralliennes de La Réunion présente une couverture corallienne entre 20 à 50% (suivi GCRMN - Wickel et al., 2016). La couverture algale est importante (environ 73%) et principalement représentée par du turf algal (Figure 118). Cependant, il apparaît une forte présence des algues calcaires du genre *Halimeda* sp., représentant 2,1 % de la couverture totale (Figure 119). La présence d'algue ne semble toutefois pas montrer de dégradation des formations.



Figure 117 : A gauche, profil général de la station à colonies coralliennes petites et dispersées - A droite, exemple d'une petite colonie corallienne du genre *Galaxea* sp (© Biotope, 2018)

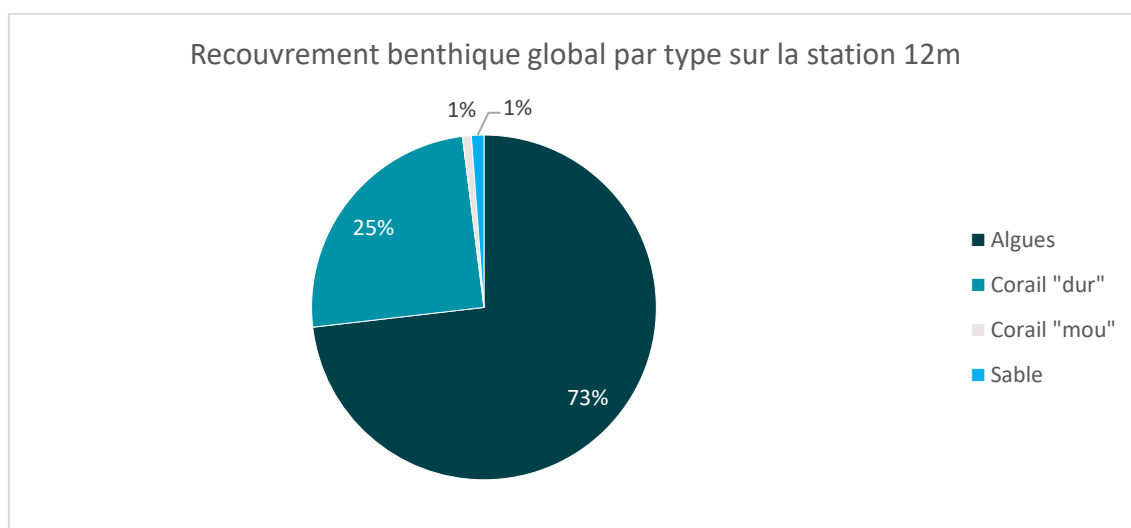


Figure 118 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 12m de profondeur.

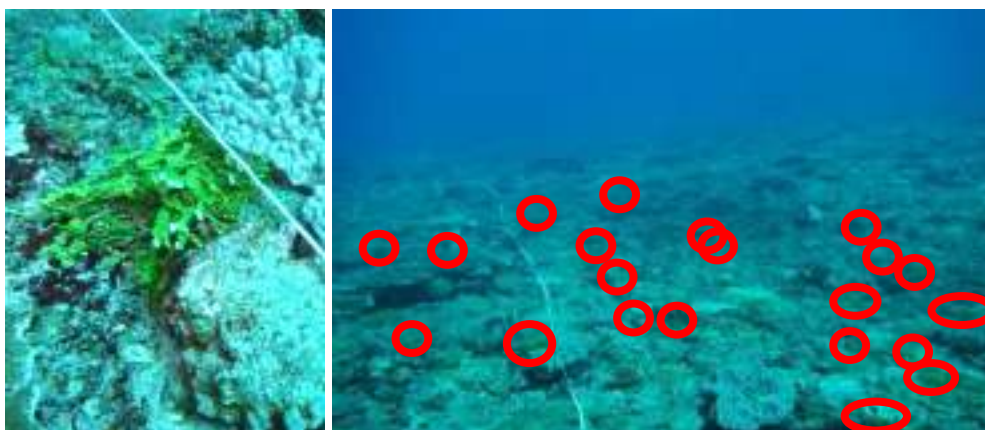


Figure 119 : Présence importante des algues calcaires *Halimeda sp* (cercles rouges).

Les **communautés coralliennes** se distinguent de la manière suivante :

- Une forte dominance des coraux non Acropores (NAC), avec 82% du recouvrement relatif (Figure 120). Les coraux mous sont assez bien représentés (3% de l'ensemble des coraux) avec un recouvrement relatif de 0,8%. Les Acropores composent 15% du recouvrement.
- Les formes largement dominantes sont les coraux encroûtants (41,8%) et les coraux submassifs (31,1%), suivi par les formes tabulaires (10,3%), témoignant d'un hydrodynamisme important limitant le développement des formes branchues (Figure 121). Les principaux genres rencontrés sont les *Pocillopora*, *Astreopora* et *Acropora* (Figure 122). Neuf genres ont été relevés uniquement sur le transect indiquant une diversité générique bonne.

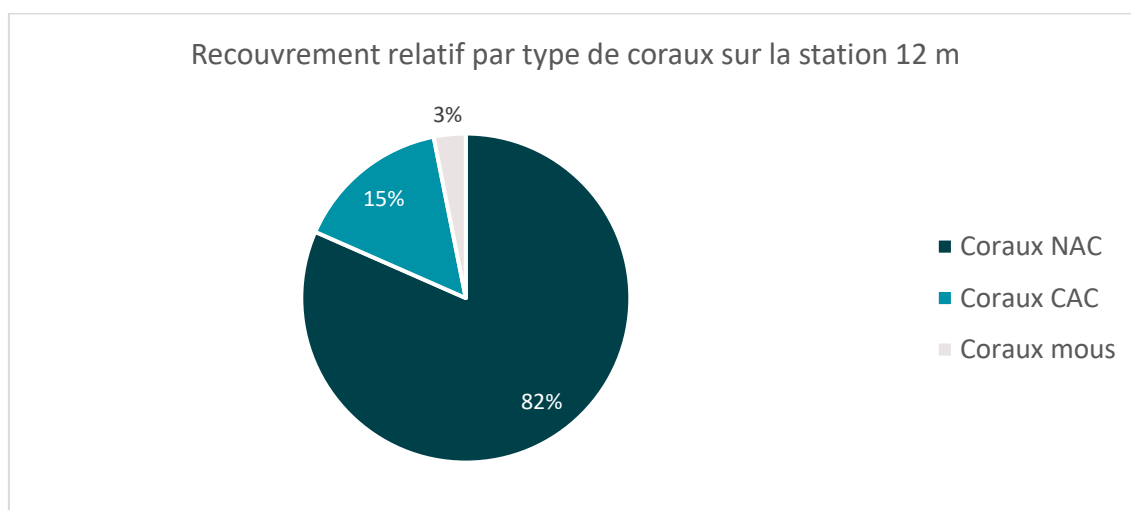


Figure 120 : Recouvrement relatif des grands types de coraux au niveau de la pente externe, à 12 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores]

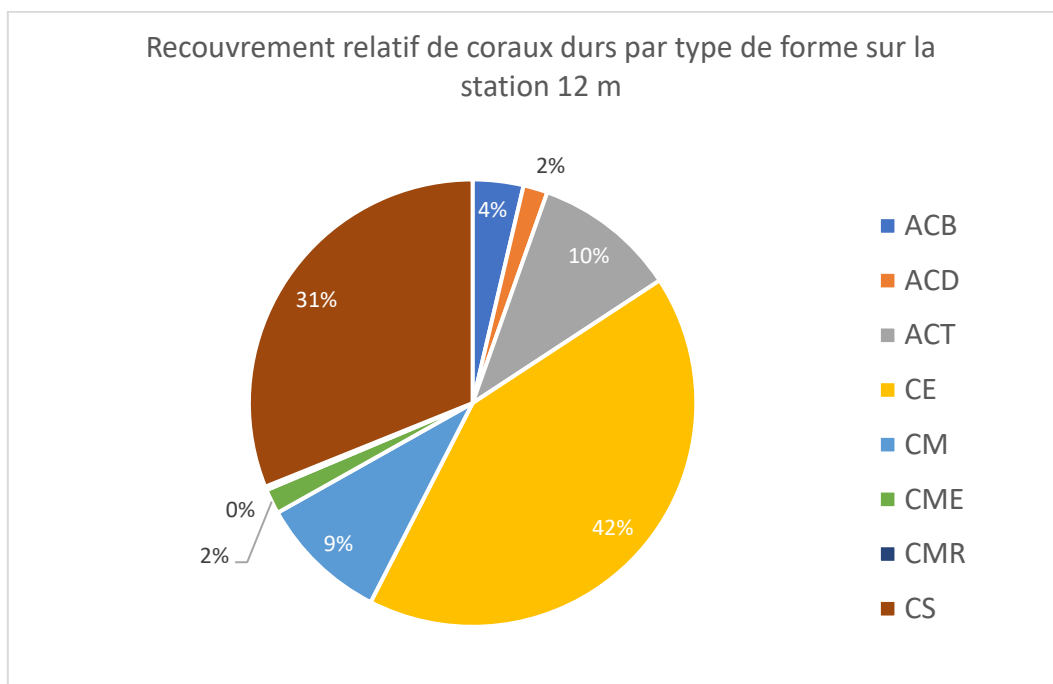


Figure 121 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe (profondeur de 12 m). ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroûtant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CMR : Corail champignon ; CS : Corail Submassif.

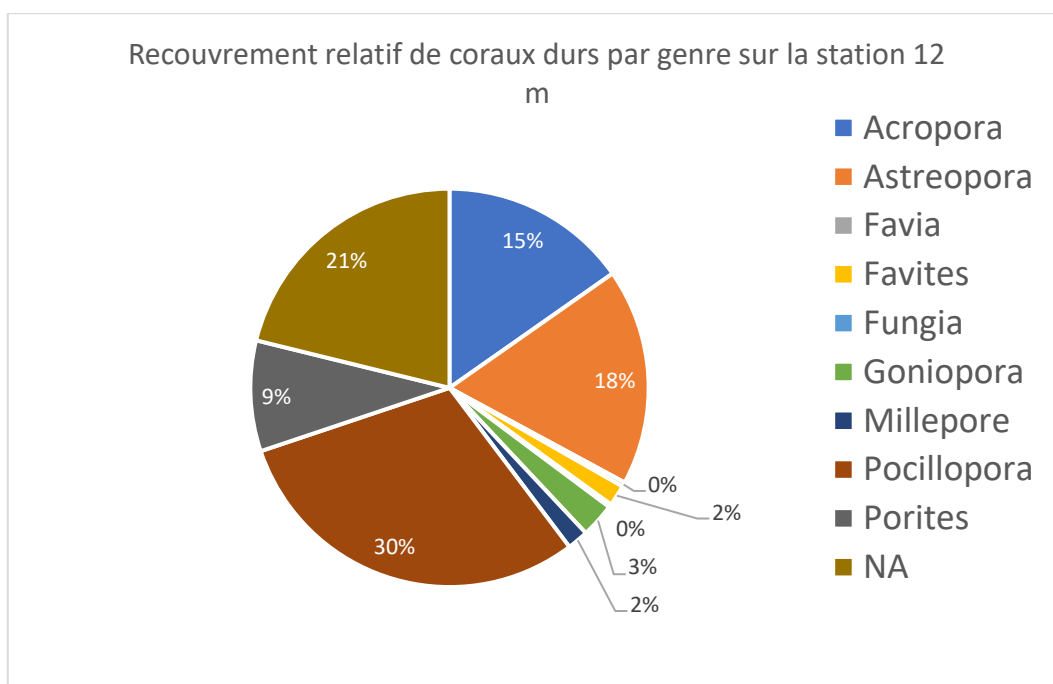


Figure 122 : Répartition des genres pour les coraux durs présents au niveau de la pente externe à 8 mètres de profondeur.

- [Pente externe - 8 mètres de profondeur]

L'habitat est caractérisé par des sillons plus marqués (cf. Figure 105) supérieurs à 3 mètres de profondeurs à colonies coralliennes plus denses et moins dispersées (Figure 123). La couverture et la vitalité corallienne sont bonnes (respectivement 31,4 et 33,6%), caractéristiques de ce type

d'habitat à fort potentiel de bioconstruction (entre 20 et 50% de couverture corallienne pour les éperons-sillons). Pour rappel, la majorité des formations coralliennes de la Réunion présentent une couverture corallienne comprises entre 20 à 50% (suivi GCRMN, Wickel et al., 2016). La couverture algale est importante (environ 60,2%) et exclusivement représentée par du turf algal (Figure 124). Aucune algue calcaire du genre *Halimeda* n'a été recensée.



Figure 123 : A gauche, profil général de la station à colonies coralliennes plus grandes et moins dispersées - A droite, exemple de colonies coralliennes très proches les unes des autres, avec dominance du genre *Acropora sp* (© Biotope, 2018)

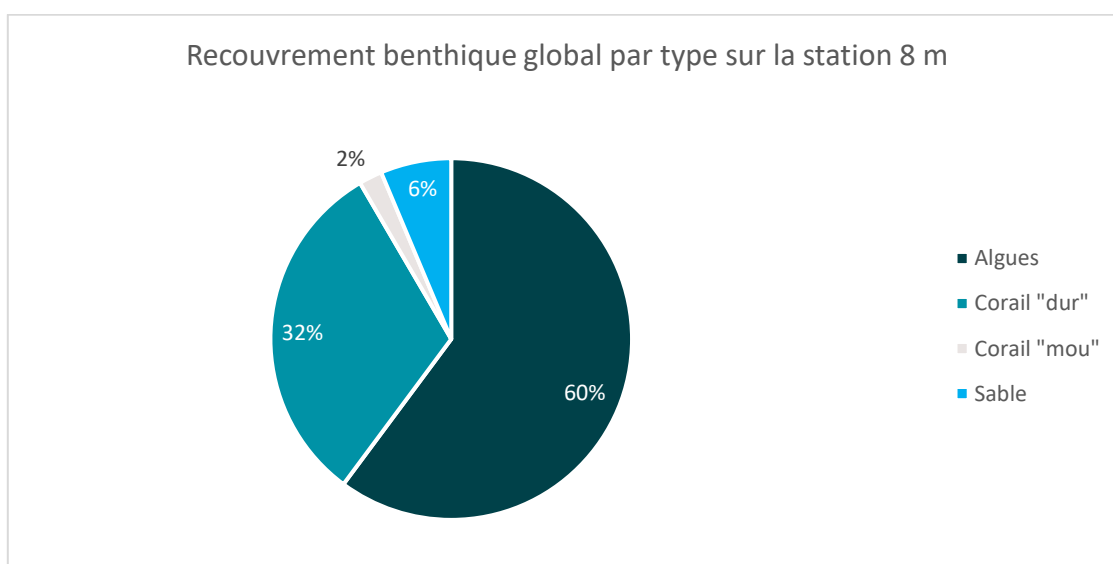


Figure 124 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 8m de profondeur.

Les **communautés coralliennes** se distinguent de la manière suivante :

- Une légère dominance des coraux Acropores (CAC), avec 48,8% du recouvrement relatif (Figure 125). Il apparaît d'ailleurs un certain équilibre entre les coraux acropores et non branchus (CAC : 48 % vs NAC : 44,6%). Les coraux mous sont également présents, représentant 2.1 % du recouvrement total relatif, soit 6,6% de l'ensemble des coraux.
- Les formes largement dominantes sont, par ordre d'importance, les Acropores tabulaires (28,4%), les coraux submassifs (21,3%), les coraux encroûtants (19,7%) et les acropores encroûtants (11,9%). Cette dominance des formes encroûtantes, submassives et tabulaires témoigne encore une fois d'un hydrodynamisme important limitant le développement des formes branchues (Figure 126). Les Acropores sont le genre largement dominant (48,8), suivi par les Pocillopora (18,6%) (Figure 127). Les Millépores sont deux fois plus présents

que sur la station 12 mètres avec 3,4% contre 1,7. Huit genres ont été recensés uniquement sur le transect.

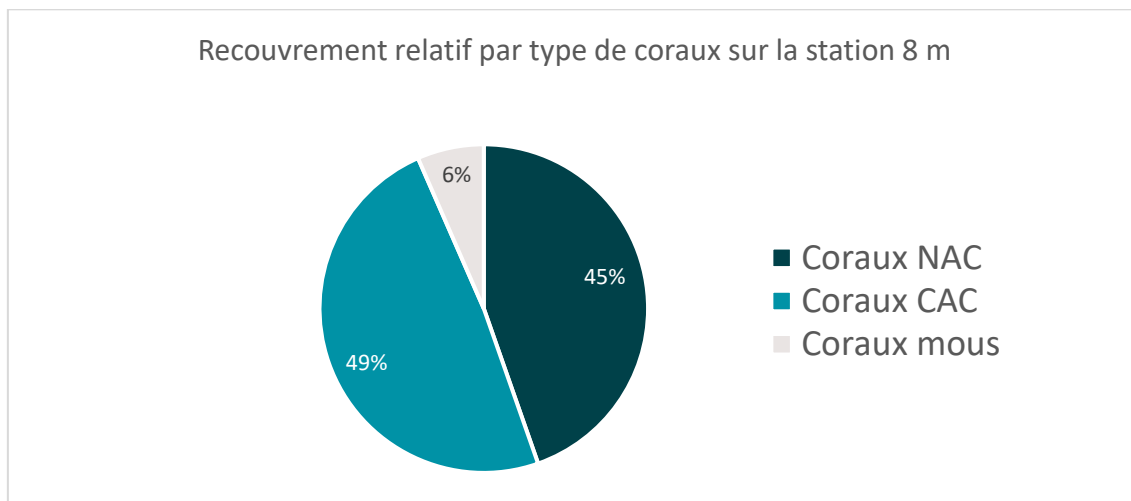


Figure 125 : Recouvrement relatif par type de coraux au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores].

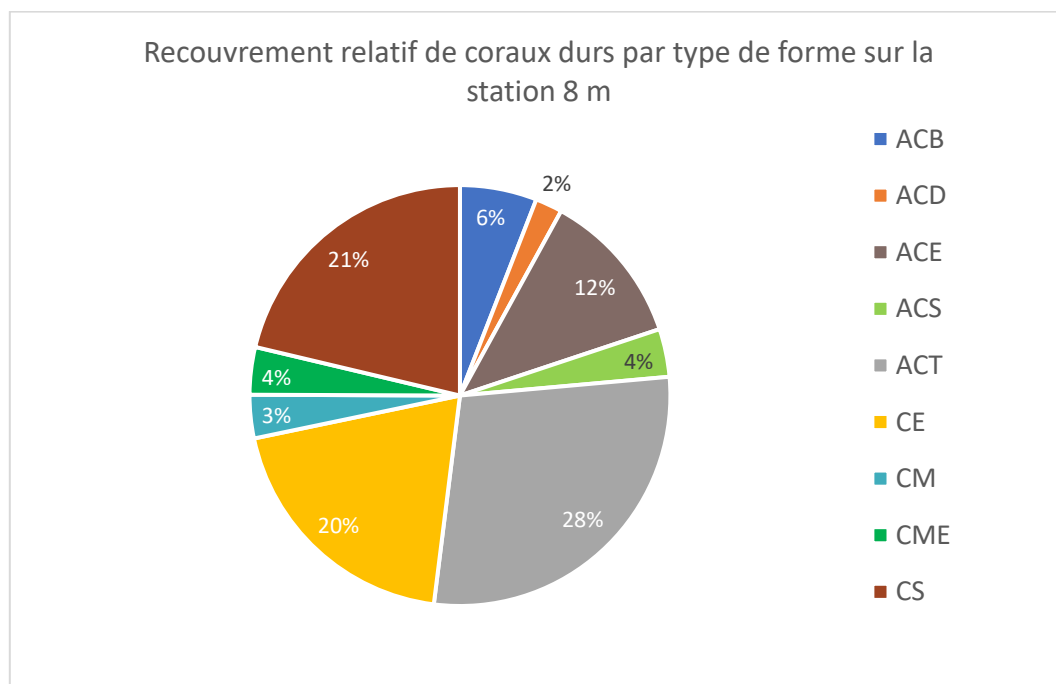


Figure 126 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACE : Acropore encroûtant ; ACS : Acropore submassif ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroûtant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CS : Corail Submassif].

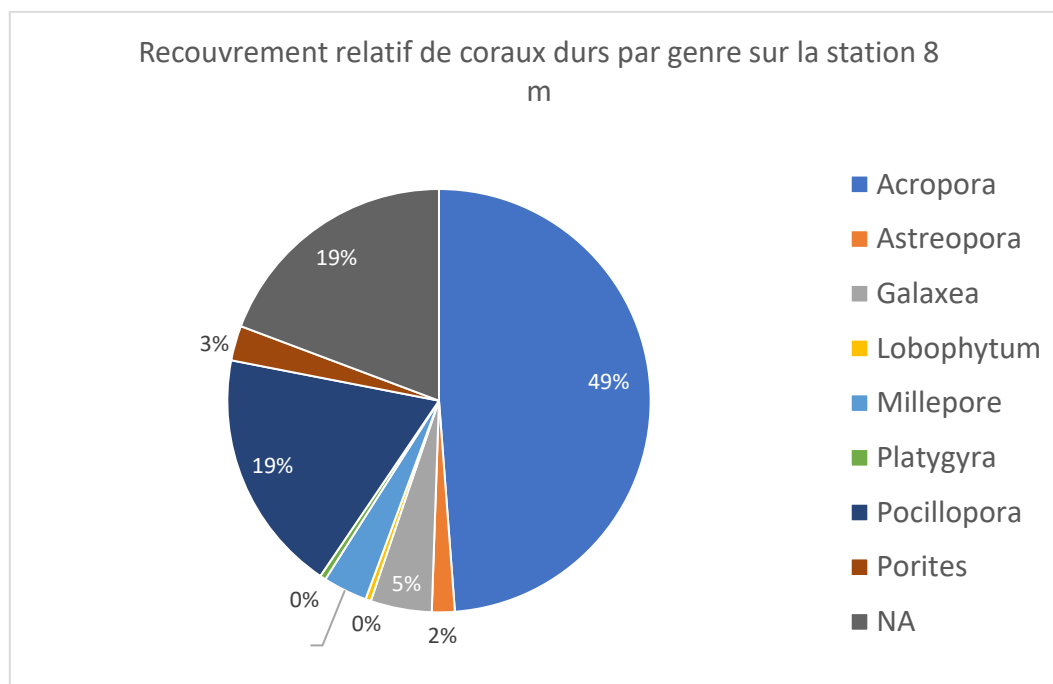


Figure 127 : Répartition des genres des coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur.

2.8.3.1.2 Le platier interne

Le platier interne est composé de blocs basaltiques colonisés dans sa partie nord et d'un platier à éléments dispersés dans sa partie sud et centrale (Figure 111, Pareto & BCEOM, 2004). Accolée au bassin, la partie Sud de la plateforme récifale est partiellement protégée de la houle et des courants. Elle affiche donc un développement corallien relativement important (>40%). Les espèces sont globalement les mêmes qu'à l'intérieur du bassin (voir ci-dessous), avec des formes plus aplanies en lien avec l'important hydrodynamisme (Pareto & BCEOM, 2004).

La prospection aléatoire effectuée en Décembre 2018 a permis d'actualiser cette cartographie. L'ensemble du platier interne n'a pu être prospecté du fait de conditions hydrodynamiques se renforçant avec l'éloignement du bassin. La partie la plus sensible a cependant pu être couverte.

Dans le cadre de la présente étude, les expertises ont permis d'actualiser ces connaissances (cf. Figure 108 – Biotope, 2018). Ainsi, il apparaît que la zone à proximité directe du bassin ne semble plus présenter une couverture corallienne aussi importante qu'en 2004. Les enrochements ne sont pas colonisés et les colonies coralliennes sur le platier sont très rares. En s'éloignant quelques peu du bassin, les colonies coralliennes redeviennent denses avec une couverture corallienne estimée à 30% (estimation visuelle). La zone à enjeux semble donc s'être réduite en surface selon un facteur 3 (environ 5800 m² à 2000m²). Les colonies présentes sont principalement composées d'Acropores, Pocillopores et Millepores, dans des formes massives, submassives et encroutantes.



Figure 128 : Colonies coralliennes rencontrées au niveau du platier interne (prospection aléatoire).
Colonies de Millépores (en haut à gauche), Acropores (en haut à droite) et formes massives et
submassives (en bas).

2.8.3.1.3 Le bassin de baignade

En se référant à la bibliographie, le bassin accueille des blocs basaltiques, de taille métrique ou pluri-décimétrique, plus ou moins colonisés selon leur exposition à la houle (Pareto & BCEOM, 2004). Dans le bassin, le recouvrement corallien varie de 40% (dans la partie sud) à moins de 10% (partie centrale plus fréquentée). Une zone à galet est également présente en partie centrale et non colonisée du fait de leur instabilité (Figure 129). Les coraux colonisent également les ouvrages de protections.



Figure 129 : Géomorphologie du bassin de baignade (d'après PARETO, BCEOM, 2004)

Les expertises réalisées en décembre 2018 et 2021 ont permis d'actualiser ces connaissances (Figure 116). Depuis 2004 (dernière cartographie réalisée), différents paramètres et/ou événements naturels ont pu influencer l'état du milieu (événements climatiques intenses, fréquentation humaine, pollution...).

Ainsi, depuis 2004, il apparaît que la zone à galets semble nettement plus étendue, couvrant la majeure partie de la zone nord-ouest du bassin (la plus fréquentée). Au niveau des enrochements de protection, des colonies coralliennes se développent tout le long, et notamment sur des enrochements effondrés dû aux nombreuses houles (Figure 130).



Figure 130 : Colonies coralliennes présentes au niveau des enrochements effondrés à proximité de l'enceinte du bassin (© Biotope, 2018)

Les colonies coralliennes se concentrent principalement au centre du bassin et au sud-est (cf. Figure 116). Ces deux zones de concentration présentent des faciès bien différents :

- Zone corallienne du sud-est du bassin : ce faciès présente un recouvrement important au niveau des enrochements effondrés et blocs basaltiques diminuant au centre du bassin (Figure 131). La couverture corallienne est globalement importante (34,5%, Figure 132) et la couverture algale y est faible (soit 13,5%, composé à 66% de turf algal et 34%

d'algues calcaires), et laissant une part importante à l'abiotique (roche nue). Les colonies coralliennes sont largement représentées par des coraux du genre *Acropora*, *Pavona*, *Pocillopora* de formes tabulaires, digités et submassives (Figure 134). La présence de formes branchues atteste d'une zone protégée par l'hydrodynamisme. Aucun corail mou n'a été observé sur ce transect. La faible couverture algale peut s'expliquer par l'importante population d'oursins brouteurs dans le bassin (*Diadema savigny*, 1,06 individus par m², Figure 133) régulant la couverture algale (turf algal) de façon importante. La densité de cette espèce est très importante (Figure 136).



Figure 131 : Colonies coralliennes observées sur le secteur sud-est du bassin de baignade. En haut, couverture corallienne importante en début de transect (à proximité des enrochements), en bas couverture corallienne plus faible (à proximité du centre du bassin) (© Biotope, 2018)

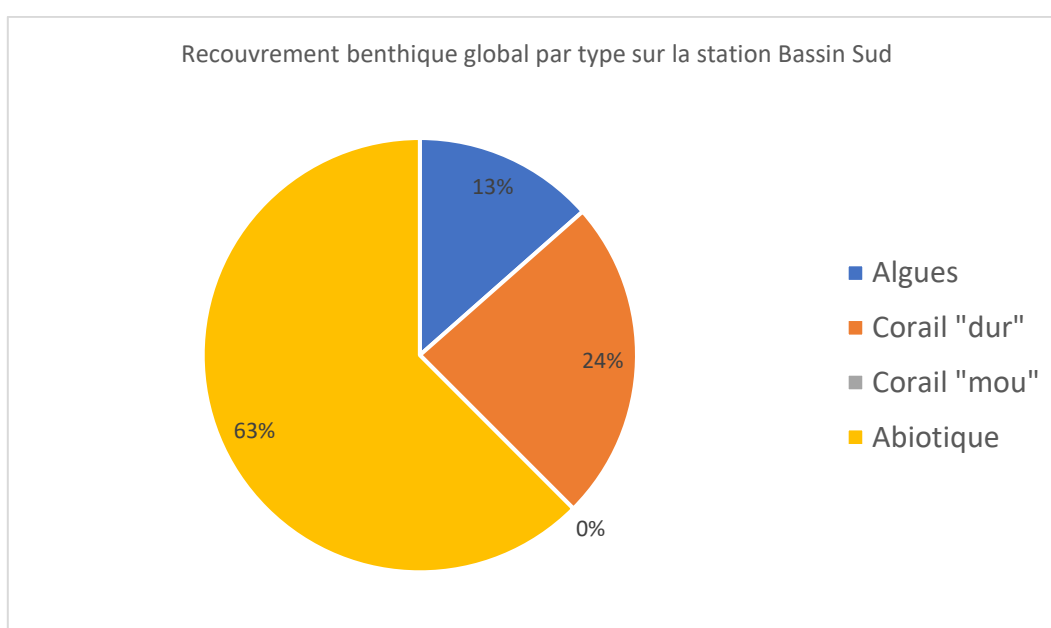


Figure 132 : Recouvrement benthique sur la station située au sud-est du bassin de baignade.



Figure 133 : Le bassin de baignade accueille localement le développement important des oursins (*Diadema savigny*) (© Biotope, 2018)

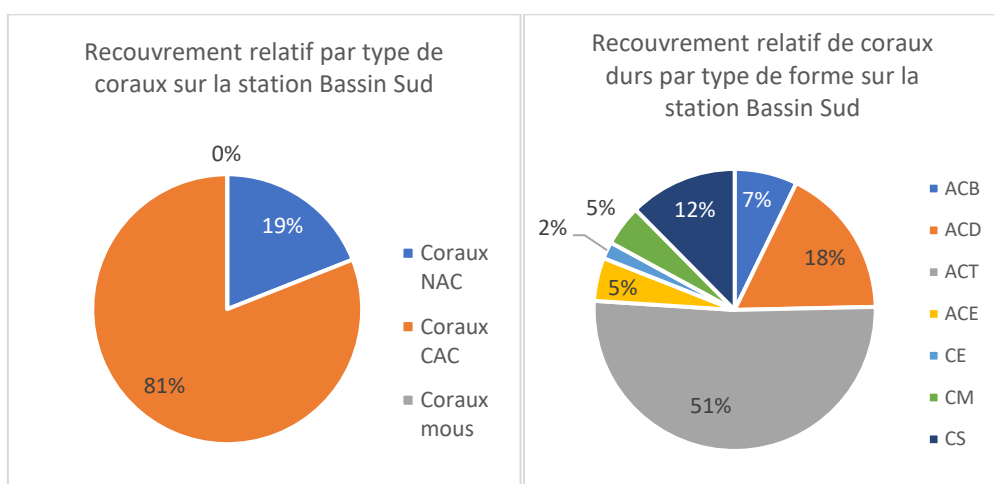


Figure 134 : Recouvrement par type de coraux (à gauche) et par type de forme (à droite) sur la station sud-est du bassin de baignade. NAC : Non Acropore ; CAC : Coraux Acropores.

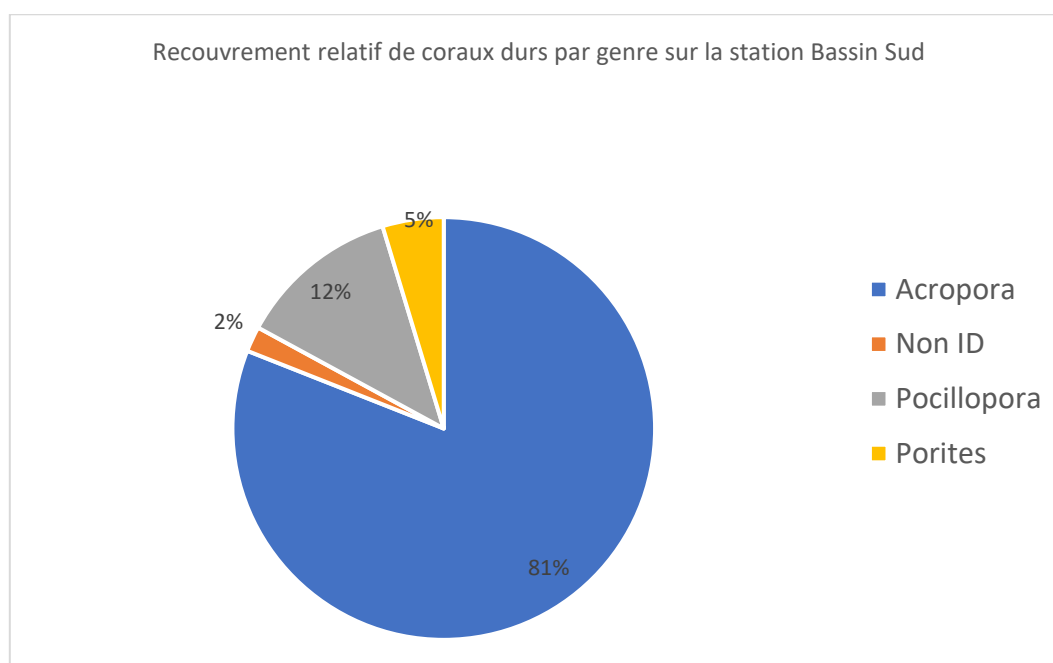


Figure 135 : Diversité des genres coralliens au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.

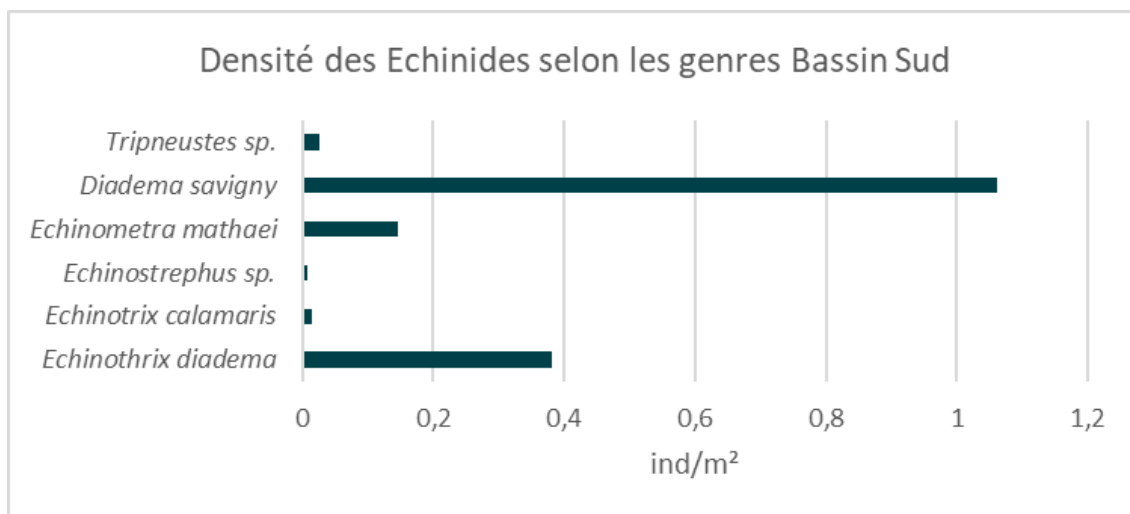


Figure 136 : Densité des échinidés au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.

- Zone corallienne centrale : ce faciès (Figure 137) présente une couverture corallienne plus faible (16,7%), la tendance est similaire pour la couverture algale (4,8 %). L'abiotique représente une importante partie du recouvrement (Figure 139). Les coraux sont largement représentés par les non-acropores et les formes principales massives, submassives et digitées (Figure 140). Les Porites massifs sont largement présents. La faible couverture algale peut s'expliquer par l'importante populations d'oursins brouteurs dans le bassin (*Diadema savigny* notamment) régulant fortement la couverture algale (turf algal). Ces oursins semblent inféodés à des zones spécifiques. Ils ont en effet été régulièrement observés de façon concentrées au même endroit (Figure 138). La densité de cette espèce est très importante (1,14 individus par m², Figure 142). D'autres espèces d'oursins ont été recensées (*Echinometra mathaei*, *Echinotrix diadema* et *Echinotrix calamaris*). Aucune holothurie ou astérides n'ont été observés sur le transect.



Figure 137 : Formations coralliennes observées au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade (© Biotope, 2018).



Figure 138 : Zone où se concentrent les oursins diadèmes. © Ocean Obs, 2021.

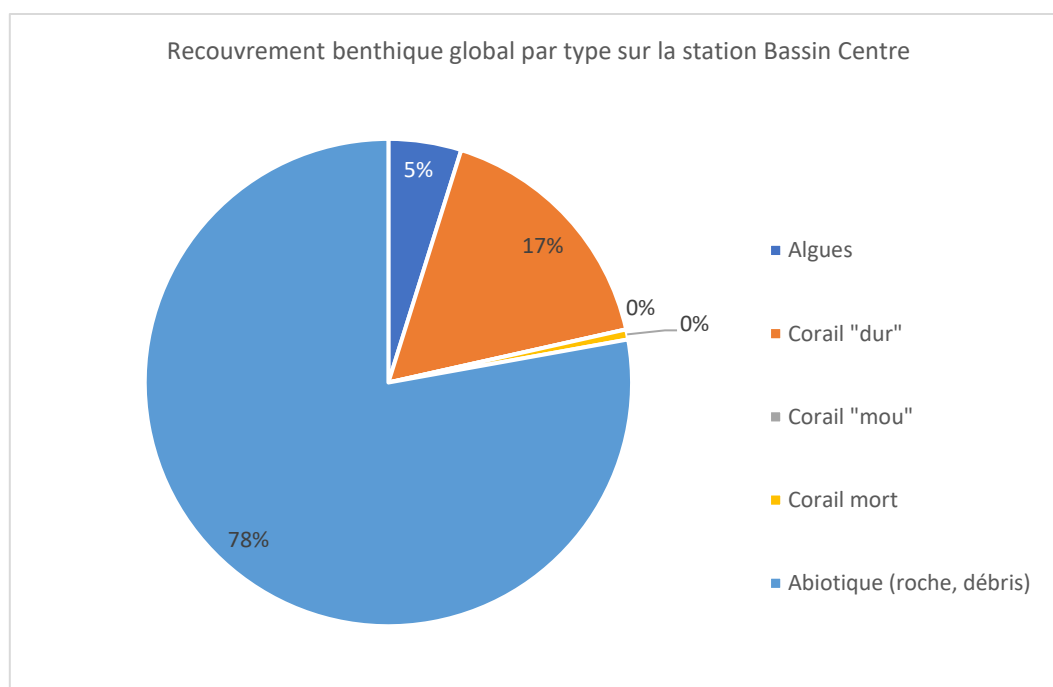


Figure 139 : Recouvrement benthique au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade.

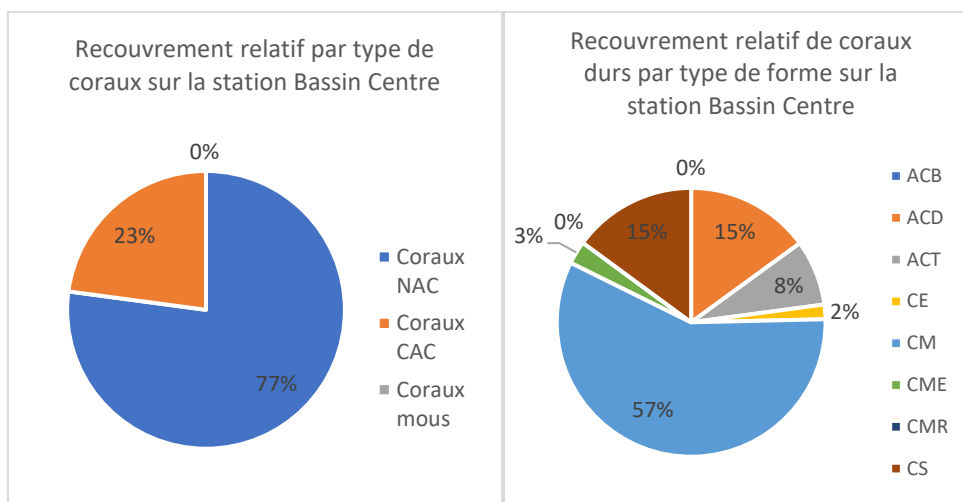


Figure 140 : Type de coraux (à gauche) et type de formes (à droite) des colonies coralliennes sur la station centre-ouest du bassin de baignade.

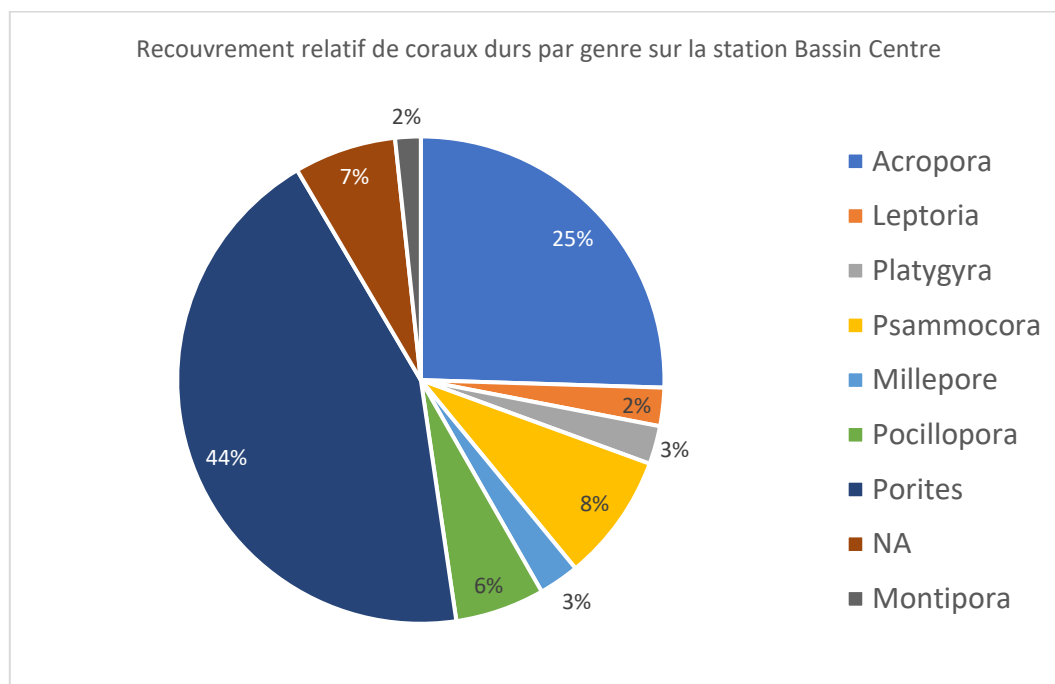


Figure 141 : Répartition des genres de coraux observés au niveau de la station centre-ouest.

Il est à noter que ce récif a fait l'objet d'un blanchissement corallien modéré en 2004 (Carex & Arvam, 2005) et d'un potentiellement blanchissement en 2015 (Source SAFEGE in SPL MARAINA, 2016).

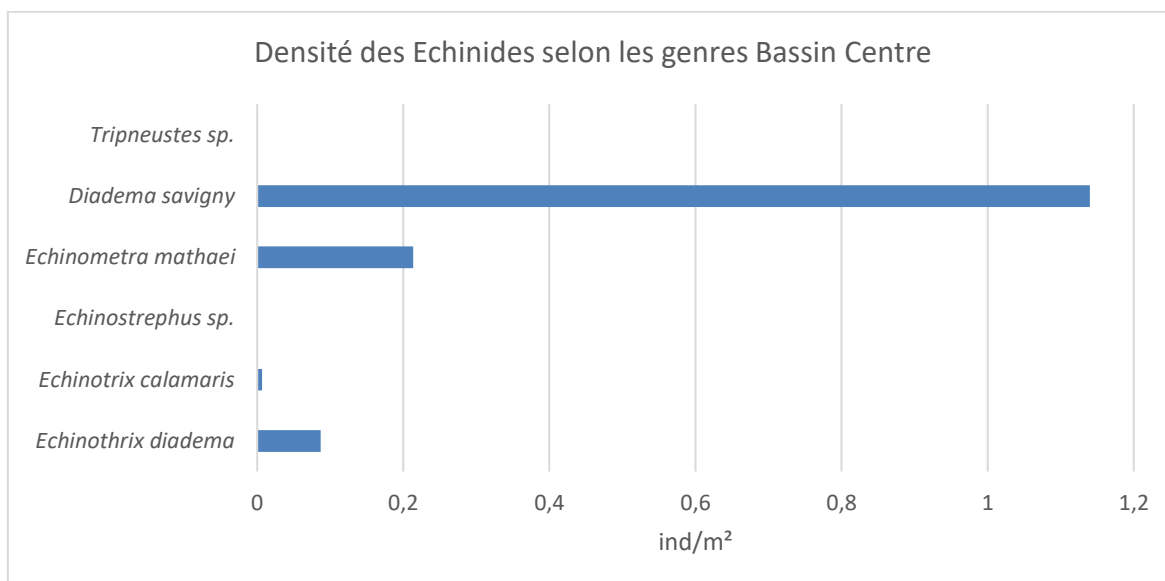


Figure 142 : Densité des différents Échinides observés au niveau de la station centre-ouest du bassin.

Le bassin accueille donc des formations coralliennes, qui présentent cependant 2 facies différents. Cela s'explique notamment par les conditions environnementales qui semblent suffisamment différentes sur ces 2 zones pour entraîner le développement de communautés coralliennes bien distinctes. Un ensemble de paramètres expliquent ces différences, à savoir : la nature du substrat, l'hydrodynamisme (proximité ou non des digues de protection), les résurgences d'eau douce, la fréquentation humaine (pmt) ...

2.8.3.2 Inventaire et description des invertébrés marins

Cette partie présente un état des lieux des lieux des invertébrés marins recensés dans le bassin de Grand Anse. Ce travail se base sur des inventaires réalisés par Biotope en 2018 et 2021, ainsi que des données collectées par Vie Océane en 2021 (mise à disposition gracieuse par cette étude).

Ces inventaires ont mis en évidence un total de 256 espèces recensées au sein du bassin de baignade (Biotope, 2021 & Vie Océane, 2021). Ces espèces appartiennent à 7 embranchements différents (Figure 143), soit :

- 88 espèces de mollusques,
- 59 espèces d'arthropodes (crustacés...),
- 47 espèces de cnidaires,
- 45 espèces d'échinodermes,
- 8 espèces de plathelminthes,
- 6 espèces d'annélides,
- 3 espèces de spongiaires.

La liste complète des espèces est présentée en Annexe 3 de l'étude complète de Biotope.

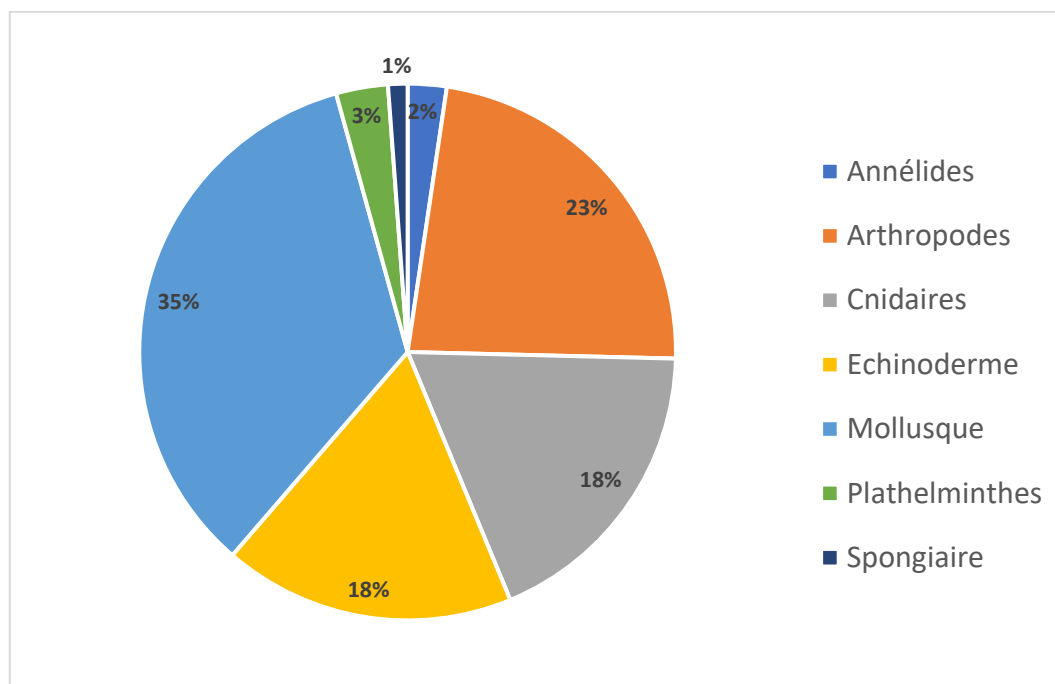


Figure 143 : Répartition des 256 espèces potentiellement identifiées au sein des embranchements. Annélides (6 espèces), Arthropodes (59), Cnidaires (47), Echinoderme (45), Mollusque (88), Plathelminthes (8) et Spongiaire (3).

La richesse spécifique est globalement proportionnelle à la diversité relative des différents embranchements, avec notamment 35% espèces de mollusques, 23 % d'arthropodes ou 18% de cnidaires et 18% d'échinodermes.

Quelques espèces rencontrées sont illustrées en Annexe 4 de l'étude complète de Biotope.

Concernant les coraux, il ressort notamment une belle richesse spécifique en cnidaires, avec 47 espèces. Au total, ces espèces se répartissent dans 19 genres, avec des espèces dominées par les acropores (18%) suivi par les Dipsastrea (11%) et les Montipora (9%) (Figure 144).

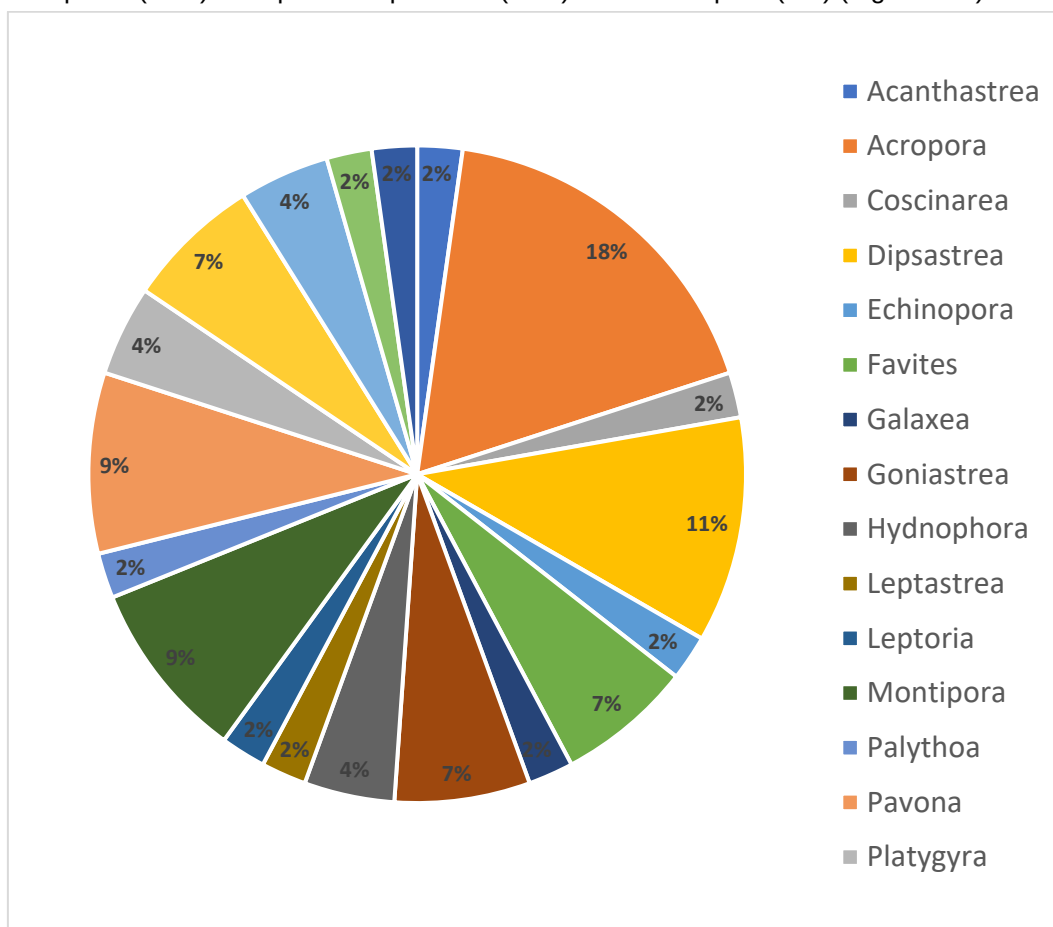


Figure 144 : Dominance des genres de coraux au sein du bassin de baignade.

2.8.3.2.1 Synthèse des enjeux et espèces remarquables

Pour l'évaluation patrimoniale des espèces, différents critères sont considérés tels que :

- Le niveau de menace (Liste rouge mondiale/locale UICN),
- Le caractère déterminant ZNIEFF (DEAL Réunion, 2018).

Parmi ces 256 espèces, considérant ces deux critères, **il ressort 28 espèces remarquables d'invertébrés marins (déterminantes ZNIEFF et/ou menacées et inscrites sur la liste rouge UICN)**, soit environ 10% des espèces inventoriées.

Le tableau ci-dessous présente ces espèces remarquables.

Tableau 40 : Synthèse de l'évaluation patrimoniale des invertébrés marins recensés dans la zone d'étude

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Source
<i>Holothuria (Microthele) nobilis</i>	Echinoderme	Oui	En danger	Biotope, 2021
<i>Acropora abrotanoides</i>	Cnidaires	Oui	En danger (Réunion)	Vie Océane, 2021
<i>Arctides regalis</i>	Arthropodes	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Enoplometopus occidentalis</i>	Arthropodes	Oui	Préoccupation mineure	Biotope, 2021
<i>Panulirus penicillatus</i>	Arthropodes	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Coscinaraea monile</i>	Cnidaires	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Echinopora gemmacea</i>	Cnidaires	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Favites pentagona</i>	Cnidaires	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Acropora digitifera</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Acropora humilis</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Acropora tenuis</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Galaxea fascicularis</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Montipora sp aff undata</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Porites lobata</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Leptoria phrygia</i>	Cnidaires	Oui	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Pavona decussata</i>	Cnidaires	-	Vulnérable	Vie Océane, 2021
<i>Turbinaria mesenterina</i>	Cnidaires	-	Vulnérable	Vie Océane, 2021
<i>Pavona cactus</i>	Cnidaires	Oui	Vulnérable	Vie Océane, 2021
<i>Actinopyga mauritiana</i>	Echinoderme	Oui	Vulnérable	Biotope, 2021
<i>Carpilius convexus</i>	Arthropodes	Oui	-	Biotope, 2021
<i>Pinctada imbricata</i>	Mollusque	(Non id. ?)	-	Vie Océane, 2021
<i>Carpilius maculatus</i>	Arthropodes	Oui	-	Vie Océane, 2021
<i>Acropora granulosa</i>	Cnidaires	Oui	-	Vie Océane, 2021
<i>Colobocentrotus atratus</i>	Echinoderme	Oui	-	Biotope, 2021
<i>Eucidaris metularia</i>	Echinoderme	Oui	-	Biotope, 2021
<i>Heterocentrotus mamillatus</i>	Echinoderme	Oui	-	Biotope, 2021
<i>Tridacna maxima</i>	Mollusque	Oui	-	Vie Océane, 2021
<i>Tridacna squamosa</i>	Mollusque	Oui	-	Vie Océane, 2021

Parmi ces espèces, 13 sont considérées comme menacées ou quasi-menacées, au regard de la liste rouge UICN, soit :

- En danger : 2 espèces,

- Vulnérable : 4 espèces,
- Quasi-menacé : 7 espèces
- (6 espèces sont identifiées en Préoccupation mineure).

En danger (EN)



Holothuria (Microthele) nobilis © Biotope, 2021.

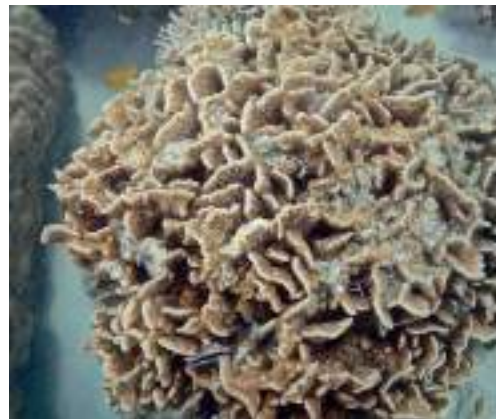


Acropora abrotanoides (Liste Rouge Réunion) ©
coralsofttheworld.org

Vulnérable (VU)



Pavona cactus (Liste rouge mondiale et Réunion) ©
coralsofttheworld.org



Pavona decussata © coralsofttheworld.org



Turbinaria mesenterina © coralsoftheworld.org

Quasi menacée (NT)



Acropora digitifera © coralsoftheworld.org



Acropora humilis © coralsoftheworld.org



Acropora tenuis © coralsoftheworld.org



Galaxea fascicularis © Biotope, 2021



Montipora sp. aff. undata © coralsoftheworld.org



Porites lobata © coralsoftheworld.org

Figure 145 : Planche d'illustrations d'invertébrés remarquables et menacés

De plus, parmi les espèces remarquables, considérant un contexte plus local, 19 sont identifiées comme déterminantes ZNIEFF à La Réunion.

Quelques espèces sont illustrées ci-dessous.



Figure 146 : A gauche : Echinopora gemmacea ; Au centre : Favia pentagona (© Biotope, 2021)



Figure 147 : Individu de Eucidaris metularia observé de jour dissimulé dans une anfractuosité. © Biotope, 2021.



Figure 148 : Individu de *Carpilius convexus* observé de nuit. © Biotope, 2021.



Figure 149 : Individu de *Tridacna* sp. © Biotope, 2021.

Le bassin de Grande Anse permet donc le développement d'une biodiversité variée et remarquable. Un des intérêts majeurs de ce bassin réside dans la présence et le développement d'une diversité remarquables de coraux, représentée par 15 cnidaires remarquables (plus de la moitié des espèces remarquables recensées dans ce bassin).

2.8.3.3 Les peuplements ichthyologiques

Pour les poissons, il convient de distinguer deux grands types de peuplement, liés à l'habitat d'espèce, à savoir **le platier et la pente externe**. Ces deux habitats présentent des caractéristiques différentes pour l'accueil et le développement de la faune ichthyologique. Le platier correspond davantage à un habitat de faible profondeur (< 1.5m), dans lequel se développe des formations coralliennes de manière localisée, en particulier dans la zone protégée du bassin de baignade. Cet habitat accueille notamment des espèces assez typiques des récifs coralliens, bien que les zones plus battues (platier interne exposé) limitent le développement d'un cortège plus diversifié. La pente externe se caractérise par des formations coralliennes se développant en éperons-sillons. Cela offre ainsi des habitats différents dans des profondeurs comprises entre 7 et 15m de profondeur.

2.8.3.3.1 Le platier et bassin de baignade

Comme cela est précisé dans la description des habitats et des peuplements benthiques, le platier interne est donc constitué d'une dalle basaltique compacte, soumise à un régime hydrodynamique marqué, accueillant localement un développement corallien. Il est à noter l'existence d'un bassin de baignade, qui offre donc des habitats moins exposés à la houle, avec donc des peuplements plus diversifiés.

Nota : Pour information, au vu des conditions difficiles de travail sur le platier interne (zone ouverte exposée aux vagues et au risque requin -intervention en palme/masque/tuba-), seul le bassin de baignade a pu faire l'objet d'une expertise approfondie.

Richesse et abondance

Dans le bassin de baignade, les inventaires mettent en évidence une richesse spécifique de 141 espèces pour un total de 31 familles (Biotope, 2018 & 2021 ; Vie Océane, 2021), ce qui reflète les peuplements pouvant se développer au niveau d'un platier interne protégé.

Il ressort une moyenne de 25 espèces par transect, ce qui est assez proche des résultats obtenus pour des habitats côtiers de ce type. L'abondance relative est de 121 ind./m², constituant aussi un indicateur proche des peuplements des formations côtières.

En se référant à d'autres données de référence (cf. Tableau 41), il ressort que le peuplement présent au niveau du bassin de baignade (platier interne) est assez proche des peuplements se développant dans les habitats côtiers avec formations coralliennes. Cela permet de montrer que ce peuplement est riche et typique des formations côtières avec colonies coralliennes, mais moins fourni que certains récifs coralliens de l'Ouest de La Réunion.

Tableau 41 : Tableau de synthèse d'indicateurs de référence sur la structuration des peuplements sur d'autres sites de La Réunion

	Grand Anse (Biotope, 2018)		St Leu Kelonia (Biotope, 2017 / Arvam, 2011)		St Leu Varangue (Arvam 2013)	Saint Pierre (Biotope, 2014)		Saint-Denis (Biotope, 2016)
	PI*	PE**	PI*	PE**	Platier	Pic Diable	Rav. Cabri	Pointe Gouffre
Richesse spécifique	44	52	24(2011) 18(2017)	31(2011) 32(2017)	22	57	49	81
Abondance (ind./m ²)	121	141	108(2011) 53(2017)	170(2011) 92(2017)	315	67	55	150
Famille	16	11	8	13	nc	19	18	26

*Platier interne / ** Platier externe



Figure 150 : Habitat étudié dans le bassin de baignade avec peuplement ichtyologique associé (© Biotope, 2018)

Représentativité des familles et structuration trophique

La représentativité des familles (Figure 151) montre une dominance des espèces omnivores et carnivores (consommant de petits invertébrés), telles que les labres (Labridae), les poissons demoiselles (Pomacentridae) soit respectivement 11 et 10 espèces (47 % de l'ensemble des espèces recensées au niveau du platier). A un degré moindre, les poissons papillon (Chaetodontidae) et les mulets (Mullidae) ne représentent que 6 familles à eux deux. Les herbivores sont notamment représentés par les poissons chirurgiens (Acanthuridae) avec seulement 5 espèces. Enfin, parmi les carnivores et prédateurs de poissons, les Serranidae sont faiblement présents avec seulement 2 espèces recensées. Cette répartition des familles est assez typique des formations coralliennes au niveau des habitats côtiers, largement dominés par ces familles.

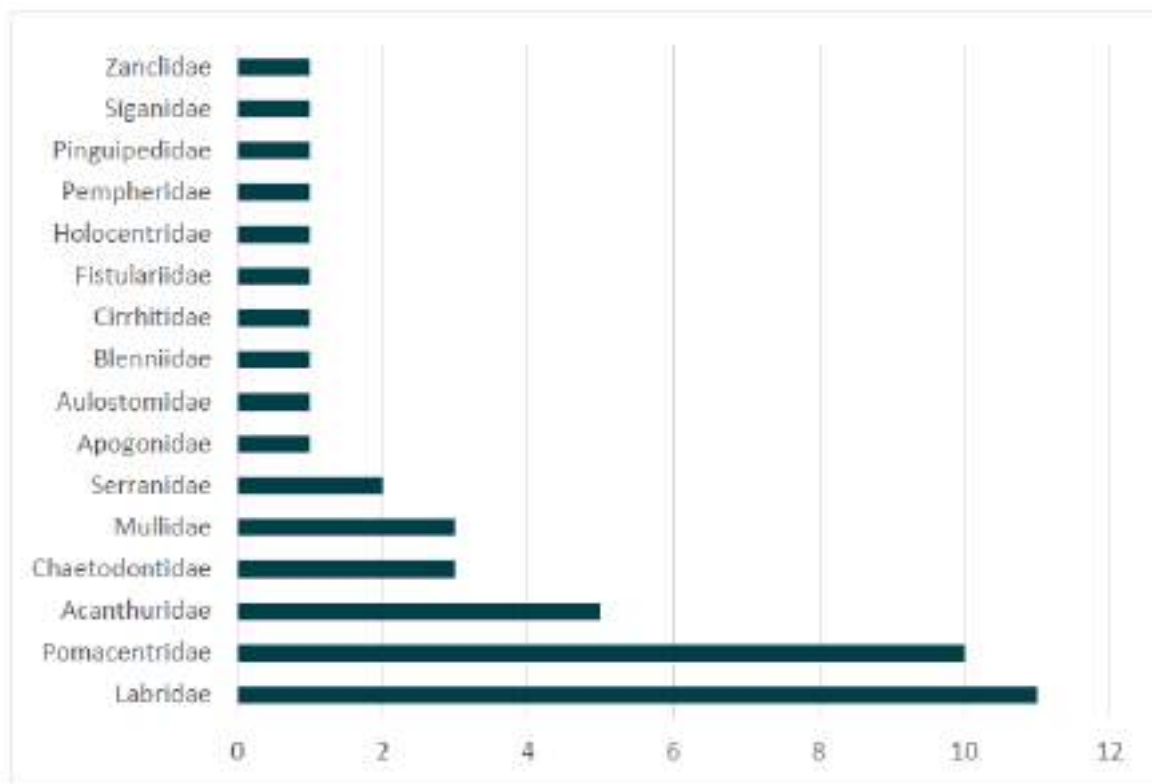


Figure 151 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage

En considérant la structuration trophique du peuplement, les carnivores (mangeurs de petits invertébrés) représentent environ 30 % du peuplement, et les omnivores environ 41 %. Pour les carnivores au sens large, cela correspond donc à 71 % du peuplement, alors que les herbivores couvrent 29 % du peuplement (cf. figure ci-dessous). Ce ratio correspond à une structure trophique typique de peuplements coralliens en bonne santé (Harmelin-Vivien, 1979), avec une forte proportion de carnivores (généralement entre 60 et 80 % dans un milieu équilibré).

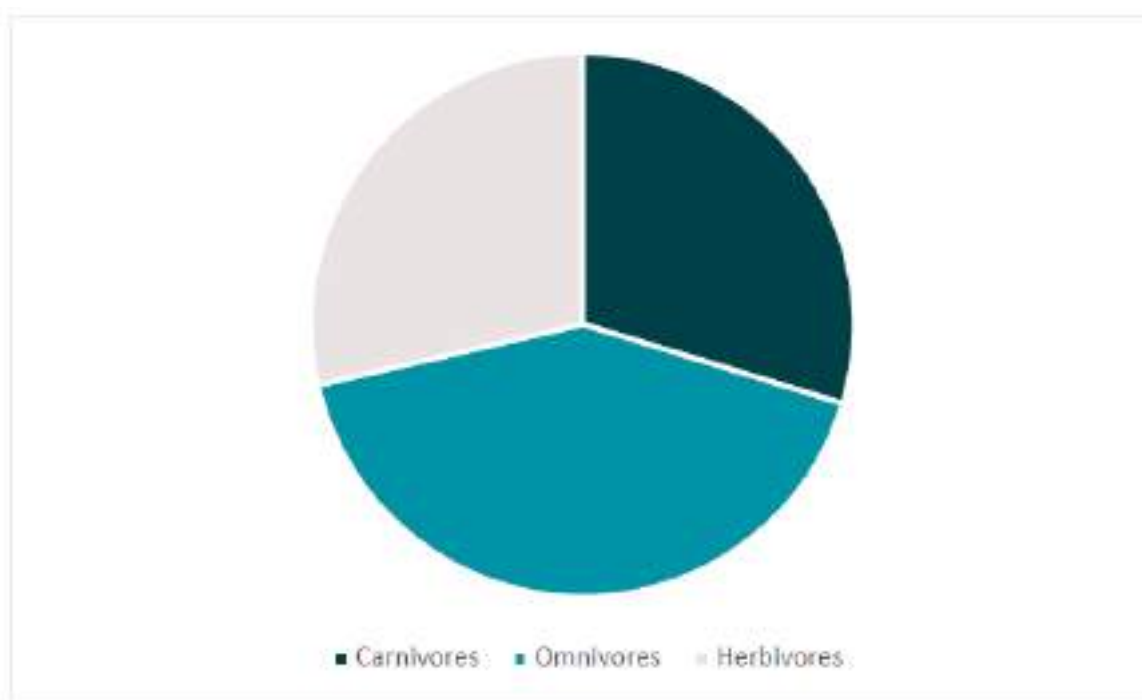


Figure 152 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)

Enfin, pour les espèces courantes, il s'agit des notamment des poissons demoiselles (pomacentridae) avec *Stegastes limbatus*, *Plectroglyphidodon phoenixensis*, *Plectroglyphidodon dickii* ou *Stegastes nigricans* dont certaines territoriales (cas des *Stegastes*). A un degré moindre, il apparaît également les labres (*Stethojulis albovittata*), les poissons papillons (*Chaetodon vagabundus*) ou les mulets (*Parupeneus trifasciatus*). Enfin, il est à signaler la présence d'espèces plus grégaires comme *Acanthurus triostegus*.

2.8.3.3.2 La pente externe

La pente externe est donc constituée d'éperons-sillons alternant avec des plateaux coralliens, dont le recouvrement est supérieur à 30%. Cet habitat est favorable aux poissons, dont les différentes niches permettent leur développement.

Richesse et abondance

Pour la pente externe, la richesse spécifique est donc de 52 espèces pour un total de 11 familles, ce qui reflète les peuplements d'habitats côtiers, mais reflétant un cortège à priori appauvri. Il ressort une moyenne de 20 espèces par transect, ce qui est assez proche des résultats obtenus pour des habitats côtiers de ce type. L'abondance relative est de 141 ind./m², constituant aussi un indicateur proche des peuplements des formations côtières (étant également supérieur à l'abondance relative enregistrée au niveau du platier interne).

En se référant à d'autres données de référence (cf. Tableau 41), ce peuplement présente les caractéristiques similaires à d'autres formations côtières avec récifs coralliens. Cette pente externe permet donc le développement d'un peuplement typique de ces habitats.



Figure 153 : Habitat d'espèce de la pente externe avec peuplement ichthyologique associé (© Biotope, 2018)

Représentativité des familles et structuration trophique

A l'instar du platier interne, pour la pente externe, la représentativité des familles (Figure 154) suit globalement la même distribution avec une dominance des espèces omnivores et carnivores (consommant de petits invertébrés), telles que les labres (Labridae), les poissons demoiselles (Pomacentridae) et les poissons papillon (Chaetodontidae), soit respectivement 12, 8 et 7 espèces (52 % de l'ensemble des espèces recensées au niveau de la pente externe). Il est à noter que les poissons papillons sont un peu plus présent que sur le platier. C'est le cas également des herbivores (poissons chirurgiens - Acanthuridae) avec 8 espèces. Les autres familles sont moins représentées, avec 3 espèces maximum par famille. Les prédateurs sont très peu nombreux, témoignant d'une pêche sur la zone. Cette structuration témoigne donc d'un peuplement typique des récifs coralliens, mais appauvri.

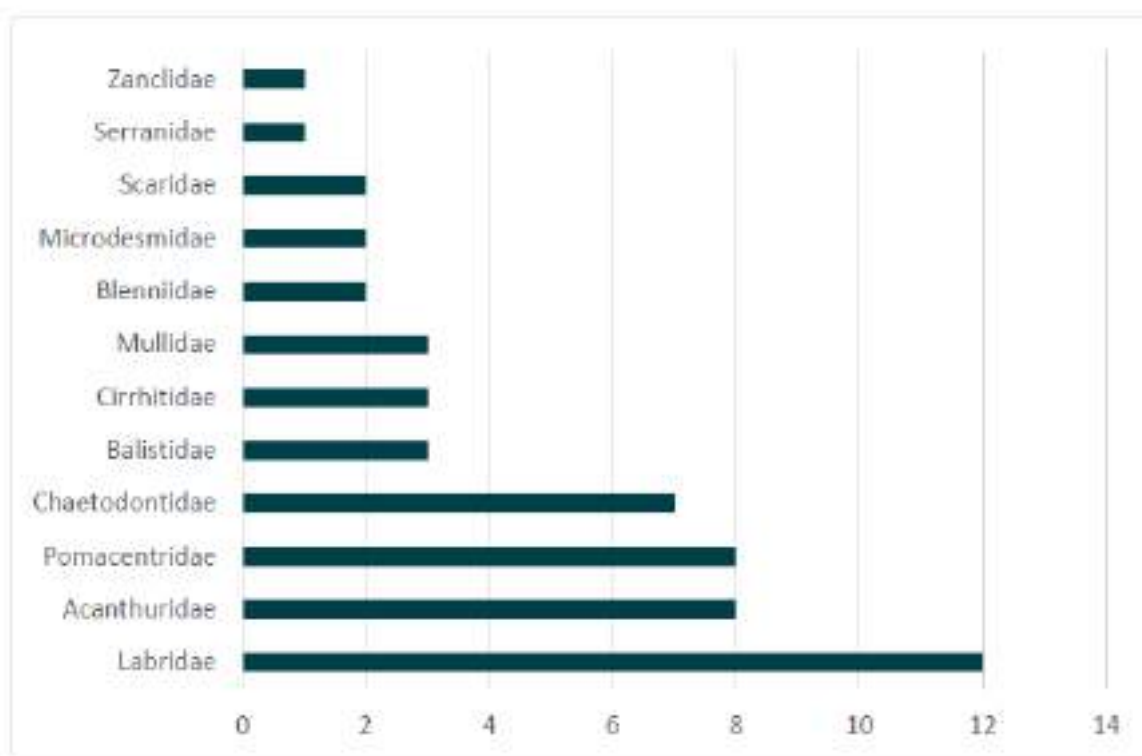


Figure 154 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage

En considérant la structuration trophique du peuplement, les carnivores (mangeurs de petits invertébrés) représentent environ 60 % du peuplement (intégrant une petite espèce grégaire : *Chromis nigrura*) et les omnivores environ 23 %. Pour les carnivores au sens large, cela correspond donc à 83 % du peuplement, alors que les herbivores ne couvrent que 17 % du peuplement (cf. figure ci-dessous). Ce ratio sort des références connues pour les structures trophiques typiques des peuplements coralliens en bonne santé où la proportion des carnivores est comprises entre 60 et 80 %. Toutefois, il est à noter que si on considère le nombre d'espèce par régime alimentaire, les herbivores couvrent 21 % des espèces.

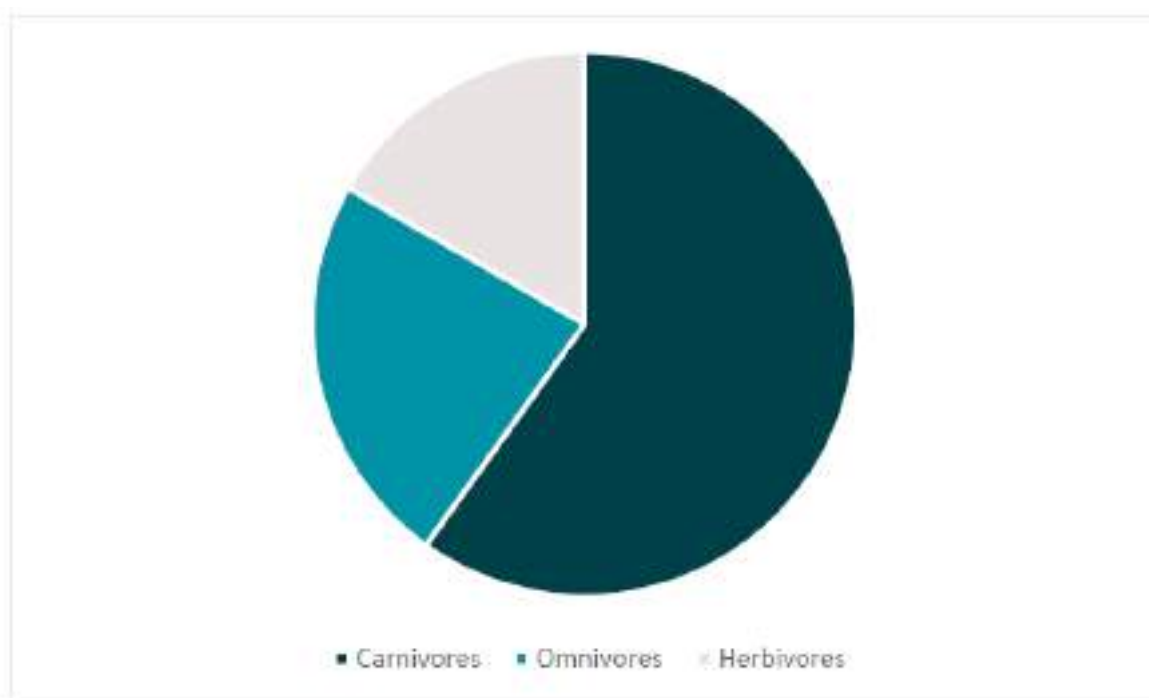


Figure 155 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)

Enfin, pour les espèces courantes, il est à noter la présence d'une espèce grégaire de demoiselle (pomacentridae), qui domine très largement le peuplement : *Chromis nigrura*. Parmi les autres espèces largement représentées, il y a d'autres pomacentridae (*Plectroglyphidodon dickii*, *Plectroglyphidodon imparipennis*) et des labres comme *Thalassoma amblycephalum*. Suivant les typologies d'habitats coralliens (et leur état de conservation), il s'agit d'espèces qui se retrouve de manière habituelle dans ces peuplements. Il est à noter la faible présence des prédateurs de poissons, témoignant d'une pression de pêche.

2.8.3.3 Synthèse des enjeux et espèces remarquables

Pour l'évaluation patrimoniale des espèces de poissons, différents critères sont considérés tels que :

- Son endémicité ou la distribution de l'espèce,
- Le niveau de menace (Liste rouge mondiale UICN, ou locale : Fricke & al., 2009),
- Le caractère déterminant ZNIEFF (DEAL Réunion, 2018).

Le croisement de l'ensemble de ces informations permet ainsi de dégager les espèces remarquables.

Pour les poissons d'intérêt commerciaux, il s'agit de prendre en compte les familles de poissons présentant un intérêt pour la pêche. Les familles suivantes sont en général considérées : Serranidae, Lutjanidae, Haemulidae, Lethrinidae, Mullidae, Labridae (« grosses » espèces), Scaridae, Acanthuridae (chirurgiens, Naso), Siganidae.

Au total, **20 espèces remarquables** (Tableau 42) soit 14% des espèces recensées au niveau du platier interne et de la pente externe (10 pour le platier, 14 au niveau de la pente externe). Parmi ces espèces remarquables, il est possible de distinguer :

- 5 espèces en danger critique,

- 9 espèces en danger,
- 5 espèces vulnérables,
- 1 espèce quasi-menacée.

Il est à noter qu'une espèce présente une distribution limitée au sud-ouest de l'océan Indien, et présente le statut de Déterminante ZNIEFF : le Chirurgien à barres noires (*Acanthurus polyzona*).

Tableau 42 : Tableau de synthèse des espèces remarquables pour la zone d'étude

FAMILLE	NOM (Genres – Espèces)	Red List Réunion (Fricke & al., 2009) ZNIEFF Réunion (2018)	Intérêt commercial	PRESENCE ZONE D'ETUDE	
				Platier	Pente externe
Cirrhitidae	<i>Paracirrhites forsteri</i> (Schneider in Bloch & Schneider, 1801)	CR			x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon guttatissimus</i> Bennett, 1833	CR			x
Cirrhitidae	<i>Paracirrhites arcatus</i> (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1829)	CR		x	x
Cirrhitidae	<i>Cirrhitops fasciatus</i> (Bennett, 1828)	CR			x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon meyeri</i> Schneider in Bloch & Schneider, 1801	CR			x
Syngnathidae	<i>Hippocampus jayakari</i>	EN / DET-Znieff		x	
Labridae	<i>Thalassoma hardwicke</i> (Bennett, 1830)	EN		x	x
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon dickii</i> (Liénard, 1839)	EN		x	x
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon imparipennis</i> (Sauvage in Vaillant & Sauvage, 1875)	EN			x
Blenniidae	<i>Ecsenius lineatus</i> Klausewitz, 1962	EN			x
Acanthuridae	<i>Zebрасoma scopas</i> (Cuvier, 1829)	EN		x	x
Blenniidae	<i>Exallias brevis</i> (Kner, 1868)	EN		x	
Labridae	<i>Gomphosus caeruleus</i> Lacepède, 1801	EN		x	
Labridae	<i>Cheilinus trilobatus</i> Lacepède, 1801	EN		x	
Pomacentridae	<i>Chromis nigrura</i> Smith, 1960	VU			x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon auriga</i> Forsskål in Niebuhr, 1775	VU			x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon kleinii</i> Bloch, 1790	VU			x
Chaetodontidae	<i>Heniochus acuminatus</i> (Linnaeus, 1758)	VU		x	x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon vagabundus</i> Linnaeus, 1758	VU		x	
Acanthuridae	<i>Acanthurus polyzona</i> (Bleeker, 1868)	NT / DET-Znieff		x	

Pour les **poissons d'intérêt commercial**, il ressort 28 espèces (soit 19 % des espèces totales inventoriées). Elles se répartissent suivant 11 espèces d'Acanthuridae, 3 espèces d'Holocentridae, 8 espèces de Mullidae, 3 espèces de Scaridae, 2 espèces de Serranidae, 1 espèce de Siganidae. Il ressort la (quasi) absence de certaines familles (et espèces) telles que les Lutjanidae, Haemulidae, Lethrinidae. Cela témoigne notamment d'une certaine pression de pêche sur la zone, notamment au niveau de la pente externe.

2.8.3.4 Bioévaluation

L'études des communautés benthiques et ichtyologiques dans la zone d'étude permet d'évaluer des niveaux de sensibilités écologiques plus ou moins forts, basés sur divers critères. Trois niveaux de sensibilité peuvent ainsi être déterminés :

- **Enjeu fort** : peuplement où le développement corallien est important (>30%) et où la diversité générique et la qualité des eaux est bonne voir très bonne. Ces zones peuvent être soumises selon les conditions climatiques à des dégradations de la qualité des eaux (percolations d'eau douce, ruissellement des ravines...). Le front récifal et les passes/fausses-passes sont intégrées à cette sensibilité écologique forte du fait de leur rôle essentiel pour la plateforme corallienne de Grande Anse (protection contre la houle, limitation de l'érosion de la plage, renouvellement de la masse d'eau via les passes, etc.).
- **Enjeu moyen** : peuplement où le développement corallien est moyen (10 à 30%), présentant une diversité générique moyenne. La qualité de l'eau reste bonne, et potentiellement plus soumise à l'hydrodynamisme et à la dégradation de sa qualité. Les peuplements coralliens sont caractéristiques de ces zones plus soumises à l'hydrodynamisme (coraux massifs, Millepores, faible proportion d'Acropora...).
- **Enjeu faible** : peuplement où le développement corallien est faible (<10 %). Le milieu est fortement soumis à l'hydrodynamisme, et/ou des facteurs de dégradation des habitats (fréquentation, pollution, type de substrat -galets instables-). De ce fait, les forces mécaniques et les particules en suspension sont plus présentes et contraignent le développement corallien. Ces zones correspondent à des zones d'arrière-récifs notamment.

D'après cette approche, en se basant sur l'ensemble des données collectées, il est donc possible de réaliser une évaluation du patrimoine naturel (Tableau 43). Il en ressort également une cartographie des enjeux écologiques dans la zone d'influence du projet (Figure 156). Pour cette zone d'étude, il ressort donc certains habitats et secteurs présentant des enjeux forts et une certaine sensibilité vis-à-vis de ce projet côtier. Cela concerne en particulier la plateforme récifale de Grande Anse (étant également définie comme zone sensible au titre des ZNIEFF de type I et II).

Tableau 43 : Description des différents habitats et communautés et critères pour définir leur enjeu écologique.

Peuplements	Secteur	Habitats/Facies	Description	Enjeu écologique
Habitats et communautés benthiques et ichtyologiques	Pente externe	Éperons-sillons	Couverture corallienne > 25%, dominance de non-acropores, 13 espèces déterminantes (données ZNIEFF). La couverture corallienne diminue avec la profondeur Habitat déterminant ZNIEFF	Fort (< 15m)
	Platier interne	Platier a éléments dispersés à recouvrement corallien fort	Protection vis-à-vis de la houle : développement corallien important (> 30%),	Fort
		Platier a éléments dispersés à recouvrement corallien moyen	Protection moins importante vis-à-vis de la houle : développement corallien modéré (< 10%) sur le reste du platier	Moyen
	Bassin de baignade	Blocs basaltiques et dalle à recouvrement corallien fort	Protection vis-à-vis de la houle : développement corallien important (> 25%). Nombreux Acropores notamment et autres coraux dont certains ZNIEFF et UICN Densité importante d'oursins (>1 indivu/m²; Diadema savigny)	Fort
		Blocs basaltiques et dalle à recouvrement corallien moyen à faible	Protection vis-à-vis de la houle : développement corallien moyen (< 25%), fréquentation anthropique plus importante. Nombreux Porites. Densité importante d'oursins (>1 indivu/m²; Diadema savigny)	Fort

Peuplements	Secteur	Habitats/Facies	Description	Enjeu écologique
		Sédiments coralliens	Absence de recouvrement corallien, quelques blocs colonisés sur le reste du bassin sauf zones à galets	Faible
		Ouvrage de protection	Blocs colonisés de façon plus ou moins importante, couverture et diversité corallienne moyenne	Faible à Moyen
		Fonds à galets peu profonds	Aucune colonie en développement sur ce facies	Faible

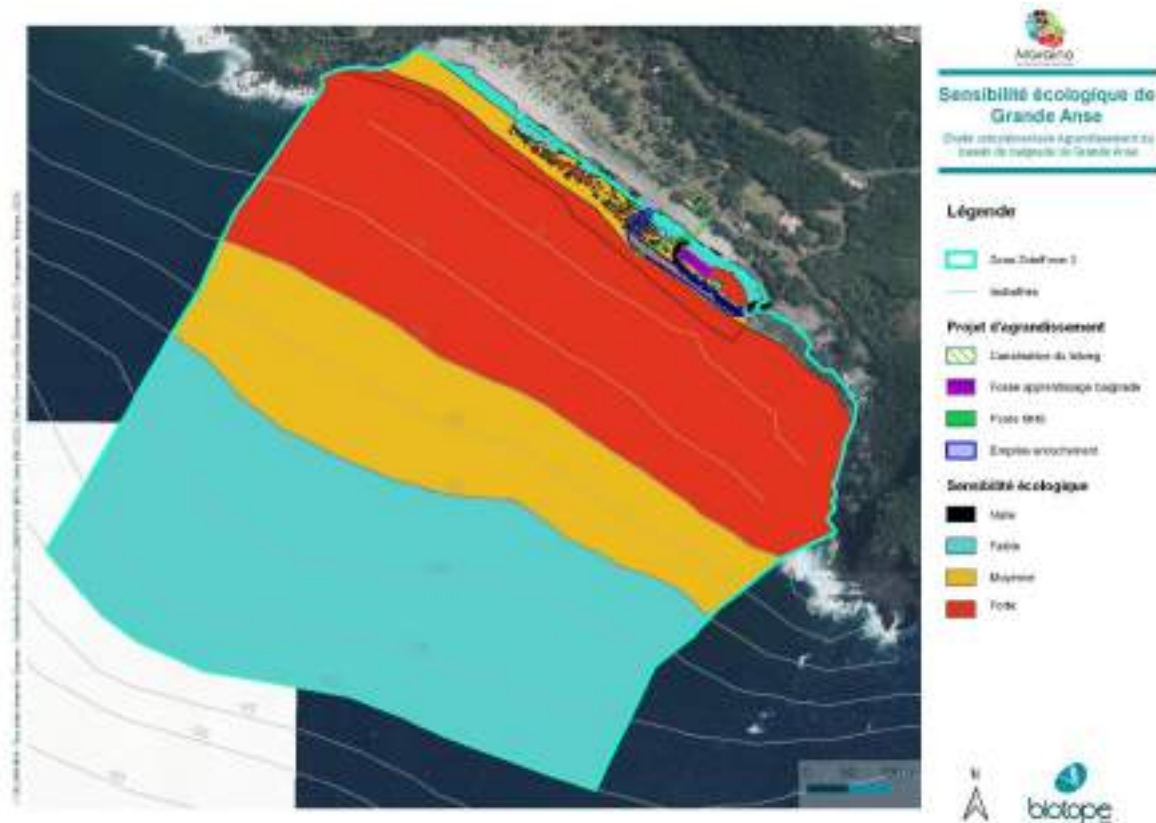


Figure 156 : Cartographie des enjeux pour le milieu marin dans le cadre de ce projet (Biotope, 2021)

2.8.4 Méga-faune marine

2.8.4.1 Les mammifères marins

Un total de vingt et une espèces de cétacés est recensé à ce jour à la Réunion., dont cinq espèces sont fréquemment observées dans la bande côtière et représentent donc des enjeux importants :

- ▶ Le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (*Tursiops aduncus*)
- ▶ Le Grand dauphin commun (*Tursiops truncatus*)
- ▶ Le Dauphin long bec (*Stenella longirostris*)
- ▶ Le Dauphin tacheté Pantropical (*Stenella attenuata*)
- ▶ La Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) (présence uniquement durant l'hiver austral)

D'après Cottarel et al. 2018, deux espèces apparaissent plus côtières et donc plus sensibles aux aménagements littoraux et activités humaine:

- ▶ le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique, considéré comme menacé localement (« en danger » selon la liste rouge UICN à La Réunion), car il présente notamment un habitat côtier restreint situé dans des profondeurs inférieures à 100 mètres, avec une petite population sédentaire et côtière d'environ 70 individus).
- ▶ la Baleine à bosse considérée comme menacée dans les eaux côtières de La Réunion en période de reproduction (hiver austral), avec un statut local jugé comme « Vulnérable » (liste UICN).

Dans la zone d'étude, en se référant aux données collectées entre 2008 et 2017, 6 espèces de cétacés ont été recensées (Globice, 2018 – cf. Tableau 44, Figure 157 ; Figure 158). Pour toutes ces espèces, un total de 68 observations a été réalisé dans la zone, représentant un nombre total minimum de 385 individus inventoriés sur une période de 10 ans. L'effort de prospection est constant dans la zone d'étude (Figure 159) et les observations sont majoritairement réalisées dans la bande bathymétrique 0-200 m (soit une distance de la côte d'environ 1,5 km). La zone d'étude reste une zone faiblement prospectée (effort de prospection > 200 km) du fait notamment des conditions maritimes fréquemment dégradées dans le sud de l'île, ce qui peut engendrer une sous-estimation de la fréquentation de cette zone par les cétacés. À titre de comparaison, la zone de Saint-Gilles-les-Bains (commune de Saint-Paul), pour une surface de prospection similaire, constitue le secteur le plus prospectée de l'île, avec un effort de prospection d'environ 40 000 km pour une durée similaire.

Tableau 44 : Synthèse des données collectées entre 2008 et 2017 pour les cétacés côtiers dans la zone d'étude (Globice 2018) [Nombre d'observations, nombre d'individus total et taille moyenne des groupes observés dans la zone d'étude]

	Nombre d'observation	Nombre d'individus total	Taille moyenne des groupes
Baleine à bosse <i>Megaptera novaeangliae</i>	50	101	2
Grand dauphin de l'Indo-Pacifique <i>Tursiops aduncus</i>	11	56	5,1
Grand dauphin commun <i>Tursiops truncatus</i>	3	128	42,7
Dauphin d'électre <i>Peponocephala electra</i>	2	Minimum 100	Minimum 50

	Nombre d'observation	Nombre d'individus total	Taille moyenne des groupes
Dauphin tacheté Pantropical <i>Stenella attenuata</i>	1	NA	NA
Dauphin de Fraser <i>Lagenodelphis hosei</i>	1	NA	NA

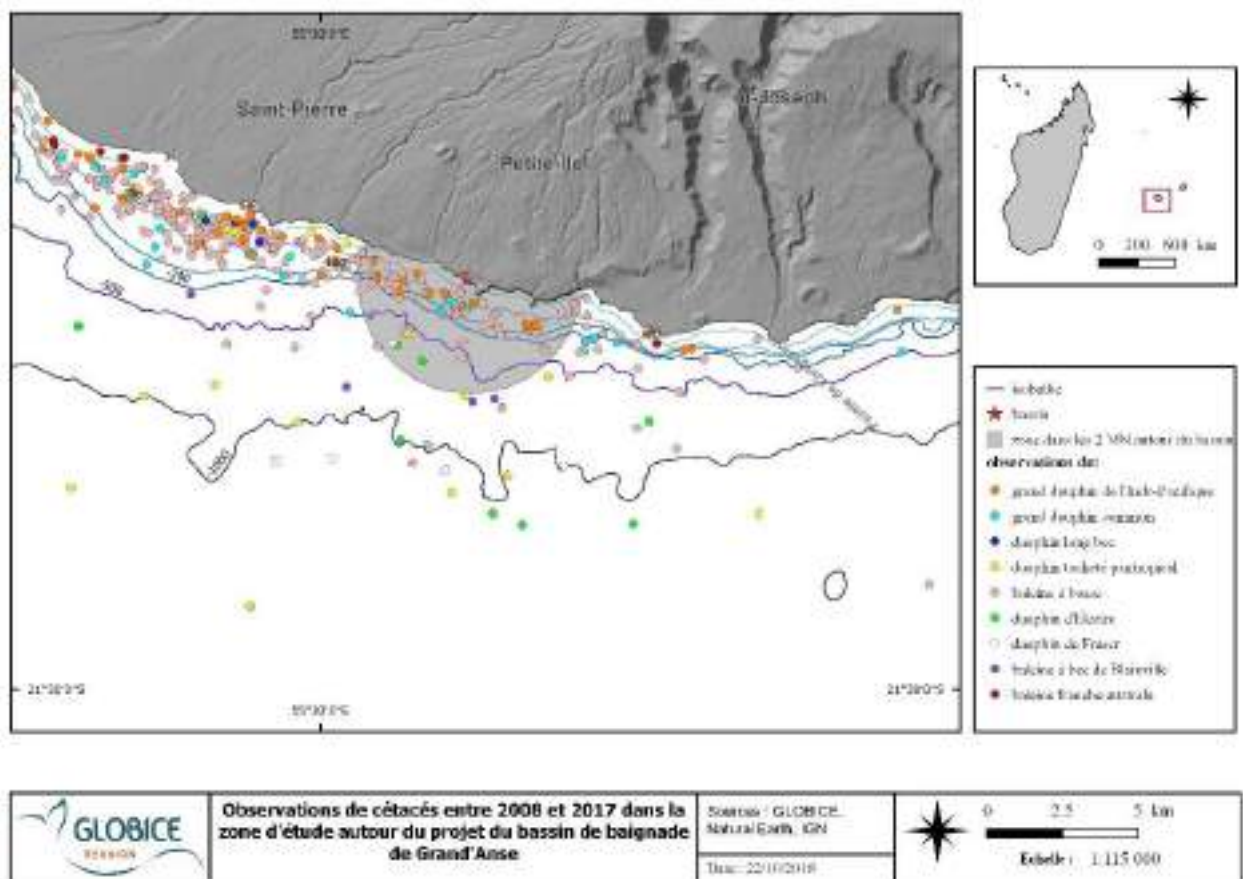


Figure 157 : Synthèse cartographique des observations de cétacés dans le Sud-Ouest de l'île entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

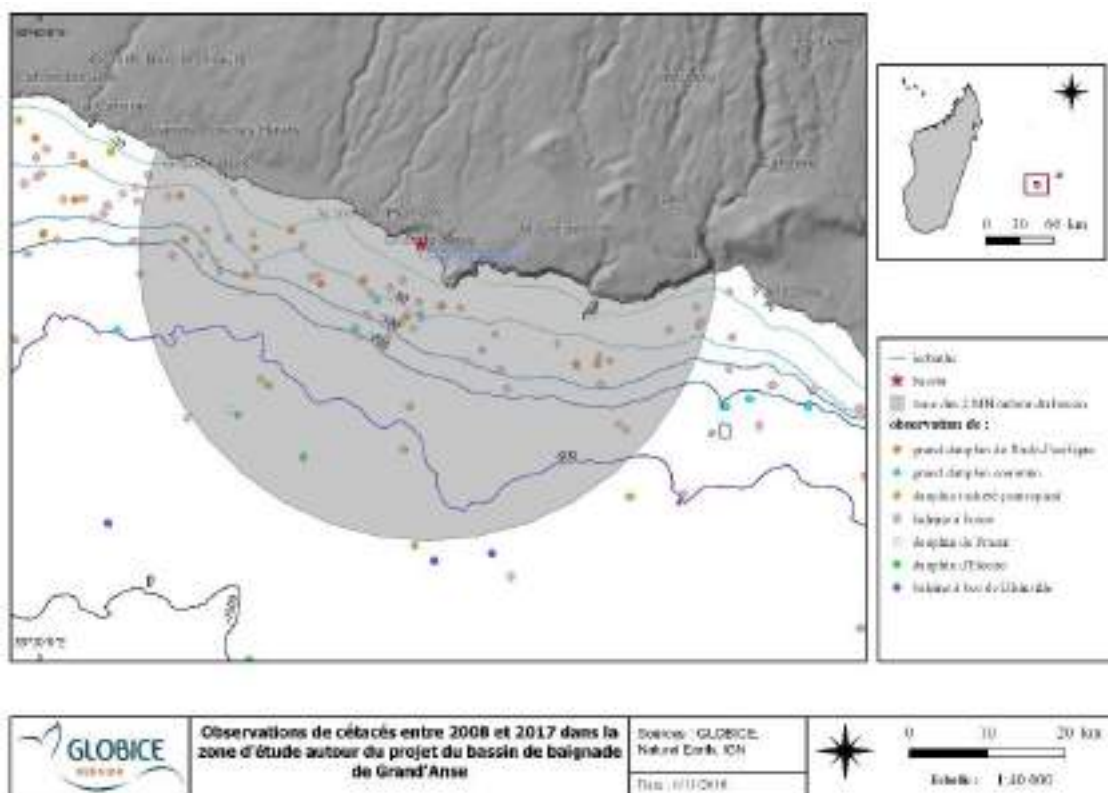


Figure 158 : Synthèse des observations de cétacés dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018).

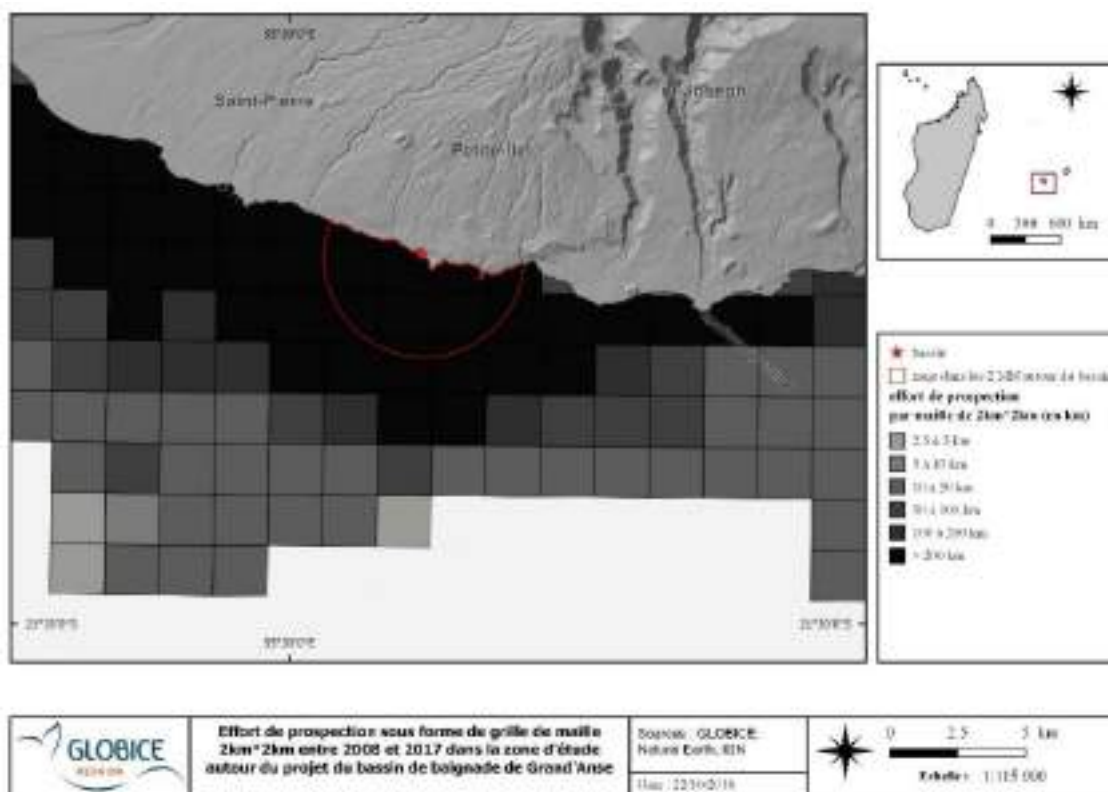


Figure 159 : Effort de prospection réalisé dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

2.8.4.1.1 La Baleine à bosse

D'après Cottarel et al. 2018, durant l'hiver austral, la Baleine à bosse est présente tout autour de l'île, avec une présence accrue dans l'Ouest et Sud de l'île de La Réunion. Il ressort également les individus fréquentent préférentiellement les eaux peu profondes (Dulau et al., 2008), les couples mères/baleineau préférant les eaux d'une profondeur avoisinant les 50 mètres. La bathymétrie de la zone d'étude correspond à cet habitat préférentiel durant la période de reproduction entre juin et novembre (50m – 100m). L'abondance relative est de 0 à 0,1 individus par kilomètre et la fréquence des observations est de 0 à 0,01 observation par kilomètre (Figure 161 et Figure 162). Bien que faibles, ces valeurs sont à corrélérer avec l'effort de prospection (faible à moyen). Ces informations permettent de confirmer la présence de la Baleine à bosse dans la zone d'étude en période de reproduction.

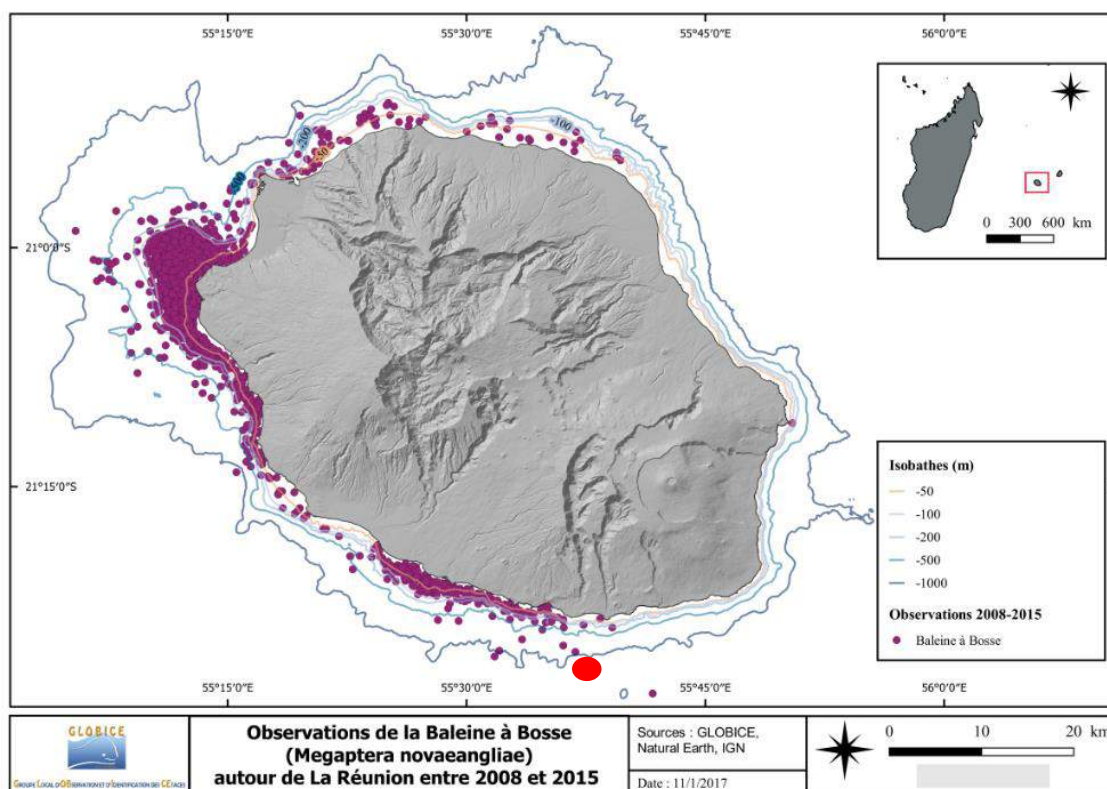


Figure 160 : Distribution des observations de Baleine à bosse autour de la Réunion entre 2008 et 2015 (Cottarel et al., 2018) [Point rouge : bassin de Grand Anse]

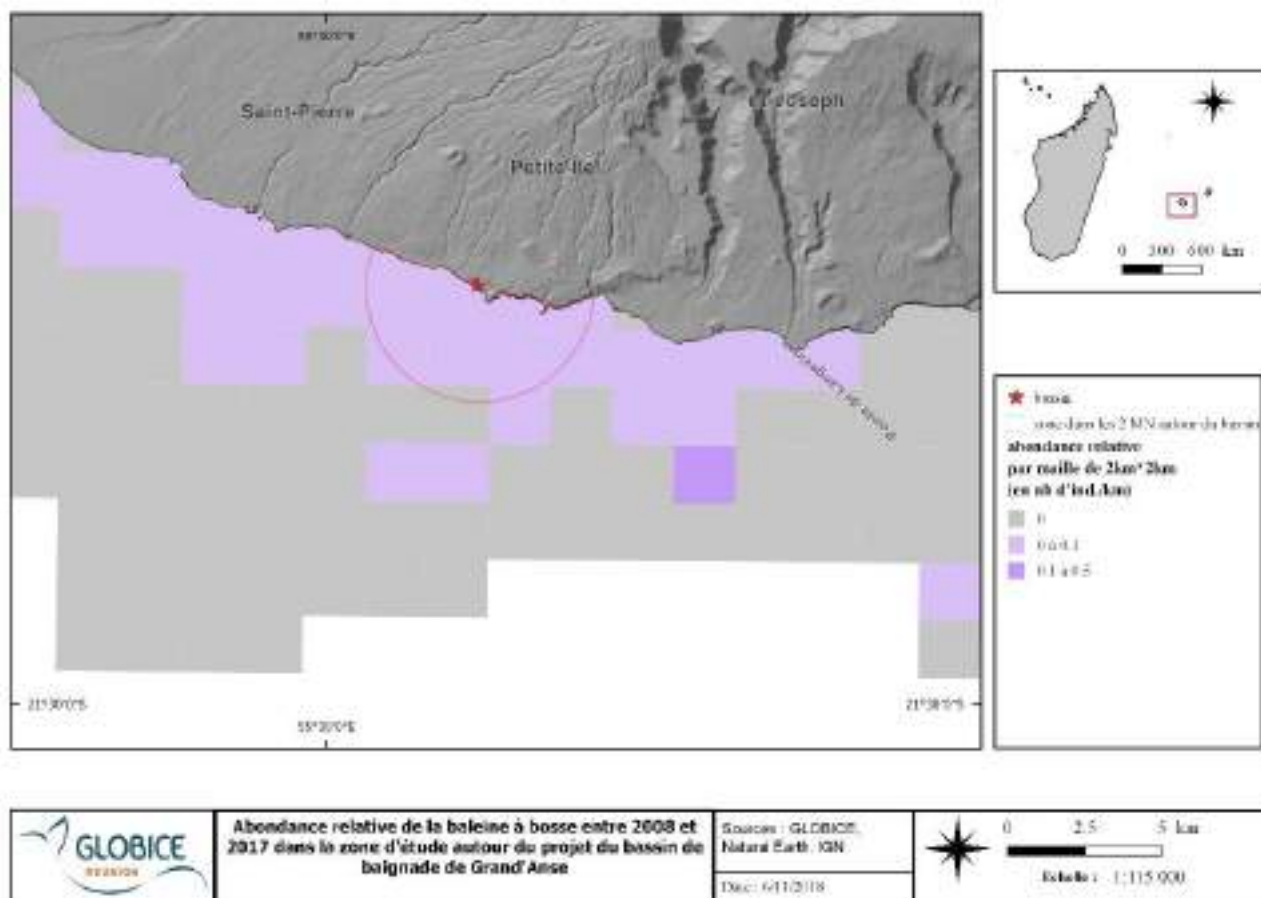


Figure 161 : Abondance relative de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

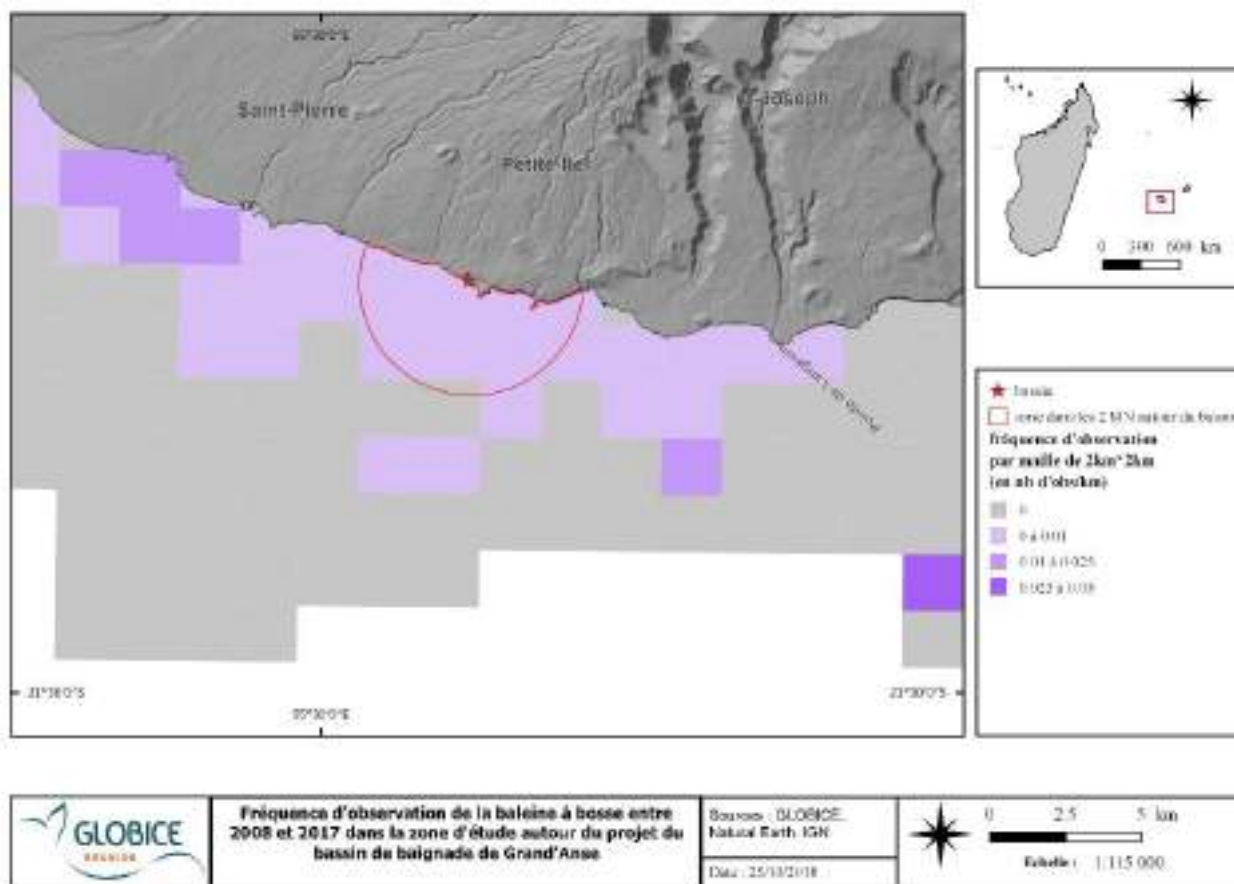


Figure 162 : Fréquence d'observation de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

2.8.4.1.2 Le Grand dauphin commun de l'Indo-Pacifique

D'après Cottarel et al. 2018, le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique est fréquemment observé tout au long de l'année à La Réunion sur l'ensemble du littoral (Figure 163). L'habitat de cette espèce constitue une bande côtière continue, pour des profondeurs comprises entre 4,7 et 75,8 m (Condet & Dulau, 2016). Cet habitat est très étroit et longe l'intégralité du périmètre côtier de l'île. La population locale est estimée à environ 70 individus (Dulau et al., 2017 in Cottarel et al. 2018).

La zone d'étude présente les caractéristiques propices à son habitat, bien que les modélisations de son habitat ne l'incluent pas (Figure 164). En effet, les fonds ne présentent pas strictement les caractéristiques préférentielles de cette espèce (préférentiellement des fonds de substrats meubles pour l'alimentation). La zone d'étude semble davantage s'apparenter à une zone de passage, correspondant à l'habitat préférentiel de l'espèce (bathymétrie inférieure à 100 mètres). L'abondance (Figure 165) et la fréquence d'observation (Figure 166) indique en effet que l'espèce fréquente au moins partiellement la zone. L'abondance relative est de 0 à 0,1 individus par kilomètre et la fréquence des observations est de 0 à 0,01 observation par kilomètre. Malgré des indicateurs faibles et un effort de prospection limité, le nombre d'observations totale sur 10 ans reste faible (n=11). A titre de comparaison, un habitat moyennement favorable présente des fréquences d'observations supérieures (entre 0,034 et 0,85 - Biotopie, 2017). Ces informations permettent donc d'avérer la présence du Grand Dauphin de l'Indo-Pacifique dans la zone d'étude tout au long de l'année, fréquentant le secteur davantage en transit.

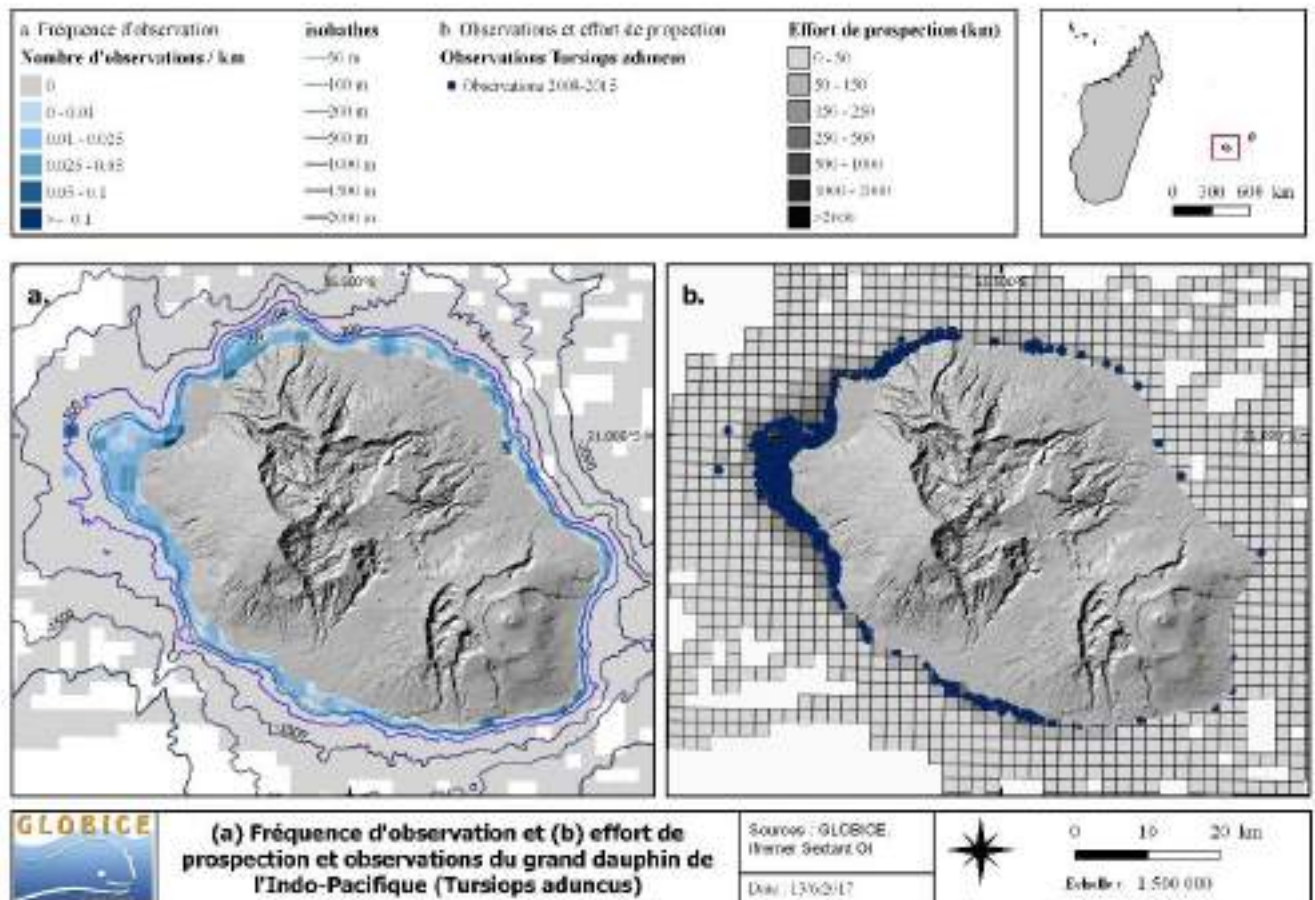


Figure 163 : Fréquence d'observation et observation du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2015. D'après Cottarel et al. 2018.

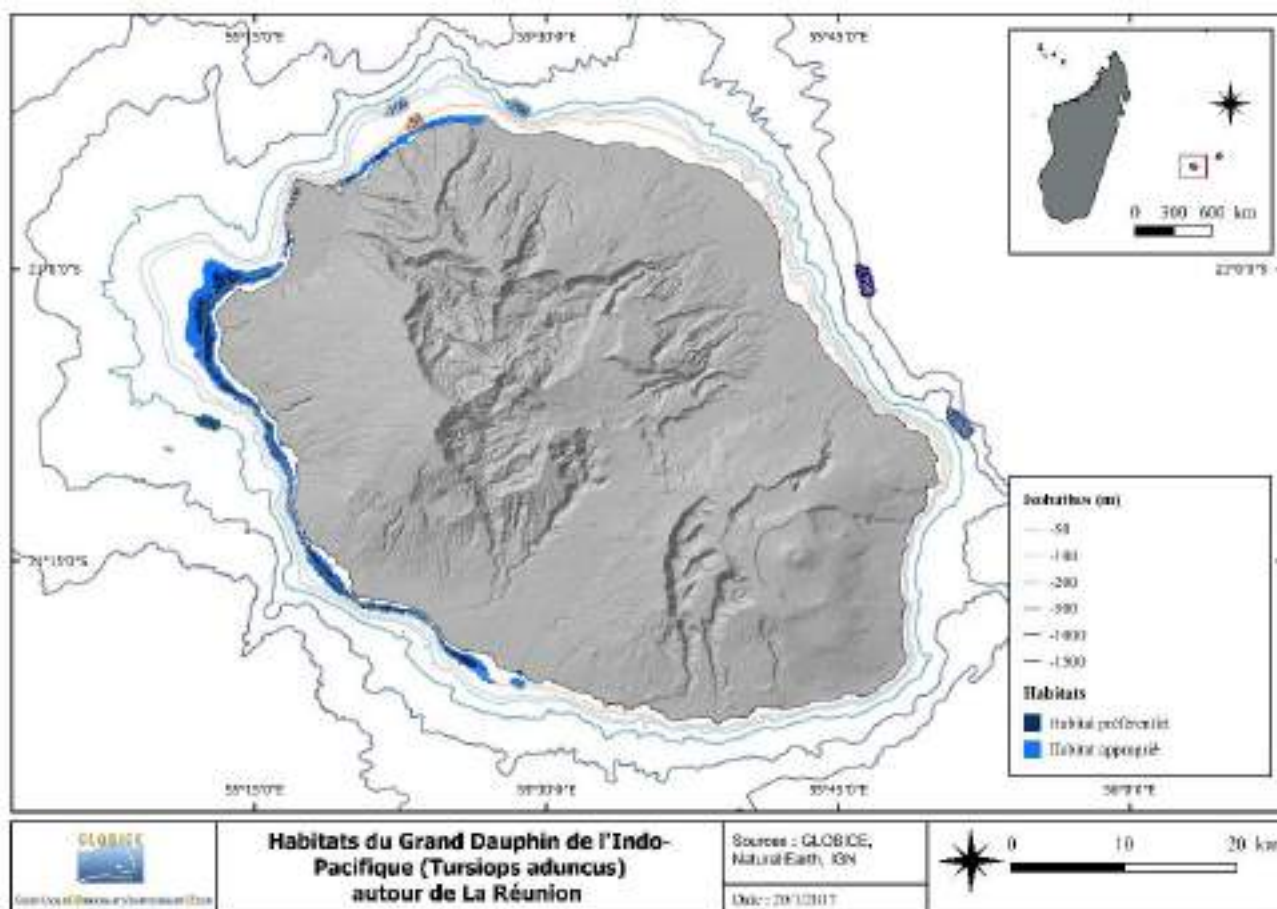


Figure 164 : Modélisation de l'habitat du Grand Dauphin de l'Indo-Pacifique à la Réunion. D'après Cottarel et al., 2018.

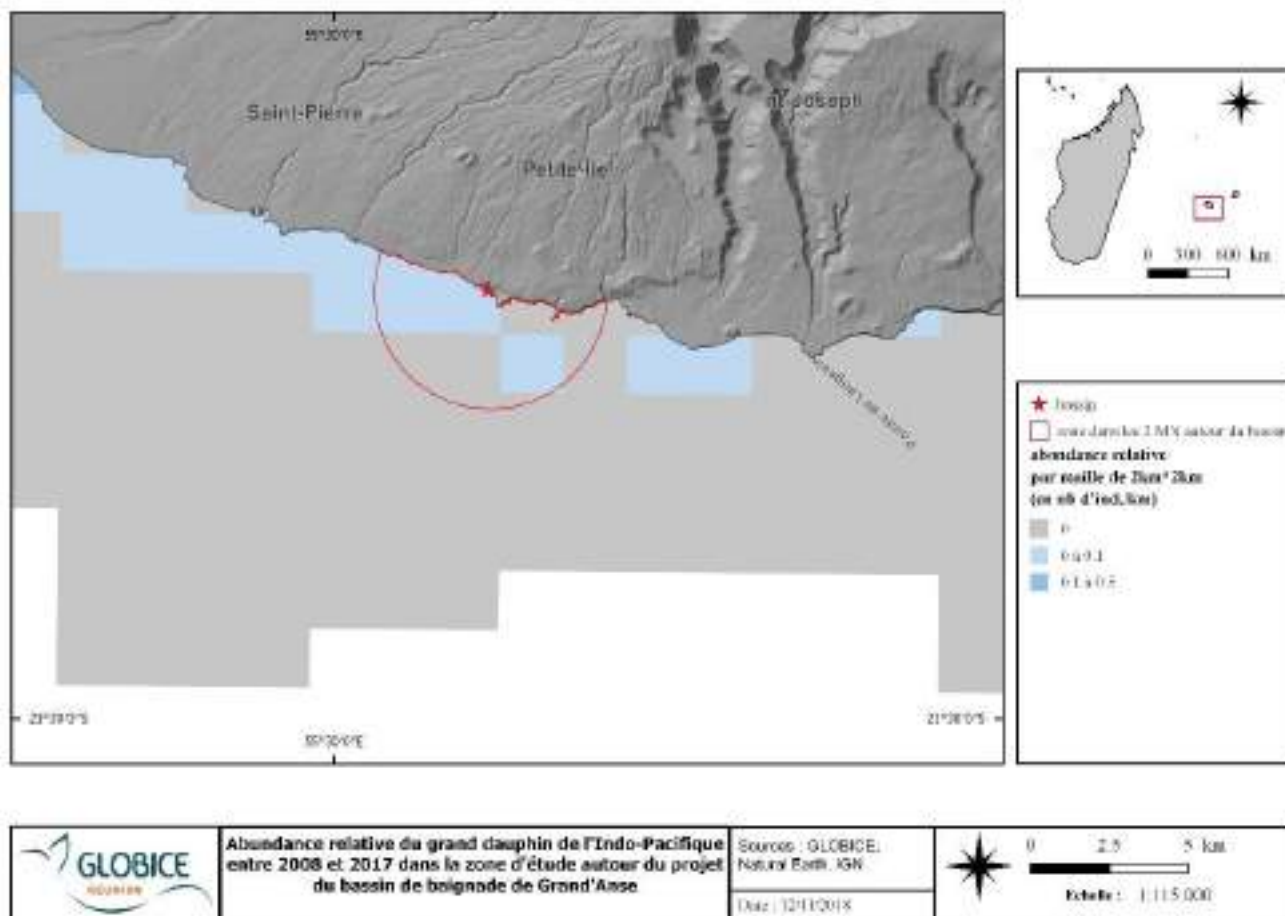
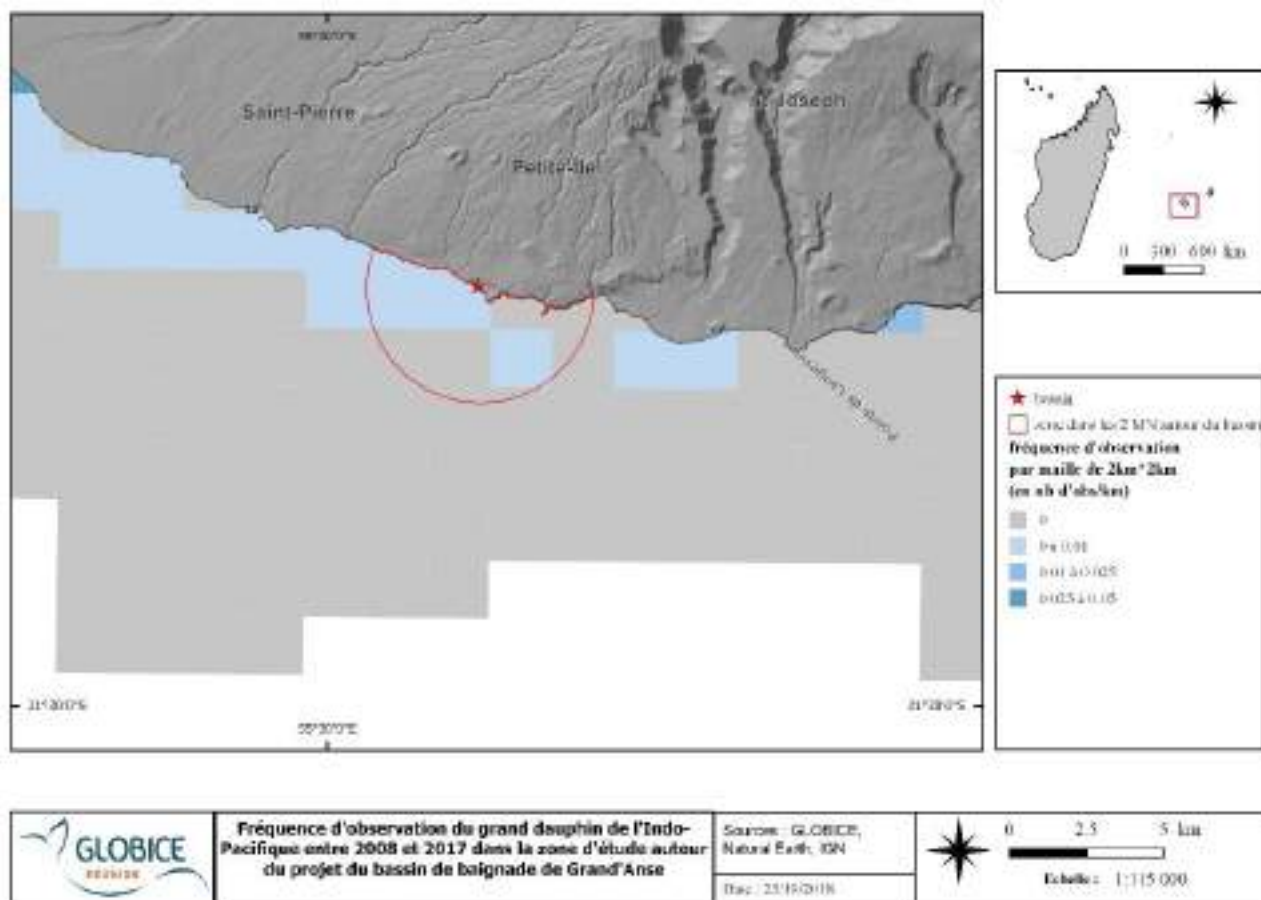


Figure 165 : Abondance relative du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)



2.8.4.1.3 Autres espèces de cétacés

Dans la bande côtière, quatre autres espèces de cétacés ont été observés de manière plus occasionnelle sur les 10 dernières années :

- Le Grand dauphin commun (*Tursiops truncatus*)
- Le Dauphin long bec (*Stenella longirostris*)
- Le Dauphin tacheté Pantropical (*Stenella attenuata*)
- Le Dauphin d'Electre (*Peponocephala electra*)
- Le Dauphin de Fraser (*Lagenodelphis hosei*)⁵

2.8.4.1.4 Bioévaluation : synthèse des enjeux pour les mammifères marins

La zone d'étude est concernée par une fréquentation évaluée à moyenne par les cétacés côtiers, avec la présence de deux espèces principalement : la Baleine à bosse et le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (cf. Tableau 45). Pour la Baleine à bosse, sa présence est importante durant l'hiver austral, période de reproduction et de mise-bas des petits. Elle fréquente le sud de La Réunion, ce qui constitue un enjeu fort, et une sensibilité forte vis-à-vis du projet (emprise côtière

⁵ La présence de cette espèce est rare, avec très peu de données collectées

acoustique). Le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique est un delphinidé sédentaire, fréquentant les eaux côtières de faible profondeur autour de La Réunion. Il fréquente davantage les habitats présentant un substrat meuble voire mixte, ce qui n'est pas nécessairement le cas de la zone d'étude dans la baie de Grand Anse. En transit dans ce secteur (passage et/ou alimentation), l'espèce présente donc un enjeu modéré et une sensibilité modérée vis-à-vis du projet. Pour les autres cétacés, les enjeux sont faibles.

Les enjeux écologiques sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 45 : Enjeux écologiques pour les mammifères marins recensés dans la zone d'étude

Espèce	Protection	Liste rouge IUCN (Réunion)	Statut et présence dans la zone d'étude	Enjeu écologique
Baleine à bosse <i>Megaptera novaeangliae</i>	Oui	Vulnérable	Présence variable, migratrice (présence entre juin et novembre) Habitat préférentiel : côtier (reproduction, juvénile) et large	FORT
Grand dauphin de l'Indo-Pacifique <i>Tursiops aduncus</i>	Oui	En danger	Espèce fréquente et sédentaire (principalement en transit) Habitat préférentiel : eaux côtières (<100 m de fond) Population peu importante (environ 70 individus)	MOYEN
Grand dauphin commun <i>Tursiops truncatus</i>	Oui	Données insuffisantes	Espèce fréquente, présente à l'année Habitat préférentiel : mixte (côtier et > 80m)	FAIBLE
Dauphin tacheté pantropical <i>Stenella attenuata</i>	Oui	Préoccupation mineure	Espèce fréquente, présente à l'année Habitat préférentiel : large (> 200m)	FAIBLE
Dauphins de Fraser <i>Lagenodelphis hosei</i>	Oui	Données insuffisantes	Présence occasionnelle dans la zone d'étude Habitat préférentiel : large	FAIBLE
Dauphin d'Electre <i>Peponocephala electra</i>	Oui	Données insuffisantes	Présence occasionnelle dans la zone d'étude Habitat préférentiel : large	FAIBLE

2.8.4.2 Les tortues marines

Au total, cinq espèces de tortues marines sont présentes dans le Sud-Ouest de l'océan Indien. A La Réunion, deux sont présentes tout au long de l'année sur les côtes de l'île : la Tortue verte (*Chelonia mydas*) et la Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*). Ces deux espèces semblent y trouver des sites d'alimentation et de développement favorables (Kelsonia, 2012). La Tortue verte s'alimente d'algues rouges et de phanérogames qu'elle trouve sur les habitats des littoraux rocheux et coralliens de l'île, alors que la Tortue imbriquée privilégie les coraux mous et éponges sur les récifs frangeants (Philippe et al., 2014). Il est à noter que ces espèces sont menacées à l'échelle mondiale, présentant des statuts de conservation défavorables : « en danger » pour la Tortue verte et en « danger d'extinction » pour la Tortue imbriquée (Liste rouge UICN).

À La Réunion, il semble exister une disparité concernant la fréquentation du littoral par les 2 espèces côtières, où la côte Ouest présente des habitats plus favorables aux besoins des tortues marines. Cependant, ces dernières années, il a été montré une augmentation de la population de tortues marines fréquentant les eaux côtières de la Réunion (Tableau 46), ce qui peut amener à coloniser de nouveaux habitats (Kelsonia, 2012, Philippe et al., 2014). La tortue verte est la seule connue pour se reproduire sur les plages de La Réunion avec en moyenne 1 femelle par an (Kelsonia, 2012, Ciccione & Bourjea, 2006).

Tableau 46 : Évolution des effectifs des tortues marines s'alimentant à la Réunion. D'après Philippe et al. 2014.

Espèce	Effectifs actuels	localisation	stade	Évolution du XVIII ^e au XIX ^e siècles	Évolution au cours du XX ^e siècle	Évolution depuis 2000
<i>Chelonia mydas</i>	Faible/résiduel	Zone littorale	Grands juvéniles (40 cm) à adultes	Très forte diminution	Diminution	Augmentation
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Faible	Zone Littorale	Grands juvéniles (40 cm) à adultes	Inconnu	Diminution	Légère augmentation
<i>Caretta caretta</i>	Inconnu	Au large	Sub-adultes	Inconnu	Inconnu	Inconnu
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Inconnu	Au large	Sub-adultes	Inconnu	Inconnu	Inconnu
<i>Dermochelys coriacea</i>	Inconnu	Au large	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu



Figure 167 : Tortue verte (à gauche) et Tortue imbriquée (à droite). © J.S. Philippe, Biotope.

Concernant la zone d'étude, il semble que la zone soit fréquentée par la tortue verte et potentiellement par la tortue imbriquée (Figure 168). Les observations de tortues restent peu nombreuses mais récurrentes notamment sur la zone rocheuse au niveau de piton Grande Anse (com. pers.).

Le site ne semble pas présenter de biocénoses favorables à l'alimentation de la tortue verte et peu à l'alimentation de la tortue imbriquée (herbier à phanérogames, populations d'algues rouges et coraux mous...). À l'échelle de l'île, en termes de fonctionnalité et de continuité écologique, la zone d'étude semble donc plus constituer une zone relai entre différents sites plus favorables aux espèces (formations coralliennes et herbiers de l'Ouest et du Sud-Est de l'île).

La plage de Grande Anse est également connue pour avoir accueilli une ponte de tortue en 1999, ce qui est une occurrence exceptionnelle pour la Réunion où seulement 21 pontes ont eu lieu entre 1980 et 2012 (Figure 169). Ce site présente donc potentiellement des conditions pour la ponte bien que les conditions optimales ne soient pas (ou plus) remplies : plages sans pollution lumineuse et couvert végétal dense (Delacroix 2002, Gorjux, 2006, Ackerman 1997 in Biotope, 2016). Il est donc important de conserver autant que possible cette plage pouvant être un site de reproduction d'une espèce menacée. Pour information, aucune observation n'a été réalisée en 2018 durant les prospections en plongée et en bateau (recherches non ciblées sur ces espèces durant les inventaires – Biotope, 2018).



2.8.4.2.1 Bioévaluation : synthèse des enjeux pour les tortues marines

Concernant les tortues marines, la zone d'étude accueille donc occasionnellement **2 espèces remarquables** : la tortue verte (*Chelonia mydas*) et la Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*). A La Réunion, les populations de tortues vertes semblent en augmentation autour de La Réunion, notamment en termes d'habitats d'alimentation, et plus localement pour la reproduction (pontes occasionnelles et localisées). Pour cette espèce, la zone d'étude présente un intérêt modéré pour son alimentation, et constitue une zone de transit. Il est à noter que la plage de Grand Anse est un site historique de ponte pour l'espèce, avec une ponte recensée en 1999 (Kelonia, 2014). Sur la base de ces critères, l'enjeu est fort pour cette espèce. Pour la Tortue imbriquée, la présence est plus occasionnelle, constituant un habitat d'alimentation et de transit. L'enjeu est faible dans la zone d'étude pour cette espèce.

Enfin, de manière générale, pour cette zone d'étude, la sensibilité des tortues marines est modérée vis-à-vis du projet.

Tableau 47 : Enjeux écologiques pour les tortues marines sur la zone d'étude

Espèce	Protection (*)	Liste rouge IUCN	Statut et présence dans la zone d'étude	Enjeu écologique
Tortue verte <i>Chelonia mydas</i>	OUI	En danger	Présence avérée dans la zone Habitat ne présentant que peu de source d'alimentation Ancienne plage de ponte (1999)	FORT
Tortue imbriquée <i>Eretmochelys imbricata</i>	OUI	En danger critique	Présence potentielle dans la zone Habitats pouvant présenter une source d'alimentation	FAIBLE (MOYEN)

(*) Arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection

2.8.5 Conclusion sur les enjeux écologiques pour le milieu marin

Pour le milieu marin, les **caractéristiques du milieu physique** témoignent d'une eau de bonne qualité, avec des paramètres physico-chimiques et bactériologiques répondant aux normes réglementaires.

Pour le milieu biologique, il apparaît que la zone d'étude s'inscrit dans un **complexe récifale frangeant**, constitué d'un platier, d'un front récifal puis d'une pente externe. Cette dernière est marquée par un faciès à éperons-sillons, se caractérisant par un recouvrement corallien relativement important (entre 21 et 35%), typique de ce type d'habitat à fort potentiel de bio-construction et présentant une biodiversité relativement importante. Le platier interne est composé de blocs basaltiques plus ou moins colonisés à l'extrémité nord-est et d'un platier à éléments dispersés plus ou moins colonisés. Cette zone étant en partie protégée de la houle par

le front récifal, elle présente quelques zones où le recouvrement corallien est estimé à environ 30% (cas de l'actuel bassin de baignade). Le reste du platier est relativement peu recouvert par le corail, probablement dû à un hydrodynamisme important malgré la protection du récif et représente peu d'intérêt. Les imageries aériennes (drone) montrent que des zones de couverture corallienne importante sont morcelées tout le long du platier. L'emprise du projet devra intégrer ces secteurs où le recouvrement corallien est plus important. Du fait d'une protection contre l'hydrodynamisme (grâce aux enrochements), le bassin de baignade présente un intérêt biologique en lien avec les habitats coralliens créés. Ainsi, deux types de faciès corallien s'y développent (sur de la dalle et sur des blocs basaltiques), accompagnés par des zones à galets peu profonds, des zones de sable corallien et des zones à dalles non colonisées. Le recouvrement y est variable selon les zones mais peut y être très important (35% pour la zone corallienne au sud-est du bassin et 17% pour la zone corallienne centrale). Les **invertébrés marins** sont très présents dans le bassin de baignade, avec une densité notable d'oursin diadèmes mais aussi tout une biodiversité riche diurne et nocturne au sein de différents embranchements (annélides, échinodermes, arthropodes, mollusques, plathelminthes, ...). Un total de 28 espèces remarquables d'invertébrés marins a été inventorié dans l'actuel bassin de baignade (espèces ZNIEFF et/ou liste rouge UICN). Au regard des caractéristiques biologiques des peuplements benthiques, il ressort que les enjeux forts se situent au niveau de la pente externe, du platier interne au niveau des zones coralliennes colonisées et des habitats coralliens du bassin de baignade, notamment la zone sud-est où de nombreuses colonies d'Acropores sont observées, avec en particulier le remarquable *Acropora abrotanoides* (liste rouge UICN Réunion : En Danger).

Le **peuplement ichtyologique** accueille 141 espèces, ce qui témoigne d'une diversité spécifique intéressante, reflétant notamment une diversité de niches écologiques des habitats marins côtiers. En termes d'abondance, les peuplements sont typiques, assez proches des autres formations coralliennes côtières. La répartition des familles et les structures trophiques sont proches des peuplements typiques des récifs coralliens. Pour les poissons, 20 espèces remarquables ont été identifiées, du fait notamment de leur degré de rareté ou de menace (déterminantes ZNIEFF et/ou liste rouge UICN. Enfin, 28 espèces présentent un intérêt commercial (pêche), avec cependant un intérêt faible (abondance limitée et petites tailles des individus).

Pour ces biocénoses marines, l'enjeu écologique est qualifié de fort pour les formations coralliennes côtières de très faible profondeur (avec faune et flore associées). Le projet va concerner différentes zones de sensibilité écologique faible à fort, qu'il conviendra de considérer dans les aménagements (notamment par rapport aux enrochements délimitant le nouveau bassin, la sortie de la canalisation du talweg, la fosse d'apprentissage de baignade).

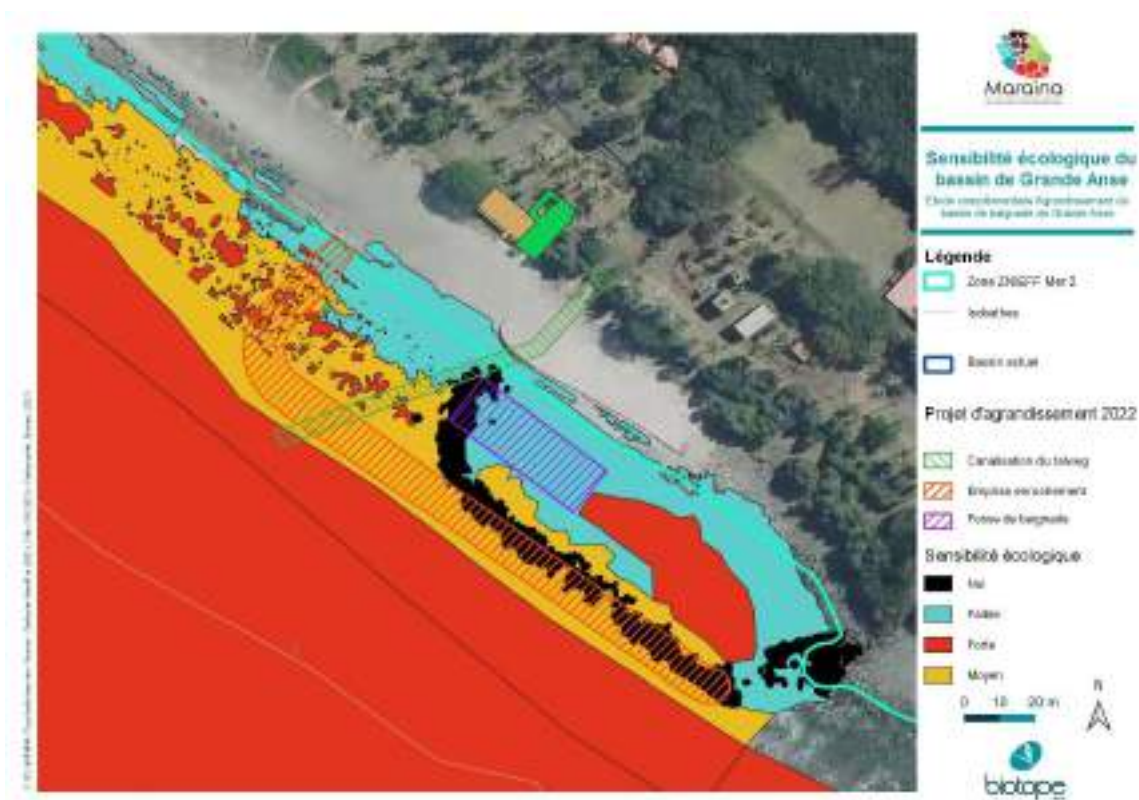


Figure 170 : Carte de synthèse des enjeux pour les biocénoses marines

S'agissant des **tortues marines**, sur la base des données bibliographiques, 2 espèces menacées semblent fréquenter la zone du projet. Cette zone peut servir d'habitat d'alimentation mais surtout de transit pour ces espèces. Il est important de noter que la plage de Grande Anse a constitué historiquement un site de ponte pour la tortue verte (*Kelonia_CEDTM*, 2009). Au regard de ce contexte, les enjeux sont considérés comme fort pour la tortue verte (ancienne plage de ponte) et faible pour la tortue imbriquée.

Enfin, les **mammifères marins** fréquentent également la zone d'étude, avec 6 espèces recensées (analyse des données collectées entre 2008 et 2017 – Globice, 2018). Il apparaît une fréquentation assez occasionnelle pour 4 des 6 espèces inventoriées, mais une fréquentation plus importante pour les Grands dauphins de l'Indo-Pacifique et les Baleines à bosses. Ces espèces dont l'habitat préférentiel est très côtier présentent donc des enjeux moyens à forts. Concernant le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique, la zone constitue davantage une zone de transit qu'une zone de repos, sociabilisation ou chasse. Pour les baleines à bosse, la zone côtière peut potentiellement être une zone de repos pour les couples mère/baleineau, affectionnant les eaux peu profondes. Pour ces deux espèces, il conviendra de maintenir une certaine vigilance par rapport à l'environnement acoustique de la zone d'étude et en lien avec les futurs travaux visés pour l'extension du bassin de baignade.

2.9 Environnement humain

La zone du projet est localisée dans la portion sud-est du site de Grande Anse, sur la frange littorale. L'accès au site se fait par la Route de Grande Anse dans le prolongement de la D73. Aucune habitation n'est présente sur le site qui accueille néanmoins un deux snack bar.

L'arrière-plage est en cours de réaménagement afin d'amélioration de la qualité du site par la mise aux normes des aménagements existants en termes de sécurité et d'accessibilité.

Différents usages sont recensés sur le site :

- Activités liées à la mer :
 - La baignade ; celle-ci se fait essentiellement au niveau du bassin de baignade en raison des forts courants présents sur le site. Le bassin est dimensionné actuellement pour une cinquantaine de personne, ce qui peut conduire à des conflits d'usage. Cependant, en l'absence de surveillance sur le site, la baignade est actuellement interdite suite à un arrêté préfectoral interdisant la baignade et certaines activités nautiques dans la bande des 300 m à partir du littoral depuis le 26 juillet 2013.
 - Pratique du palme, masque tuba (PMT) et apprentissage de la plongée ;
 - Pêche sous-marine
 - Plongée d'exploration
 - Photographie subaquatique
- Bronzage
- Le pique-nique familial : cette activité est surtout présente le week end avec un taux de fréquentation estimé à 1500 personnes ;
- Activités sportives : le site est équipé d'un terrain de volley, un terrain de football et un boulodrome. La pratique du jogging est également observée. La randonnée/promenade est également possible via le sentier du Piton Grande Anse notamment.
- Événementiel : le site abrite la salle de réception des Poivriers qui peut être louées pour des événements divers (mariage, manifestations d'entreprise/association...)

Il n'y a pas d'habitation sur le site, les premières étant située à 150m à vol d'oiseau.

2.10 Paysage

2.10.1 L'arrière-plage de Grande Anse

A l'arrivée sur le site, la RD 73 débouche sur une zone aménagée comprenant une aire de stationnement et une aire jardinée.

L'aire de stationnement permet un accès direct sur les snacks bar. La végétation sépare le parking de l'aire jardinée. Celle-ci comprend un sentier piétonnier parcourant le site, des aménagements pour le pique-nique (kiosque, table et banc) et des aménagements de loisirs sportifs (terrains de beach volley, boulodrome).

Le site comporte à l'est les ruines de l'ancien four à chaux à haute valeur patrimonial (Figure 171). Construit vers 1890, le four à chaux profitait de la matière première du lieu, le corail (ainsi que celui de Grand Bois), pour produire de la chaux par carbonisation. De ce fait, pour redonner une présence à ce patrimoine matériel et immatériel le traitement des aménagements prévu dans le cadre du chantier de l'arrière-plage vise à valoriser les ruines, notamment par la mise en œuvre de revêtements en basalte, d'un garde-corps en acier Corten et l'habillage du mur en moellons de basalte.



Figure 171: Clichés du four à chaux de Grande Anse

Un cordon végétal de cocotier sépare l'arrière-plage de la plage de sable blanc.

Un chantier d'aménagement de l'arrière-plage en cours donnera un accès qualitatif et PMR au belvédère et l'inscrira en finalité d'une suite successive de différentes activités (Figure 172):

- Restauration dans les rondavelles
- Pique-nique sur l'arrière-place et l'ancien camping
- Parcours sportif
- Promenade sur le double cheminement central
- Aire de pétanque
- Aire ludique pour enfants
- Terrains de pétanque + Terrain de volley
- Bassin de baignade

Les travaux relatifs aux bassins devront impérativement participer à valoriser les ruines et intégrer les aménagements spécifiques du chantier de l'arrière-plage.

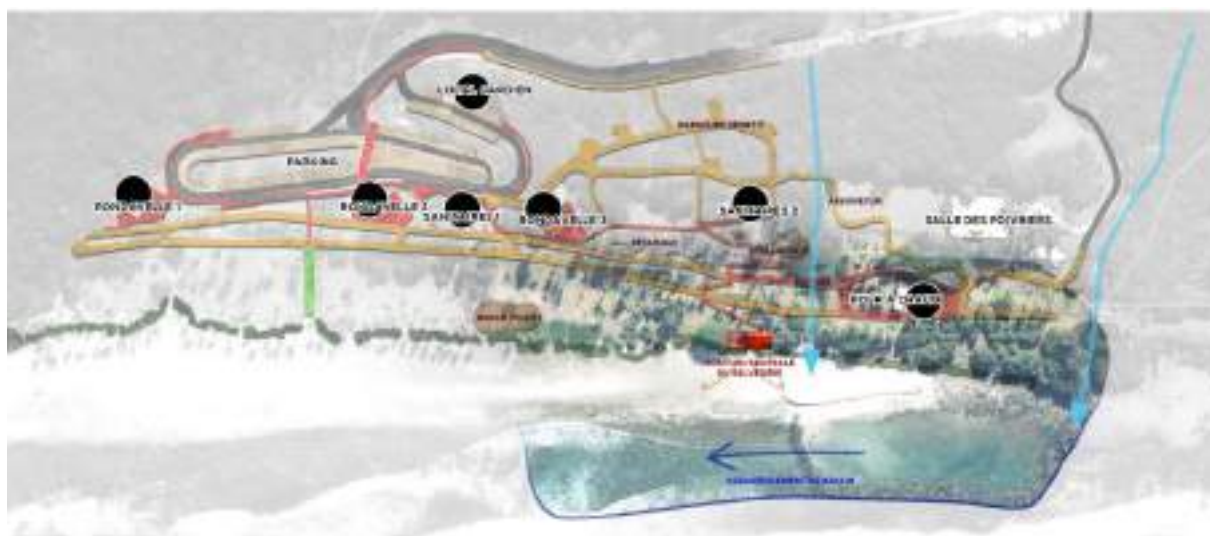


Figure 172: Plan d'ensemble du futur aménagement de l'arrière-plage

2.10.2 Le belvédère

L'accès au bassin se fait par un belvédère maçonné et un escalier qui descend sur plus de 2,00m situés en haut de plage. C'est un double escalier latéral dont la configuration permet la séparation des flux entrants et sortants. Néanmoins, l'escalier est vétuste et n'est pas vraiment mis en valeur par sa forme architecturale. Également, les circulations se font par des lignes de désirs (sentiers spontanés) qui traversent les formations végétales qui colonisent le trait de côte.

Cette végétation est composée de Patate à Durand (*Ipomoea pes-caprae*) et de Manioc de bord de mer (*Scaevola taccada*). En amont, sur l'arrière-plage des groupements de vacoas créent un cordon vert d'intérêt majeur, notamment pour la circulation du Gecko vert de Manapany (Figure 173).

A proximité du belvédère, un Badamier avec un port en parasol, crée en son pied un espace d'ombrage confortable (Figure 173). C'est également un élément naturel qui crée un signal depuis la plage et depuis l'arrière-plage.

Une ravine (ruisseau du milieu) se rejette dans le bassin de baignade.





Figure 173: Vue sur les vacoas à l'est du belvédère (en haut) et sur le badamier à l'ouest (en bas)

2.10.3 Le bassin de baignade

De ce fait, un muret a été construit pour réduire l'alluvionnement dans le bassin et éviter son colmatage. A la déjection du ruisseau des galets ont été charriés sur la plage, ce qui ne la rend pas confortable pour s'y installer. Pour accéder au bassin les usagers doivent emprunter une petite portion où le muret ne fait pas obstacle. Le beachrock y est également moins gênant. La mise à l'eau est particulièrement contraignante, et le sera d'autant plus après l'agrandissement du bassin.



Le bassin de baignade actuel s'inscrit le long de la plage de Grande Anse et représente un événement qui crée une attraction en bout de plage et, par conséquent, qui permet de répartir spatialement l'occupation du site.

Il est accessible via un belvédère vétuste marqué par la surhausse du mur de soutènement qui joue le rôle de garde-corps et qui crée un effet de balcon sur la plage et l'horizon marin.

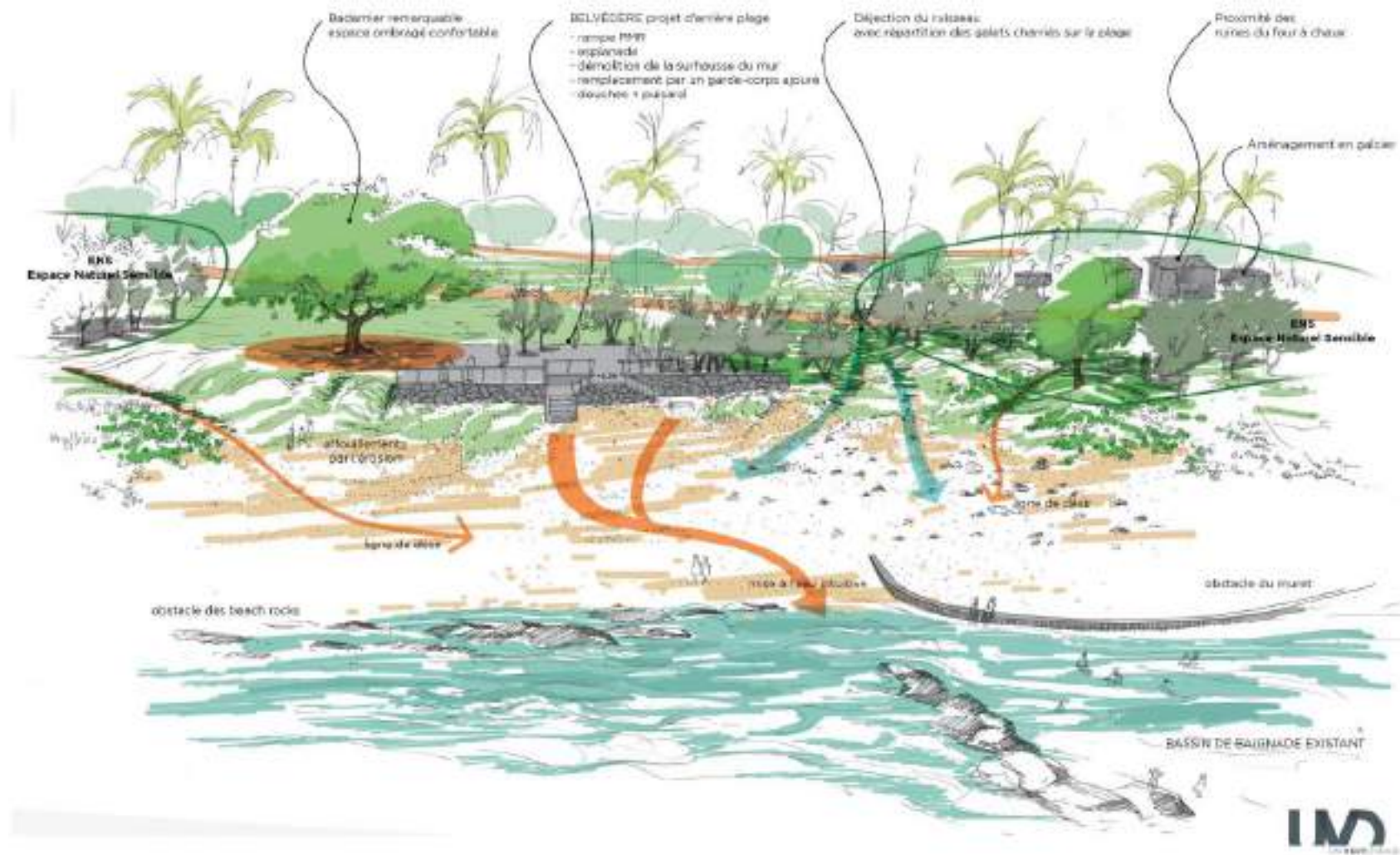


Figure 174: Esquisse paysagère au voisinage de l'implantation du projet

2.11 Risques naturels et technologiques

2.11.1 Le plan de prévention des risques naturels

Le Plan de Prévention des Risques Naturels de la commune de Petite-Ile a été approuvé par l'arrêté préfectoral n° 2815/SG/DCL du 29 décembre 2017. Les sections ci-dessous caractérisent le site d'étude au regard des aléas naturels présents.

2.11.1.1 Risques mouvements de terrains

Le site se trouve en aléa mouvement de terrain fort et moyen dû à la présence de la Ravine des Français au sud-est et du talweg central à l'actuel bassin de baignade (Figure 175).

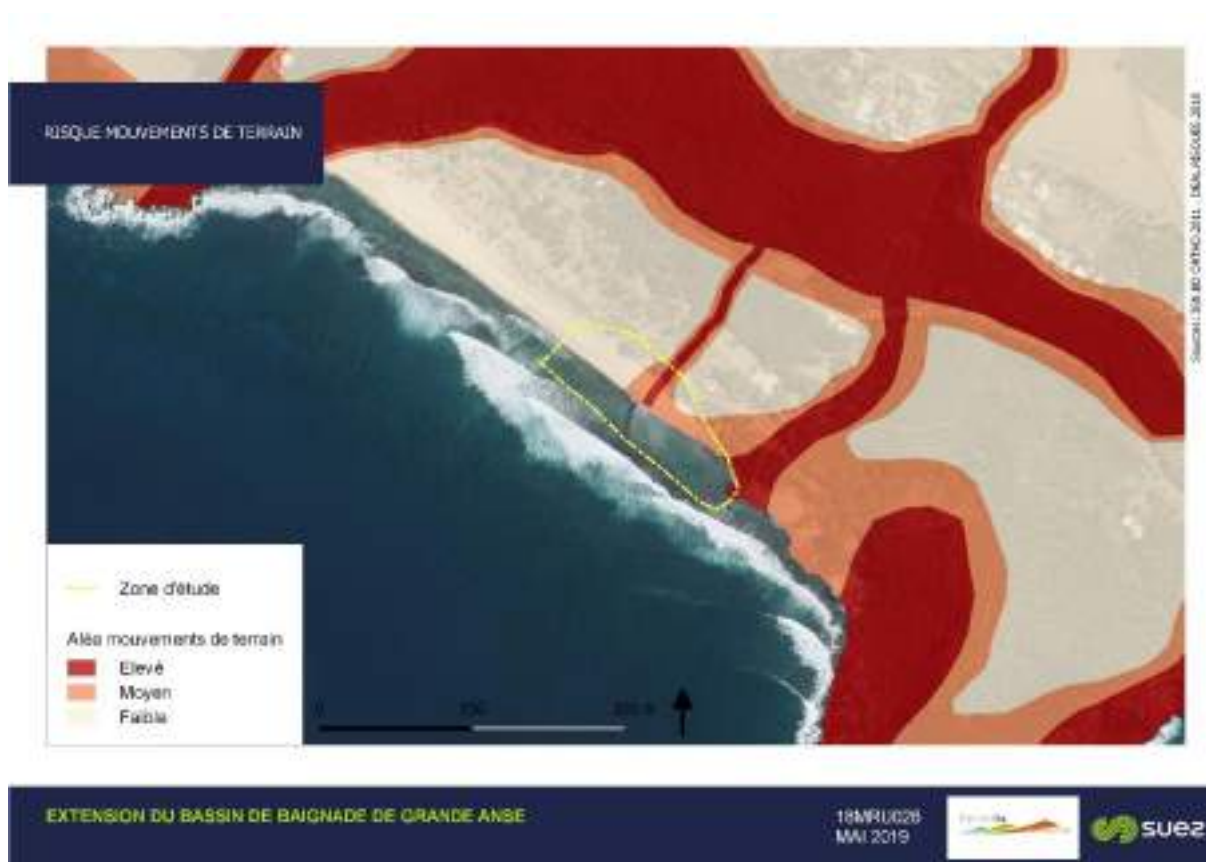


Figure 175 : Carte aléa mouvement de terrain site de Grande Anse

2.11.1.2 Risques inondations

A proximité du bassin de baignade, la zone d'arrière-plage est traversée par une ravine qui fait l'objet d'un zonage réglementaire au titre du Plan de Prévention des Risques Naturels (Inondation – Mouvements de terrain) (Figure 176).

Le zonage R2 le moins contraignant correspond à des aléas conjoints inondation moyen et mouvement de terrain moyen. Dans ce cas, les prescriptions d'urbanisme sont les suivantes :

Les constructions annexes inférieures à 20m² peuvent être réalisées sous réserve de réaliser une étude technique préalable qui précisera les conditions dans lesquelles le projet sera rendu compatible avec l'aléa considéré.

Toute construction devra être réalisée à 1m au-dessus du sol naturel.

Le poste MNS sera installé sur le belvédère qui se trouve en dehors de la zone inondation. Le projet n'est donc pas concerné par le risque inondation.



Figure 176 : Carte aléa inondation site de Grande Anse

2.11.2 Risques littoraux

Sur la commune de Petite-Ile, le Plan de Prévention des Risques Littoraux ou PPR Littoral a été prescrit le 25 juin 2015 par arrêté préfectoral. L'arrêté n°1117/SG/DCL/BU du 22 juin 2018 porte prorogation du délai d'approbation du PPRL.

En l'état, les documents réglementaires concernent uniquement les cartes d'aléa recul du trait de côte et submersion marine porté à connaissance depuis mai 2014 mais ces aléas n'ont pas encore fait l'objet d'une procédure d'élaboration de PPR.

La zone d'implantation du poste MNS est concernée par un aléa fort recul du trait de côte ainsi que des aléas faible, moyen et fort submersion marine (Figure 177).

Par analogie avec le règlement d'autres PPR littoraux approuvés à La Réunion, le projet se situerait en zone rouge.

La réglementation générale de cette zone autorise les postes de secours et équipements nécessitant la proximité de la mer, pour les activités nautiques et de pêche, sous condition d'assurer une transparence hydraulique.

La construction d'un local dédié à la surveillance de la baignade et des activités nautiques afférentes est conforme à ces dispositions, sous réserve de justifier de la stabilité de la construction vis-à-vis de la houle et des risques de recul du talus d'arrière-plage par affouillement.



Figure 177 : Carte aléa submersion marine et recul du trait de côte site de Grande Anse

2.11.3 Risques météorologiques

2.11.3.1 Cyclones et ouragans

La menace cyclonique à La Réunion s'étend de décembre à avril, avec un maximum de risque sur les trois mois d'été austral, entre janvier et mars. Néanmoins, dans le bassin cyclonique du sud-ouest de l'océan Indien, des cyclones matures ont déjà été observés dès le mois d'octobre et jusqu'en mai.

Par ailleurs, les tempêtes tropicales peuvent aussi provoquer des dégâts importants lorsqu'elles passent à proximité immédiate de l'île, de par les pluies abondantes qu'elles peuvent générer. Aussi, si l'on considère l'ensemble des cyclones et tempêtes qui sont passés à moins de 100 km des côtes ces dernières 40 années, la durée de retour d'un tel phénomène s'établit alors à environ 2 ans, avec toutefois une répartition très irrégulière dans le temps.

2.11.3.2 Houles, tsunamis et marées de tempêtes

Les côtes de La Réunion sont balayées par trois types de houles : les houles d'alizés, les houles australes et les houles cycloniques. Les houles cycloniques et les houles australes sont les plus dangereuses car susceptibles de provoquer des dégâts importants sur le littoral.

La zone d'étude présente un risque de houle cyclonique. Elle peut également être affectée par une marée de tempête du fait de sa proximité avec le rivage de l'océan.

2.11.4 Risque technologique

Le site est isolé de toute usine ou habitation. Il n'y a donc pas de risque technologique.

2.12 Analyse des enjeux et sensibilités

L'état initial a permis de dresser un état des lieux complet de l'environnement au niveau de l'aire d'étude. Le Tableau 49 présenté ci-après établit une analyse des enjeux et sensibilités environnementales au sein de l'aire d'étude.

Pour chaque thématique, l'enjeu représente, compte tenu de son état actuel ou prévisible, une valeur au regard de préoccupations patrimoniales, esthétiques, culturelles, de cadre de vie ou économiques. Les enjeux sont appréciés globalement par rapport à des critères tels que la qualité, la rareté, l'originalité, la diversité, la richesse, etc. Cette analyse et hiérarchisation des enjeux est indépendante du projet.

La sensibilité exprime le risque d'altération ou de perte de la valeur de l'enjeu du fait de la réalisation du projet. Il s'agit de qualifier et quantifier le niveau d'impact potentiel du projet sur l'enjeu étudié. Quatre niveaux d'enjeu et de sensibilité sont définis (Tableau 48).

Tableau 48: Définition des niveaux d'enjeu et de sensibilité

Enjeux	Sensibilité
Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
Faible	Faible
Moyen	Moyen
Fort	Fort

Tableau 49: Analyse des enjeux et sensibilités environnementales

Thématique	Sous-Thématique	Enjeux environnementaux		Sensibilité vis-à-vis du projet
SOL et SOUS-SOL	Topographie	Le site se situe sur un terrain plat avec des altitude comprise entre 0 et +10m NGR avec un pendage faible vers la mer.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Pédologie	Sur le site d'étude le sol est constitué : ○ d'un dépôt de sable mixte d'origine bioclastique et volcanique au niveau du cordon littoral ; ○ De sols bruns reposant sur des coulées basaltiques faiblement altérés en arrière-plage.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Géologie	La géologie de la zone d'étude correspond à une plateforme récifale de type frangeant avec une plage d'arrière-récif. Celle-ci est adossée à formations basaltiques du massif du Piton de la Fournaise.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Géomorphologie côtière	La plage montre une tendance érosive plus marquée au nord de la plage et dégressive vers le sud. Celle-ci affecte principalement le haut de plage lors des événements tempétueux. Au niveau du bassin de baignade, la tendance récente est à l'accrétion de la plage.	Fort	Faible
EAU	Eaux de surfaces	La zone d'étude se trouve à proximité de la ravine des Français débouchant au sud du bassin et qui présente un régime intermittent ainsi que d'un talweg débouchant sur la plage.	Moyen	Faible
	Eaux souterraines	La zone d'étude est incluse dans le périmètre de la masse d'eau souterraine codifiée FRLG105 dite « FVL	Moyen	Faible

		de Petite-Ile – Saint -Pierre » en bon état quantitatif et chimique. Il n'y a aucun captage aux alentours du projet. Le projet n'a donc pas d'incidence sur la ressource		
	Eaux marines et côtières	La zone d'étude est proche de la masse d'eau côtière « La porte - Saint Pierre - Pointe du Parc » codifiée FRLC104 qui présente un état écologique et global très bon.	Moyen	Faible
	Les courants	Les courants en dehors du bassin sont dangereux pour la baignade.	Fort	Faible
Océanographie	Niveaux d'eau	Le niveau de la mer dépend de trois phénomènes que sont la marée, les surcotes (associées aux phénomènes météorologiques) et le changement climatique qui se traduit par une surélévation du niveau d'eau. La marée n'est pas très prononcée au niveau de la zone d'étude. Les surcotes sont liées aux variations de vent et de pression atmosphérique. Elles sont estimées à partir des variations de niveau d'eau sans l'action des vagues.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	La houle	Les houles au large de Grande Anse se répartissent sur un secteur directionnel relativement étroit allant du SE au SO. En moyenne sur l'année, la hauteur significative des vagues est de l'ordre de 1.8 m et 99% des vagues sont inférieures à 3.7 m. La houle déstabilise les berges, participe à son érosion et ainsi participe au retrait du trait de côte. L'objectif de l'aménagement est de protéger le bassin et les baigneurs lors de conditions annuelles et d'assurer une tenue correcte de l'enrochement lors de conditions de tempête.	Fort	Moyen

AIR ET CLIMAT	Climatologie (température, précipitations, vents, insolation)	Température moyenne : 25 °C Hauteur des précipitations : 1813 mm Vents : 21,6 km/h	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Qualité de l'air	Il n'y a pas de sources d'émissions sur le secteur.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
MILIEU NATURELS TERRESTRE	Périmètre de protection et inventaire	Le site se trouve dans une ZNIEFF terrestre et marine de type 1 et 2.	Fort	Moyen
	Flore	Deux espèces présentent des enjeux de conservation au sein de la zone d'étude immédiate : la Liane cochon (<i>Canavalia rosea</i>), située au niveau de la plage de Grande Anse, <i>Adiantum rhizophorum</i> localisée au niveau de la Ravine des Français. Plusieurs autres espèces présentent des enjeux moyens et forts dans la zone d'étude rapprochée.	Fort	Moyen
	Faune	La faune terrestre de la zone d'étude immédiate est caractéristique des milieux artificialisés et des végétations littorales, offrant ainsi des habitats d'espèces propices au développement d'espèces exotiques et peu favorables aux espèces indigènes. Les oiseaux et les reptiles sont les espèces à enjeux les plus forts.	Fort	Moyen
MILIEU MARIN NATUREL	Qualité de l'eau	Les paramètres hydrologiques et l'état physico-chimique de l'eau indique un milieu de bonne qualité. Les suivis antérieurs de l'ARS ont montré la possibilité de survenue ponctuelle de pollution bactériologique.	Fort	Moyen

	Faune et flore Flore	2 espèces de tortues ont été recensées sur le site. Les enjeux concernant la tortue verte sont considérés comme élevé et faible pour la tortue imbriquée. 6 espèces de cétacés ont été recensées dont 2 sont considérées comme sédentaires. Les baleines à bosses sont observées sur le site durant la période de l'hiver australe. 72 espèces de poissons sont observées ce qui correspond à une très faible biodiversité dans un récif. Le peuplement ichthyologique accueille 141 espèces, ce qui témoigne d'une diversité spécifique intéressante. La répartition des familles et les structures trophiques sont proches des peuplements typiques des récifs coralliens. Pour les poissons, 20 espèces remarquables ont été identifiées, du fait notamment de leur degré de rareté ou de menace (déterminantes ZNIEFF et/ou liste rouge UICN. Enfin, 28 espèces présentent un intérêt commercial (pêche), avec cependant un intérêt faible (abondance limitée et petites tailles des individus). Pour ces biocénoses marines, l'enjeu écologique est qualifié de fort pour les formations coralliennes côtières de très faible profondeur (avec faune et flore associées). Le projet va concerner différentes zones de sensibilité écologique faible à fort.	Fort	Fort
ENVIRONNEMENT HUMAIN	Environnement humain	Il n'y a pas d'habitation sur le lieu du site uniquement un snack.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
PAYSAGE	Environnement paysager	Le site ne se trouve pas dans une zone de monuments classés. Il profite d'un tableau paysager remarquable à forte valeur identitaire. Son intérêt est majeur à l'échelle du site.	Moyen	Faible

RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES	Mouvements de terrain	Le site se trouve en aléa moyen et faible	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Inondation	Le site se trouve en aléa inondation faible	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Littoraux	Le poste MNS se trouve en zone aléa submersion marine fort moyen et faible et en aléa fort recul du trait de côte.	Fort	Faible
	Cyclones et ouragans	La saison cyclonique s'étend de novembre à avril	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Houles, tsunamis et marées de tempêtes	Le risque de houle peut être accentuée pendant la période cyclonique	Absence d'enjeux	Faible
	Risque technologique	Le site se trouve éloigné de toute zone à risque technologique potentiel	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité

3 DESCRIPTION DES ASPECTS PERTINENTS DE L'ETAT ACTUEL DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LEUR EVOLUTION EN CAS DE MISE EN ŒUVRE DU PROJET

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des différentes thématiques présentées ci-dessus pendant la phase exploitation du projet.

Conformément au 3° de l'article R122-5, le tableau suivant permet de dresser « Une description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement, dénommée "scénario de référence", et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport au scénario de référence peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ».

Il est considéré pour l'analyse que :

- La durée de vie du projet est prise comme échelle temporelle de référence. Ainsi, le très court terme correspond à la phase de travaux du projet, le court terme aux premières années de mise en œuvre du projet, le moyen terme s'entend comme la durée de vie du projet et le long terme comme au-delà de la vie du projet. À adapter selon les projets traités : en gros, moyen terme = plus ou moins 15-25ans, long terme = 50 ans et plus)
- L'évolution probable du site en l'absence de mise en œuvre du projet est analysée en considérant une intervention anthropique similaire à l'état actuel en termes de nature et intensité des activités en place.
- Dans les deux scénarios (absence de mise en œuvre du projet et mise en œuvre), les effets du changement climatique s'appliqueront et la dynamique naturelle fera son œuvre sur les milieux non soumis aux activités humaines, qui évolueront vers des stades de végétations plus fermés et à terme vers un stade forestier.
- Concernant les effets sur les milieux naturels et la biodiversité, il s'agit de préciser s'il y a un gain, une perte ou une stabilité pour la biodiversité. Ces effets se mesurent sur deux critères principaux : le nombre d'espèces (augmentation/diminution/stabilité) et la qualité (typicité, degré de patrimonialité des espèces présentes...).
- L'analyse est réalisée « moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles » (Article R. 122-5 du Code de l'environnement)

En l'absence de mise en œuvre du projet le site restera à l'état du scénario de référence. On peut envisager une modification de l'aspect paysager en raison de l'érosion du haut de plage par la houle.

L'évaluation des effets sur la biodiversité marine présentent des limites d'interprétation. Il est difficile d'évaluer avec précision et certitude les effets d'un tel projet sur la biodiversité marine, que ce soit les effets positifs et négatifs. En effet, l'actuel bassin a permis le développement d'une faune et flore marine riches et exceptionnelles, alors que cet habitat est d'origine anthropique (empiétant sur le platier récifal). La conception du futur bassin a été faite de manière à conserver le « jardin corallien » (zone la plus riche au niveau biodiversité marine), et aussi favoriser le développement de la faune et flore marines. A ce titre, l'évolution naturelle devrait être bénéfique pour la biodiversité marine.

Thématique	Sous-Thématique	Scénario de référence	Evolution en cas de mise en œuvre du projet
SOL ET SOUS-SOL	Géomorphologie côtière	Historiquement, la plage de Grande Anse montre une tendance d'érosion graduelle du nord-ouest au sud-est. En particulier, le haut de plage est impacté par les épisodes de fortes houles et montre une faible capacité de résilience.	L'enrochement permettra la protection de la berge et ainsi limitera le risque d'érosion de la plage lors des surcotes. La démolition du muret et du mur de soutènement du belvédère contribuera à retirer les points durs susceptible de favoriser le départ de sable. Le projet joue un rôle de stabilisation de la plage et de ses berges.
OCEANOGRAPHIE	Courants	Les courants fort en dehors du bassin limitent la possibilité de baignade en dehors de celui-ci.	Le renforcement de la protection en enrochement ainsi que l'agrandissement du bassin permettront aux usagers de se baigner à l'abris des courants importants notamment lors de l'hiver austral.
	Houle	Les houles au large de Grande Anse se répartissent sur un secteur directionnel relativement étroit allant du SE au SO. En moyenne sur l'année, la hauteur significative des vagues est de l'ordre de 1.8 m et 99% des vagues sont inférieures à 3.7 m. La houle déstabilise les berges, participe à son érosion et ainsi participe au retrait du trait de côte. L'agitation des vagues contribue à rendre dangereuse la baignade en dehors du bassin de baignade.	L'enrochement doit permettre de casser la houle avant que celle-ci n'atteigne la plage. Le phénomène d'érosion de la plage ainsi que le recul du trait de côte seront diminués lors de la phase d'exploitation du projet. L'impact des vagues sera diminué dans l'emprise du bassin permettant une baignade sécurisée.
EAU	Eaux de surfaces	Un talweg est présent sur le site dont l'exutoire débouche directement sur la plage	Après extension du bassin, l'exutoire du talweg se situera dans l'emprise du bassin de baignade. Les aménagements hydrauliques qui seront réalisés permettront de canaliser les eaux pour

		à l'extrémité nord-ouest de l'actuel bassin de baignade.	être rejetées dans l'océan hors du bassin. Le projet contribuera à diminuer le risque de dégradation de la qualité de l'eau de baignade dans le bassin.
MILIEU NATUREL MARIN	Qualité de l'eau	Les paramètres hydrologiques et l'état physico-chimique de l'eau indique un milieu de bonne qualité.	L'aménagement hydraulique du talweg contribuera à limiter la dégradation de la qualité de l'eau dans l'emprise du bassin. Lors de sa phase exploitation le suivi de la qualité de l'eau dans le bassin sera assuré régulièrement par les services compétents.
	Communautés vivantes associées au bassin de baignade	A court, moyen et long terme : maintien des habitats existants, mais avec risque de disparition/altération par rapport à la tenue de l'actuelle protection en enrochement et du changement climatique	A court terme : destruction localisée de communautés coralliennes. A moyen terme : possible perturbation du développement des colonies coralliennes suite au changement des conditions hydrodynamiques (ces perturbations ne sont pas forcément pénalisantes). A long terme : développement de communautés coralliennes adaptée aux conditions hydrodynamiques dans la zone abritée du futur bassin.
	Complexe récifal de Grand Anse (front récifal / pente externe	Aucun changement dans la conservation et le fonctionnement écologique de ce complexe. Intégration néanmoins du changement climatique (blanchissement corallien, cyclones et fortes houles...).	A court terme destruction très localisée au niveau de l'émissaire du Talweg et au niveau de la butée de l'enrochement. A court, moyen et long terme, l'évolution du complexe récifal de Grand Anse sera probablement proche de celle observée sans l'extension du bassin. En considérant la nouvelle emprise, certaine évolution pourrait toutefois être notée.

ENVIRONNEMENT HUMAIN	Usages du site	La baignade au sein de l'actuel bassin de baignade est interdite car non surveillée.	L'extension du bassin ainsi que la présence d'un poste MNS adapté aux PMR permettra à la population de se réattribuer son territoire tout en respectant le site. La baignade dans la zone sud de l'île sera désormais possible en toute sécurité.
PAYSAGE	Environnement paysager	Le site ne se trouve pas dans une zone de monuments classés. Il s'agit d'un paysage naturel. Le cordon littoral est érodé dû à la houle et le piétinement des berges par les visiteurs du site participe également à sa fragilité.	L'aspect paysager sera amélioré suite à l'aménagement du projet. Le poste MNS s'intégrera parfaitement dans celui-ci grâce aux matériaux naturel qui seront utilisés et qui se retrouvent dans les aménagements de l'arrière-plage. Le visuel depuis le piton de Grande Anse sera également modifié, afin de casser l'aspect linéaire des ilots d'enrochements seront intégrés dans le bassin.
RISQUES	Littoraux	Le poste MNS se trouve en zone aléa submersion marine fort moyen et faible et en aléa fort recul du trait de côte.	Lors de sa phase d'exploitation la protection en enrochement aura un aspect protecteur des berges et de la plage contre le risque aléa submersion marine. Le poste MNS sera également installé sur pilotis, limitant les risques d'affouillement en base de la structure. Les points durs tels que le mur du belvédère, les escaliers et le muret sur l'estran seront retirés. Le haut de plage sera reconstitué en boudins coco et végétalisé favorable à une diminution de l'érosion des berges.

4 ANALYSE DES INCIDENCES ET MESURES ERC PRISES EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA SANTÉ HUMAINE

4.1 Approche retenue

L'approche proposée dans ce chapitre consiste à présenter, pour l'ensemble des thématiques environnementales développées dans l'état initial, les effets, les mesures d'évitement, de réduction ou compensatoires (ERC) en situation courante (hors situation accidentelle) du projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse.

Rappel de la doctrine nationale relative à la séquence Eviter, Réduire et Compenser les impacts sur le milieu naturel : Dès la phase de conception, le projet doit « *s'attacher à éviter les impacts sur l'environnement, y compris au niveau des choix fondamentaux liés au projet (nature du projet, localisation, voire opportunité). Cette phase est essentielle et préalable à toutes les autres actions consistant à minimiser les impacts environnementaux des projets, c'est-à-dire à réduire au maximum ces impacts et en dernier lieu, si besoin, à compenser les impacts résiduels après évitement et réduction. C'est en ce sens et compte tenu de cet ordre que l'on parle de « séquence éviter, réduire, compenser* ».

« La séquence « éviter, réduire, compenser » les impacts sur l'environnement concerne l'ensemble des thématiques de l'environnement, et notamment les milieux naturels. Elle s'applique, de manière proportionnée aux enjeux, à tous types de plans, programmes et projets dans le cadre des procédures administratives de leur autorisation (étude d'impacts ou étude d'incidences thématiques i.e. loi sur l'eau, Natura 2000, espèces protégées, etc.). »

Pour chaque thématique environnementale seront précisées, le cas échéant :

- Les effets du projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse ;
- Les mesures associées à la situation actuelle et les mesures complémentaires éventuellement nécessaires en situation future (situation après l'extension du bassin et l'aménagement du poste MNS ; les mesures en phase d'exploitation et les mesures en phase travaux.)

Les effets du projet peuvent être définis comme suit :

- Un effet direct traduit les conséquences immédiates du projet dans l'espace et dans le temps. Il peut être structurel (dû à la construction même du projet) ou fonctionnel (lié à l'exploitation et l'entretien).
- Un effet indirect résulte d'une relation de cause à effet ayant à l'origine un effet direct. Il peut concerner des territoires éloignés du projet ou apparaître dans un délai plus ou moins long.
- Un effet temporaire est un effet limité dans le temps soit parce qu'il disparaît immédiatement après cessation de la cause, soit parce que son intensité s'atténue progressivement jusqu'à disparaître.
- Un effet permanent est dû à la construction même du projet ou à ses effets fonctionnels qui se manifesteront tout au long de sa vie.

4.2 Sol et sous-sol

4.2.1 Topographie

4.2.1.1 Analyse des effets

La topographie sur le site sera remaniée dans la cadre :

- De la destruction partielle du mur de soutènement du belvédère ;
- De la reconstitution d'un talus en boudin cocos au pied du poste MNS ;
- De l'aménagement d'une piste praticable pour l'accès PMR au bassin de baignade ;
- Des travaux de pose de la canalisation du talweg en tranchée et par fonçage (terrassement pour création de la fosse du fonçage).

Le projet a un impact faible et temporaire sur le site d'étude. En effet, les terrassements réalisés pour la pose de la canalisation seront temporaires et la plage sera remise à niveau après travaux.

Les nivellements en haut de plage et en pied de plage ont pour but de rendre à la plage une topographie plus harmonieuse et plus praticable. L'effet de ces nivellements est donc positif.

4.2.1.2 Mesures d'évitement et de réduction

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'absence d'impact significatif.

4.2.1.3 Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est attendu.

4.2.1.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.2.2 Pédologie

4.2.2.1 Analyse des effets

Sur le site d'étude le sol est constitué :

- d'un dépôt de sable mixte d'origine bioclastique et volcanique au niveau du cordon littoral ;
- de sols bruns reposant sur des coulées basaltiques faiblement altérés en arrière-plage.

Le projet dans sa phase exploitation va imperméabiliser le sol au niveau du poste MNS qui occupera une surface de 62 m². De même la canalisation du talweg et les regards associés à cet ouvrage auront une faible emprise (canalisation DN400).

L'effet de la construction du poste MNS et de la canalisation du talweg est donc faible.

4.2.2.2 Mesures d'évitement et de réduction

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'absence d'impact significatif.

4.2.2.3 Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est attendu.

4.2.2.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.2.3 Géologie

4.2.3.1 Analyse des effets

Le projet n'aura aucun effet sur la géologie du sol.

4.2.3.2 Mesures d'évitement et de réduction

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'absence d'impact significatif.

4.2.3.3 Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est attendu.

4.2.3.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.2.4 Géomorphologie côtière

4.2.4.1 Analyse des effets

La plage de Grande Anse montre à long terme des signes d'une érosion du haut de plage dégressive du nord-ouest au sud-est et une stabilité dans la zone d'implantation du bassin de baignade sur la dernière décennie. Le bassin de baignade actuel est présent depuis les années 1980 et sa construction n'a pas accentué l'érosion de la plage.

Cette érosion est surtout liée aux événements de houle exceptionnelle, notamment les houles australes.

Le projet présentera plusieurs effets en faveur de la diminution du risque d'érosion :

- La présence de la protection en enrochement délimitant le bassin aura pour effet de réduire l'impact de la houle sur la plage au droit de celui-ci.

La protection en enrochement a pour objectif l'atténuation de l'agitation afin de répondre aux exigences de sécurité de baignade. L'ouvrage s'apparente donc à un brise-lame dont le rôle est généralement de limiter la submersion marine de la côte au droit de l'ouvrage. La côte de l'ouvrage repris en phase PRO sera située à +1,1m NGR contre de +0,8 à +1m NGR actuellement donc l'altimétrie générale de l'ouvrage sera donc très proche de la situation actuelle.

Sur la plage de Grande Anse, le mode de submersion est le franchissement par paquet de houle. Les impacts d'atténuation de la houle seront donc directs.

- La destruction du muret contribuera à retirer un point dur sur la plage et à diminuer le risque de départ de sable en base du muret. Toutefois, l'estran montre une relative stabilité au voisinage du muret (Actimar, 2019), on ne s'attend donc pas à une évolution significative du stock sableux à la suite de l'enlèvement du muret.
- La destruction du mur du belvédère en haut de plage contribuera à retirer un point dur sur la plage et à diminuer le risque de départ de sable en base du mur ;
- L'ajout de boudin cocos à la limite du haut de plage contribuera à la rétention du sable ;

- La construction du poste de surveillance sur pilotis n'ajoutera pas de points durs en haut de plage.

Enfin, en ce qui concerne l'effet de la protection en enrochement, Actimar (2019) a réalisé des modélisations numériques sur les effets potentiels de l'agrandissement du bassin de baignade sur la dynamique sédimentaire du site.

Les seuls effets attendus concernent le voisinage du retour de l'ouvrage au nord-ouest qui agit comme un épi transverse :

- Une tendance à l'érosion est induite lorsque les flux solides sont orientés vers le Nord-Ouest ;
- Une tendance à la convergence des flux solides et donc un atterrissement des sédiments lorsque les flux sont orientés vers le sud-est.

Les effets seront opposés en fonction du sens de la dérive littorale et les résultats ne permettent pas d'indiquer la tendance (érosive ou à l'accrétion qui sera favorisée). On note globalement une diminution sensible de l'intensité des capacités de transport solide, ce qui va dans le sens d'une plage plus stable.

L'effet du projet sur la géomorphologie de la côte est donc faible.

4.2.4.2 Mesures d'évitement et de réduction

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'absence d'impact significatif.

4.2.4.3 Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est attendu.

4.2.4.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.2.5 Qualité du sol

4.2.5.1 Analyse des effets

En phase chantier

Le chantier peut être la cause de source de pollution du sol notamment :

- par déversements accidentels de produits polluants (pertes d'hydrocarbures des véhicules, déversement accidentel de produits polluants...) ;
- départ de laitance de béton pour la mise en œuvre de l'écran de butée de la fosse de forage.

En phase d'exploitation

Le projet n'aura aucun effet sur la qualité du sol en phase d'exploitation.

4.2.5.2 Mesures d'évitement et de réduction

En phase chantier

Les mesures suivantes seront prises afin d'éviter les pollutions du sol :

- **Aménagement la zone de chantier**
 - Mise en place des installations de chantier, avec organisation et stockage adapté de l'ensemble du matériel (limitation des ruissellements ou des embâcles...),
 - Stockage des produits polluants sur une aire dédiée et protégée,
 - Stationnement adapté et entretien régulier de l'ensemble des engins (avec assainissement/rétention des rejets lors du lavage des véhicules...).

○ Limitation des risques de pollution accidentelle

Un ensemble de mesures est à mettre en place pour la gestion de ce risque :

- Définition d'un plan d'intervention pour la gestion des pollutions accidentelles,
- Définition et sécurisation des zones de ravitaillement et entretien des engins et matériel de chantier (zone imperméable, dispositifs de rétention et assainissement, kit anti-pollution...),
- Un kit anti-pollution sera présent sur site et dans chaque engin.

○ Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants

Il s'agit de limiter les rejets directs de certaines opérations sur le sol.

Pour limiter les pollutions chroniques des eaux en phase travaux, différents dispositifs seront mis en place, comme :

- L'assainissement des installations de chantier et des bases de vie,
- L'assainissement des emprises terrestres du chantier,
- L'interdiction des rejets pour les opérations de bétonnage. Les bétons mis en œuvre pour l'installation de la fosse de fonçage seront réalisés dans les règles de l'art avec notamment des adjuvants limitant les départs de laitance.

En fin de travaux les installations, matériels de chantier seront évacués et le site sera laissé propre.

En phase d'exploitation

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'absence d'impact significatif.

4.2.5.3 Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est attendu.

4.2.5.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.3 Eau

4.3.1 Eau de surface

4.3.1.1 Analyse des effets

En phase chantier

Il est désigné ici par eau de surface les masses d'eau superficielles en partie terrestre (rivières, ravines, plans d'eau).

Le projet n'engendrera aucun rejet d'eau dans un cours d'eau pérenne. Seuls les travaux au niveau du talweg sont susceptibles d'avoir une incidence sur les eaux de surface.

Toutefois, aucun écoulement permanent n'est présent dans le talweg, celui-ci ne fonctionne qu'en cas de pluie. Les impacts sont donc considérés comme faible et temporaire.

La circulation des engins à proximité immédiate du talweg (réalisation de la canalisation) et la présence de groupes électrogènes engendrent un risque de pollution par la perte d'huiles ou d'hydrocarbures.

Ces substances sont susceptibles d'être entraînées par l'écoulement du talweg en période de pluie.

En phase d'exploitation

En phase d'exploitation, le projet n'aura aucune interaction (rejet ou prélèvement) avec les eaux de surface.

4.3.1.2 Mesures d'évitement et de réduction

En phase travaux

Les mesures suivantes seront mises en œuvre :

- Aucun travaux n'aura lieu en période de pluie.
- Limitation des risques de pollution accidentelle :
 - Définition d'un plan d'intervention pour la gestion des pollutions accidentelles,
 - Définition et sécurisation des zones de ravitaillement et entretien des engins et matériel de chantier (zone imperméable, dispositifs de rétention et assainissement, kit anti-pollution...). L'entretien des engins et matériel auront lieu de préférence en atelier.
 - Un kit anti-pollution sera présent sur site et dans chaque engin. En cas de pollution lourde avérée, des boudins absorbants de grande longueur devront être à disposition sur chantier.

En phase d'exploitation

En l'absence d'impact, aucune mesure n'est nécessaire.

4.3.1.3 Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est attendu.

4.3.1.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.3.2 Eau souterraine

4.3.2.1 Analyse des effets

En phase chantier

En phase chantier, l'effet sur la nappe souterraine peut résulter :

- De rejet de substances potentiellement polluantes directement dans la nappe si celle-ci entre en interaction directe avec les travaux par affouillement du sol;
- De rejet de substances potentiellement polluantes sur le sol et susceptibles d'être infiltrées dans la nappe par ruissellement ;

Les travaux de création d'ouvrage en partie terrestre nécessiteront des terrassements. Toutefois, au regard des travaux prévus, les terrassements resteront superficiels, aussi, aucune interaction avec la nappe souterraine n'est prévue.

Dans le cadre des travaux prévu, le risque de pollution de la nappe souterraine serait essentiellement indirect par rejet de substances sur le sol :

- La circulation des engins et la présence de groupes électrogène engendrent un risque de pollution par la perte d'huiles ou d'hydrocarbures.
- La mise en œuvre de béton pour l'aménagement de l'écran de butée dans la fosse du forage peut engendrer un risque pollution indirecte par départ de laitance.

En phase d'exploitation

En exploitation, les aménagements en milieu terrestre généreront des eaux usées qui sont susceptibles d'infiltrer des substances :

- Pour le poste MNS, ces eaux auront pour origines :
 - les eaux vannes des WC handicapés (1 cabinet d'aisance « Handi Plage » + lave-main avec savon) et dont l'accès sera être contrôlé ;
 - des eaux vannes du WC des MNS
 - des eaux grises de la douche et de la kitchenette des MNS.

Les volumes d'eau usées attendues sont **d'un nombre d'équivalent habitant arrondi à 3 EH ; avec 1 EH = 150 l/j.**

- Les eaux des douches de plage publiques associées au poste MNS.

Compte tenu des mesures de gestions envisagées, le risque est considéré comme faible.

4.3.2.2 Mesures d'évitement et de réduction

En phase travaux

Les mesures sont les mêmes que pour les eaux de surface en phase travaux.

En phase d'exploitation

- Gestion des eaux usées du poste MNS

Les eaux usées du poste MNS seront gérées par un système d'assainissement autonome suffisamment dimensionné consistant en une fosse toutes eaux équipé d'un filtre à sable vertical non drainé.

- Gestion des eaux des douches publiques

L'utilisation des douches publiques fera l'objet d'une interdiction d'utilisation de tous produits d'hygiène (savon ou autre).

L'interdiction d'utilisation de produits sera affichée au niveau des douches. Des contrôles et sanctions seront appliquées par la municipalité en cas de non-respect de cette consigne.

Les eaux des douches publiques seront ainsi exemptes de toutes substances polluantes. Elles seront infiltrées via un regard de décantation suivi d'une tranchée drainante.

4.3.2.3 Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est attendu.

4.3.2.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.3.3 Eau marine et côtière

4.3.3.1 Analyse des effets

En phase chantier

Tout au long de la vie du chantier, mais particulièrement durant les travaux de terrassement et de construction, ces derniers peuvent générer principalement :

- des déversements accidentels de produits polluants (rupture de canalisations hydrauliques, pertes d'hydrocarbures des véhicules, déversement accidentel de produits polluants...),
- la libération de matières en suspension (MES) lors des travaux de déroctage ;
- l'apport de déchets emportés par les pluies vers la ravine et ensuite dans l'océan.

Le déversement accidentel de produits polluants peut atteindre les eaux côtières :

- par déversement direct lors des travaux maritimes durant lesquels les engins circuleront au voisinage immédiat de la masse d'eau ;
- de façon indirect par ruissellement et lessivage des sols où se seraient déversés des produits polluants sur le chantier.

En phase d'exploitation

En exploitation, les effets potentiels du projet sur la qualité des eaux côtières pourront résulter de :

- **L'apport d'eau douce au débouché de la canalisation du talweg**

Actuellement un talweg débouche sur l'arrière-plage de Grande Anse. Au droit de la zone d'extension du futur bassin. En cas de ruissellement, les eaux du talweg sont susceptibles de se déverser directement dans le futur bassin de baignade et dégrader la qualité de l'eau.

Ce talweg draine un bassin versant de 5.65 ha.



Figure 178 : Localisation du bassin versant du talweg

Le débit attendu du talweg a été estimé à partir de la méthode rationnelle, en prenant en considération les chroniques de précipitation moyenne par jour sur 10 ans (janvier 2009-septembre 2021) et un coefficient de ruissellement de 0,3 pour le bassin versant.

Ainsi, le débit moyen calculé pour le talweg est de l'ordre de 100m³/j et le débit maximal de l'ordre de 290m³/j intervenant en saison des pluies particulièrement au mois de Janvier. Le reste de l'année, les débits moyens sont faibles.

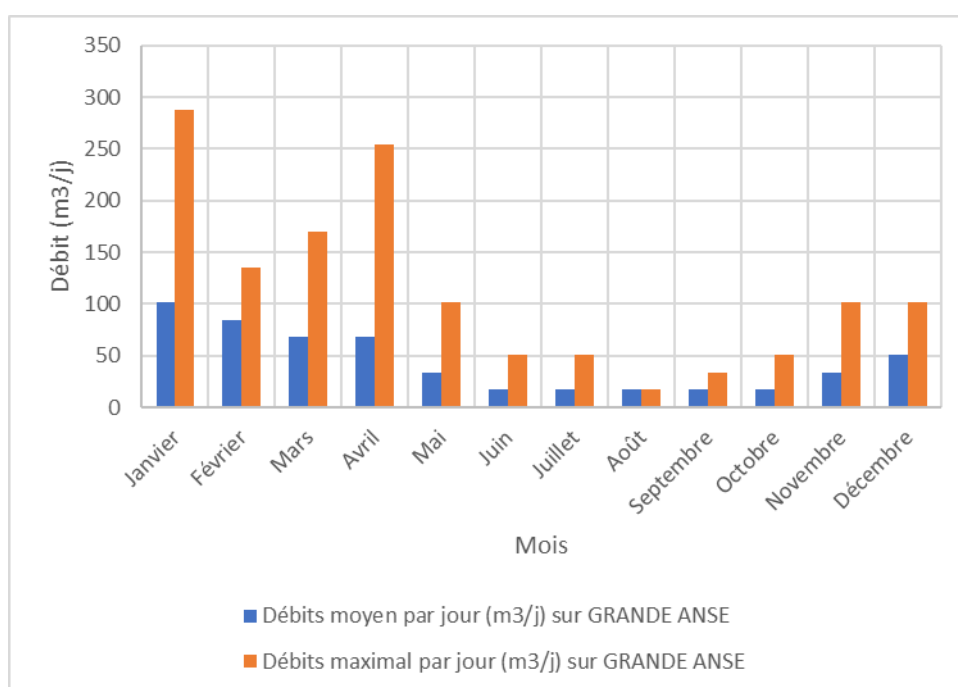


Figure 179 : Débits moyens et maximaux journalier et par mois en m³/j pour le talweg

Avec l'aménagement de la canalisation, le talweg débouchera en dehors du bassin dans la zone de déferlement des vagues en amont de la pente externe et de la zone à éperon et sillons et bénéficiera d'un brassage par les vagues importants. Ce brassage contribuera à une bonne dispersion du panache d'eau douce.

Il est rappelé par ailleurs que ce talweg fonctionne de façon épisodique, uniquement en cas de pluie. De plus, l'ouvrage de la canalisation est prévu pour capter uniquement les débits à période de retour décennale. Au-delà d'une occurrence décennale, nous pouvons considérer être en situation cyclonique ou tempête tropicale. Les précipitations sont donc potentiellement importantes sur la zone ainsi que les apports d'eau douce par la Ravine des Français voisine.

○ L'apport d'eau douce par les douches publiques

Des douches publiques seront présentes en arrière du poste MNS. D'un point de vue quantitatif, des douches publiques sont déjà présentes actuellement sur le belvédère en place. Dans le cadre du projet, elles seront déplacées de 2 ou 3 mètres pour les rendre cohérentes avec le positionnement du poste de MNS. Le nombre de douche ne sera pas augmenté.

Les eaux des douches seront infiltrées via regard de décantation et une tranchée d'infiltration. Aucun ruissellement direct n'aura lieu en direction de la mer.

D'un point de vue qualitatif, des mesures sont prévus pour éviter l'apport de substances polluantes via ces eaux.

○ **La modification des conditions d'agitation dans le bassin par la modification de la protection en enrochement et notamment un renouvellement insuffisant des eaux.**

Ce critère est essentiel pour le maintien de la qualité sanitaire des eaux de baignade et pour le maintien des écosystèmes coralliens qui exigent des conditions d'agitation (donc d'oxygénation suffisante).

La conception du projet intègre ces enjeux. Comme précisé dans le §1.4.6.3 le dimensionnement de l'ouvrage est prévu de façon à assurer un bon renouvellement des eaux du bassin :

- Comme l'a montré l'étude hydrodynamique d'Actimar, le renouvellement des eaux sera assuré par le franchissement des vagues
- L'extrémité sud-est du bassin ne sera pas refaite afin de permettre la pénétration de l'eau dans les conditions proches de l'actuel
- L'extrémité nord-ouest sera conçue sous forme d'échancrure afin de permettre une évacuation préférentielle de l'eau. Une circulation naturelle se mettra ainsi en place contribuant à une circulation de l'eau d'est en ouest comme c'est le cas actuellement.

4.3.3.2 Mesures d'évitement et de réduction

En phase chantier

Les mesures déjà décrites pour les eaux de surface et les eaux souterraines sont applicables à la masse d'eau côtière.

○ **Limitation des risques de pollution accidentelle (cf. §4.3.1.2)**

En complément, compte tenu de la nature particulière des travaux maritimes, les mesures suivantes seront prévues :

○ **Adaptation des modalités d'exécution des travaux maritimes pour maintenir les engins hors d'eau (évitement)**

La mise en œuvre différents aménagement maritime ne nécessitera aucune évolution d'engins directement au contact de l'eau.

En effet, afin de minimiser l'impact des travaux sur les fonds marins et pour optimiser l'accès des engins à l'enrochement, sans les exposer à la houle, la solution la plus appropriée semble être de créer un cheminement sur l'enrochement existante avec une progression des engins à l'avancement.

Les travaux pourront débuter depuis l'un des deux extrémités de l'enrochement, cependant vue la présence d'une zone de coraux sensible côté Sud-Est de l'enrochement, il est conseillé de commencer du côté Nord-Ouest.

Les travaux de réfection de l'enrochement seront décomposés en deux phases : la première et la seconde passe.

Pour la première passe, une pelle mécanique cheminera sur l'enrochement depuis l'extrémité Nord-Ouest jusqu'à l'autre extrémité de l'enrochement. La piste créée sur l'enrochement devra être compatible avec l'engin utilisé ainsi qu'avec le passage de camions permettant l'évacuation et l'amenée des blocs. La pelle réalisera les travaux suivants, à l'avancement :

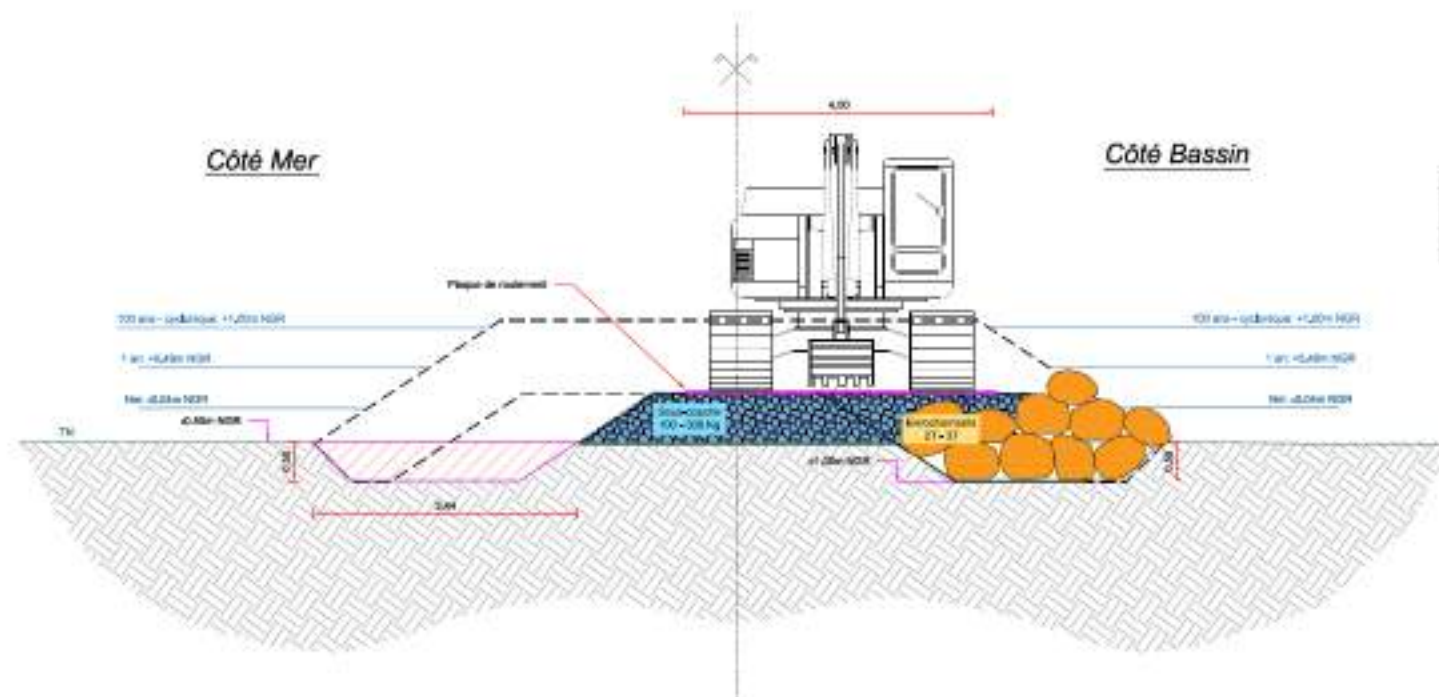
- L'enlèvement des blocs existants considérés non réutilisables,
- La création d'une piste de roulement constituée à partir de matériaux de sous-couche, plaques de roulement et blocs mis en protection côté extérieur,

- Le déroctage de la butée de pied (côté intérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement.
- Si nécessaire, il sera procédé à un décalage de la piste de roulement vers l'intérieur afin de pouvoir procéder à la phase suivante,
- Le déroctage de la butée de pied (côté extérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement,
- La réalisation de l'exutoire de la canalisation du talweg ;
- Arrivé à la fin du linéaire (première phase), la piste de roulement sera retirée et suivra la mise en place de la carapace en faisant le chemin retour.

Déroutage butée intérieur et pose bloc de butée

Phase 4 :

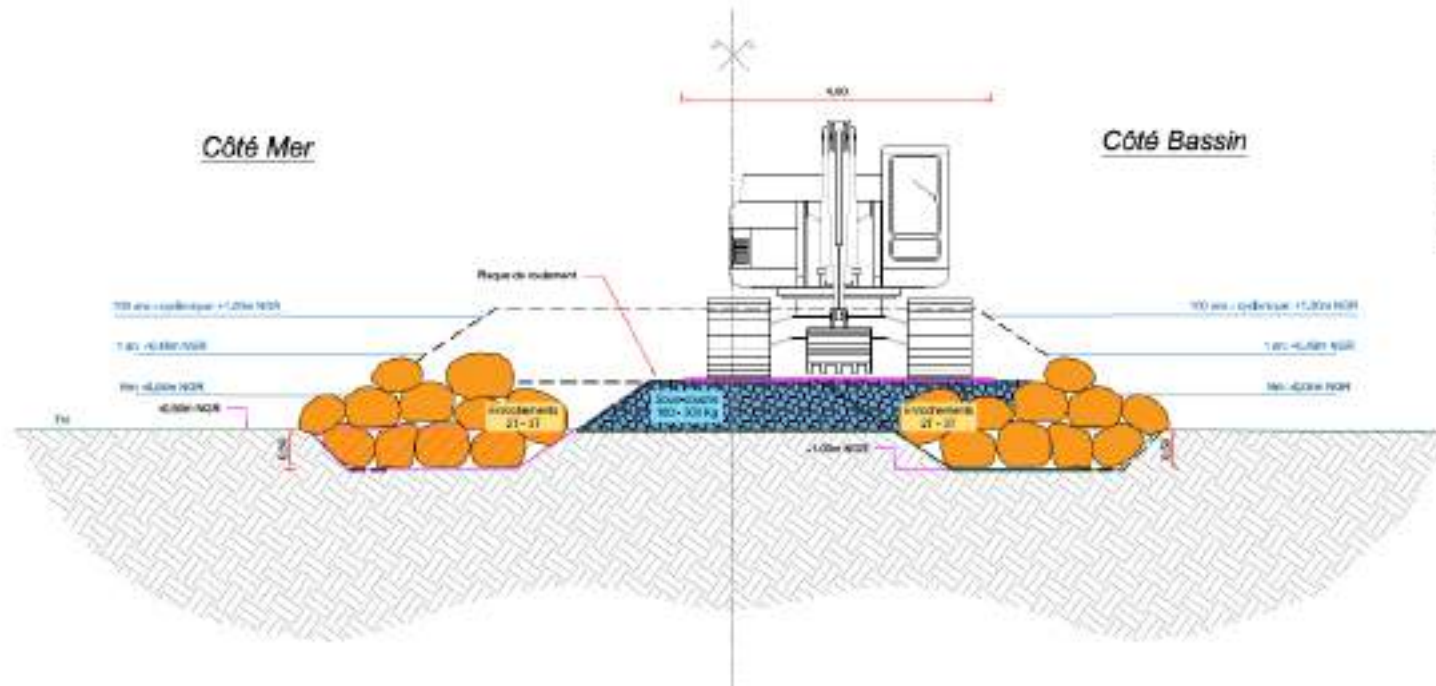
Déroctage butée extérieure et mise en place des blocs de butée



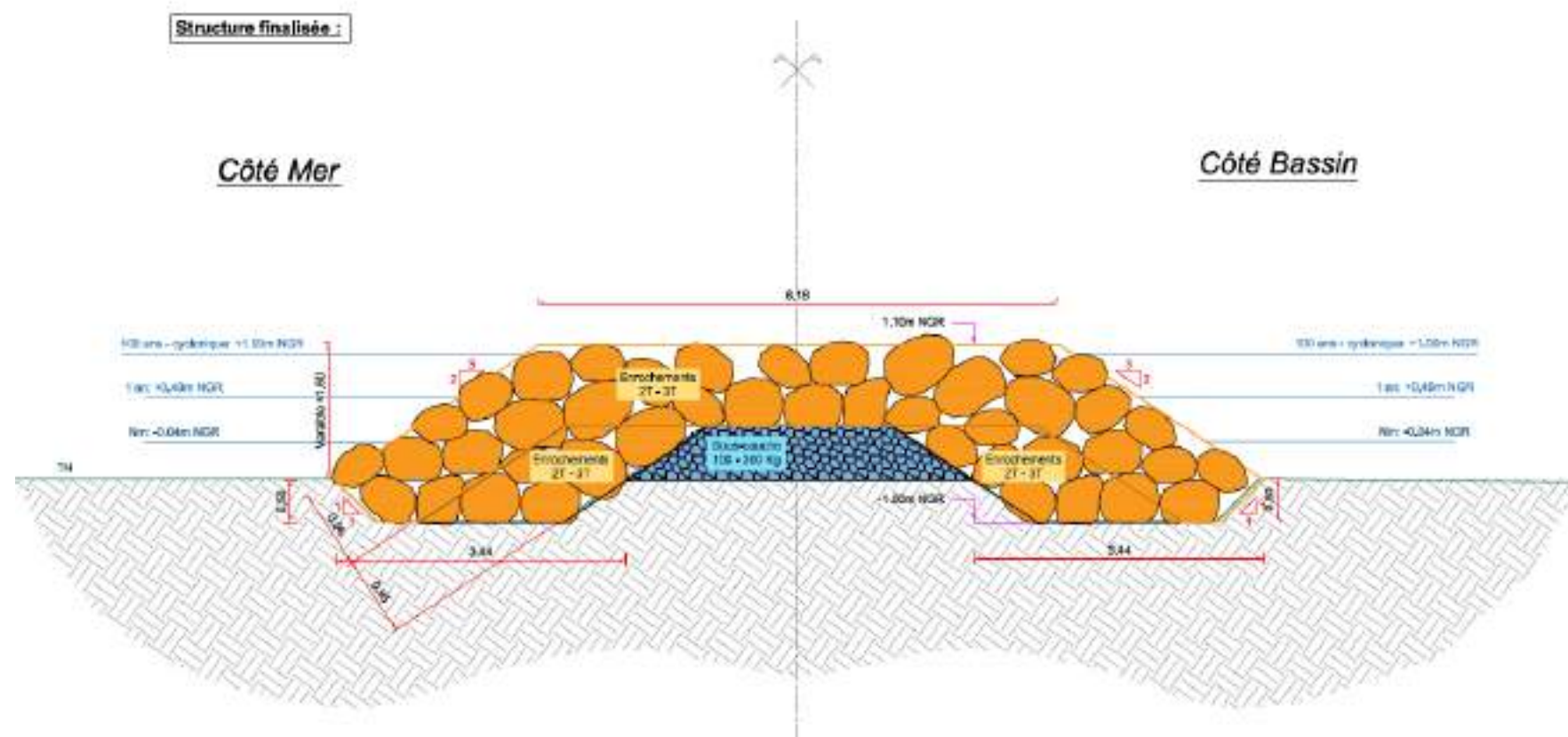
Phase 3 :

Retrait du surplus de sous-couche côté large et décalage de la piste sur les enrochements de butée intérieure.

Déroutage butée extérieure et mise en place des blocs de butée

**Phase 5 :**

Retrait des plaques de roulement et mise en place de la carapace.



Pour la mise en place de la piste de réalisation du déroctage de la fosse de natation, une bande de roulement provisoire sera cloutée sur l'enrochement. Il sera choisi un dispositif homogène rendant le cheminement carrossable aux engins type tombereaux et pelle, sans nécessité de matériaux d'apport. Ainsi, aucun matériau fin ne sera soumis aux entrées maritimes et susceptible de se répandre dans le bassin. L'impact sur les coraux sera donc minimisé. La piste créée devra s'étendre sur la majeure partie de la largeur de la berme provisoire, soit 4.00m au minimum.



Figure 180 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport

Enfin, les îlots en enrochements prévus dans le bassin seront positionnés à la fin de la mise en œuvre de la protection en enrochement à portée de bras de l'engin.

○ Gestion des déchets (éviter)

Durant le chantier les mesures suivantes seront prises pour la gestion des déchets :

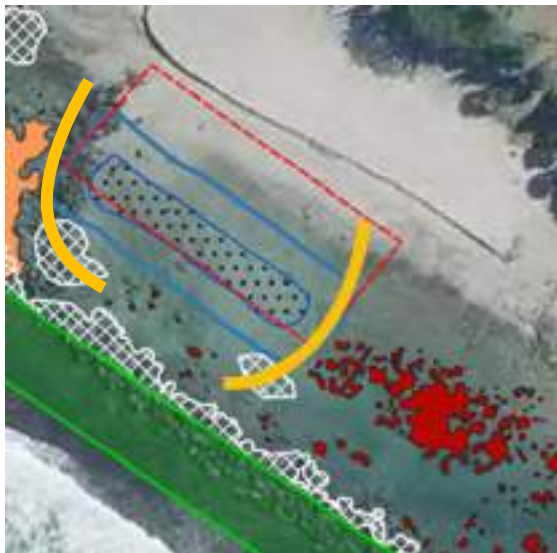
- organiser la collecte et le tri des déchets et emballages, en fonction de leur nature et de leur toxicité,
- conditionner hermétiquement les déchets pour éviter leur envol lors de leur transport,
- définir une aire provisoire de stockage quotidien des déchets générés par le chantier en vue de faciliter leur enlèvement ultérieur selon les filières appropriées,
- prendre les dispositions nécessaires contre l'envol des déchets et emballages sur le chantier,
- pour tous les déchets industriels spécifiques, l'entreprise établira ou fera établir un bordereau de suivi permettant notamment d'identifier le producteur des déchets (en l'occurrence le porteur du projet), le collecteur-transporteur et le destinataire, ceci concerne également les terres présentes sur le site si elles devaient être amenées à être évacuées.

Le chantier sera nettoyé hebdomadairement afin d'éviter dispersion de poussières et de déchets. Les déchets issus de la démolition seront triés et, selon leur nature, évacués vers les centres adaptés ou réutilisés en remblais.

Une attention particulière est à porter aux déchets volants (plastique, carton...), car ceux-ci peuvent engendrer des incidences notables sur la mégafaune marine (occlusion intestinale, étouffement, ...).

○ Maîtrise de la qualité des eaux (réduction)

Mesure R02	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et faune/flore marines
Localisation	Emprise du projet et zone d'influence des travaux
Objectif(s)	Le SDAGE et la Directive Cadre sur l'Eau impose des objectifs de conservation des masses d'eau côtière (référéncée FRMC10 pour ce secteur). A ce titre, au regard des travaux prévus, il ressort la nécessité de définir différentes mesures garantissant la conservation de la qualité de l'eau dans la zone d'influence des travaux. Cela doit donc se traduire par : La maîtrise de la dégradation des eaux côtières par la mise/remise en suspension de sédiments. La maîtrise des pollutions chimiques, notamment dans le cadre des bétonnages en milieu marin. La limitation des effets de conditions météo particulières (fortes pluies et vent) sur la qualité de l'eau en protégeant au maximum le chantier lors de ces événements. Dans le cadre des travaux, il convient de mettre en place un ensemble de mesures permettant la conservation de la qualité de l'eau. Aménager la zone de chantier pour la gestion des rejets dans les eaux côtières Il s'agit de mettre en place l'ensemble des mesures garantissant le rejet d'une eau de bonne qualité : Mise en place des installations de chantier, avec organisation et stockage adapté de l'ensemble du matériel (limitation des ruissellements ou des embâcles...), Stockage des produits polluants sur une aire dédiée et protégée, Stationnement adapté et entretien régulier de l'ensemble des engins (avec assainissement/rétention des rejets lors du lavage des véhicules...). Limiter les risques de pollution accidentelle Un ensemble de mesures est à mettre en place pour la gestion de ce risque :
Description	Définition d'un plan d'intervention pour la gestion des pollutions accidentelles terrestres et marines, Définition et sécurisation des zones de ravitaillement et entretien des engins et matériel de chantier (zone imperméable, dispositifs de rétention et assainissement, kit anti-pollution...), Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants. Limiter les rejets directs de certaines opérations dans le milieu marin Pour limiter les pollutions chroniques ou non des eaux en phase travaux, différents dispositifs sont à mettre en place, comme : L'assainissement des installations de chantier et des bases de vie, L'assainissement des emprises terrestres du chantier, L'interdiction des rejets pour les opérations de bétonnage. La protection contre de possibles pollutions associées au cheminement des engins de chantier au contact direct du plan d'eau et des opérations de mise en œuvre de la fosse de fonçage (dispositif de rétention et suivi de la qualité de l'eau pour cette dernière).

Mesure R02	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
	<u>L'utilisation d'un rideau anti-MES peut aussi être utilisé au niveau des zones jugées sensibles et lors des travaux en mer.</u> Cela pourra être disposé lors de la construction de l'enrochement et de la fosse de natation. Il sera disposé entre la fosse de natation et l'actuel « jardin de corail » (zone Est du bassin), avec conservation de l'actuel enrochement dans la partie Ouest, le temps de creuser la fosse de natation. Une représentation de principe est faite sur la carte ci-dessous. Le mode opératoire sera à clarifier par l'entreprise en charge des travaux sous contrôle du coordinateur environnementale qui s'assurera de la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction. Ce rideau sera disposé en limite de la plateforme de travail, ce qui va créer une barrière physique limitant la diffusion des MES lors des travaux. Un suivi régulier devra être fait au niveau de ce dispositif, pour veiller à sa bonne tenue et à la conservation de la qualité de l'eau (mesure MR03).  Figure 181: Représentation de principe pour la localisation des barrières anti-MES à disposer lors du creusement de la fosse de natation -linéaire orangé sur la carte- Définir un seuil d'arrêt des travaux sensibles dans le cas du dépassement d'une certaine concentration de matière en suspension dans le milieu marin Dans le cadre des travaux jugés sensibles (risque avéré de relargage MES), un seuil réglementaire est proposé concernant la concentration maximale autorisée pour les matières en suspension à proximité des travaux (concentration de MES en mg/L). Cela doit ainsi limiter la diffusion chronique de panaches turbides et éviter l'hypersédimentation dans le milieu marin. Différents seuils sont proposés pour cadrer les effets des travaux sur la qualité de l'eau (turbidité) et les écosystèmes coralliens : Seuil d'alerte de 15 NTU et 30 mg/L MES, Seuil d'arrêt pour une turbidité de 20 NTU (ou seuil d'alerte dépassé pendant deux jours consécutifs) et 40 mg/L MES.

Mesure R02	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
	Il n'est pas défini de seuil de vigilance au regard de la nature des travaux en mer prévus pour ce marché. Enfin, les conditions météorologiques de la zone des travaux seront à prendre en compte dans la tenue des travaux et analyses associées, dans la mesure où les pluies pourront aussi causer de variations notables des concentrations en MES et turbidité. Enfin, il est rappelé que cette mesure est en lien direct avec le suivi de la qualité de l'eau durant les travaux (MR02). Dans le cas où ce suivi indique un dépassement des seuils réglementaires, il convient d'adapter les travaux pour limiter ce type de pollution. Définir un fonctionnement optimal du bassin Lors de l'exploitation et du fonctionnement du bassin, il est important de veiller à l'oxygénation du bassin et de renouvellement de l'eau de mer. En effet, pour permettre le développement de la vie marine dans ce bassin, un échange avec le milieu marin doit être garanti. Le présent projet a d'ailleurs été adapté en ce sens, en abaissant les hauteurs de l'enrochement pour veiller à un renouvellement de l'eau dans le bassin, et offrir les meilleures conditions pour le développement de la faune et flore marines (de type récifal). A ce stade, il reste cependant difficile de prévoir les effets de la modification du bassin sur les communautés coralliennes.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R07 – Coordination environnementale du projet Mesure MA02 – Suivi des biocénoses marines
Planning	Durant les travaux
Indication sur le coût	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, entreprises, coordinateur environnemental et contrôles spécifiques (contrôle extérieur et entreprise)

○ Contrôle de la qualité des eaux (réduction)

Mesure R03	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble de la faune et flore marine : peuplements benthiques et ichtyologiques, tortues marines et mammifères marins
Localisation	Dans la zone d'influence des travaux, sans intégrer de modélisation hydrosédimentaire précise, ce suivi concerne le bassin et possiblement la zone côtière propice à la diffusion des panaches turbides dans le cadre des travaux du projet.

Mesure R03	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
Objectif(s)	En considérant les travaux prévus pour le projet, un suivi régulier et renforcé de la qualité de l'eau est à mener, sous la responsabilité de la Maîtrise d'œuvre et des Entreprises. Ce contrôle environnemental doit participer à la veille pour le maintien de l'environnement marin dans un bon état. Ce contrôle environnemental doit donc permettre de suivre l'état du milieu marin, au travers de la réalisation d'un suivi hydrologique. Celui-ci porte sur un suivi de différents paramètres de la colonne d'eau et des sédiments, par l'intermédiaire de mesures réalisées de façon régulière ou lors de travaux spécifiques. De façon à caractériser de manière pertinente l'état de la colonne d'eau et des sédiments, différents <u>paramètres doivent donc être étudiés durant les travaux maritimes jugés sensibles pour les communautés vivantes</u> (cas du clapage, dragage maritime) : • Suivi de la matière en suspension et turbidité, par prélèvement d'eau (sub-surface et fond, ou profondeur à définir suivant bathymétrie et nature des travaux), • Suivi physico-chimique des eaux côtières, par prélèvement d'eau ou sonde : T°C, salinité, pH, DCO et hydrocarbures totaux, <i>Au regard de la nature de la zone d'influence, et l'absence de substrats sédimentaires de manière significative, le suivi sédimentaire n'est pas proposé dans cette mesure.</i> Les <u>méthodes de suivi</u> se déclinent sous 3 formes : • Le prélèvement d'eau à l'aide d'une bouteille Niskin, pour l'ensemble des stations étudiées, avec échantillonnage à différentes profondeurs (50 cm de la surface / profondeur intermédiaire / à 1 m du fond) pour des stations situées sur la pente externe, sinon récolte à l'aide d'une perche de prélèvement dans le bassin et sur le platier, • Le suivi ponctuel de certains paramètres à l'aide d'une sonde multi-paramètres. Les <u>travaux suivis et zone d'étude</u> correspondent aux modalités et paramètres étudiés : Pour les suivis réguliers (MES, turbidité, paramètres physico-chimiques, sédiments), durant les phases de travaux maritimes sensibles, les entreprises de travaux auront la charge de réaliser le suivi in-situ continu de la turbidité sous contrôle d'un coordinateur environnemental. Cela pourra être réalisé par l'intermédiaire de mesure en continue de la turbidité par bouée instrumentée. Ce suivi se fera durant la période sensible des travaux de construction de la carapace de protection du bassin (voir ci-dessous). Pour ce suivi, 2 bouées pourront être disposées, et devront être disposées en considérant les courants et marées, de façon à considérer le déplacement des panaches turbides. Les entreprises devront donc étudier au préalable ces paramètres, de manière à bien disposer ces bouées (bouées à disposer à proximité du chantier et à 100-200m). Différents seuils sont à définir permettant de bien cadrer les effets des travaux sur la qualité de l'eau (turbidité) et les écosystèmes coralliens : - o Seuil d'alerte de 15 NTU et 30 mg/L MES, - o Seuil d'arrêt pour une turbidité de 20 NTU (NTU (ou seuil d'alerte dépassé pendant deux jours consécutifs) et 40 mg/L MES. Il n'est pas défini de seuil de vigilance au regard de la nature des travaux en mer prévus pour ce marché. Enfin, les conditions météorologiques de la zone des travaux seront à prendre en compte dans la tenue des travaux et analyses associées, dans la mesure où les pluies pourront aussi causer de variations notables des concentrations en MES et turbidité. • Pour les suivis inopinés ou concernant des travaux spécifiques, des transects s'éloignant du chantier doivent être définis pour évaluer la diffusion des MES dans la colonne d'eau. • Concernant les prélèvements d'eau, différentes profondeurs sont à respecter, conformément aux modes opératoires retenus pour le suivi de la qualité de l'eau (type
Description	

Mesure R03	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
	DCE) : sub-surface, profondeur intermédiaire, fond (+1m). Dans le cadre de certains travaux, pour les prélèvements, la gamme de profondeur est à définir (cas des prélèvements dans le bassin). Pour les <u>fréquences de suivi, durant les travaux maritimes jugés sensibles</u>, les différents contrôles concernent les paramètres : Charge particulière : Matières en suspension (MES) Paramètres physico-chimiques : Température, salinité, pH, Oxygène dissous et hydrocarbures totaux. Ils seront réalisés à la fréquence de suivi suivante : - un état zéro préalablement au début des travaux, sur la base de la méthodologie retenue et validée - un suivi hebdomadaire pour les matières en suspension et turbidité lors des travaux maritimes sensibles (construction de l'enrochement de protection, extension dans le platier). - un suivi mensuel durant les travaux maritimes - un suivi inopiné ou occasionnel pour les opérations génératrices de matières en suspension. - un suivi post-travaux servant d'état de référence en cas de suivi postérieur en phase d'exploitation. La <u>restitution des résultats</u> doit se faire de manière régulière, sous la forme de rapport d'intervention ou d'un accès aux données en temps réel. Cette gestion de la donnée est importante pour permettre de bien évaluer l'état du milieu, en lien avec les travaux. Suivant la typologie des suivis, la nature des rapports est à définir : note hebdomadaire, rapport mensuel, bilan semestriel et annuel. La présentation des résultats des suivis est primordiale, devant notamment permettre de bien mesurer l'état de la colonne d'eau et des sédiments, en lien avec les travaux réalisés pour le projet.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	- Mesure R02 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux - Mesure MR07 - Accompagnement environnemental du projet - Mesure MA01 : Qualité de l'eau
Planning	Durant les travaux (avec état 0 avant travaux)
Indication sur le coût	Coût à définir suivant la nature des travaux maritimes sensibles et leur durée : suivi hebdomadaire ou mensuel suivant la période visée.
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'Ouvrage, maîtrise d'œuvre, suivi réalisé par structure experte (bureau d'étude...)

En phase d'exploitation

Compte tenu des effets décrits ci-dessous, le projet intègre déjà dès le stade de conception les enjeux de la qualité des eaux côtières.

Toutefois, en exploitation, les mesures de gestion des eaux prévues au §4.3.2.2 inhérentes à la gestion des eaux usées du poste MNS et des eaux des douches permettront également de garantir l'absence de pollution indirecte des eaux côtières.

4.3.3.3 Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est attendu

4.3.3.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.4 Océanographie

4.4.1 Analyse des effets

En phase chantier

Seuls les travaux maritimes sur l'enrochement sont susceptibles d'impacter l'hydrodynamisme du milieu. Toutefois, la mise en œuvre de la protection en enrochement prévoit que celle-ci soit créée depuis l'extrémité nord-ouest et que l'enrochement actuel soit retiré de façon progressive à mesure que le nouvel enrochement sera créé. Ainsi, l'intérieur du bassin sera protégé de la houle durant les travaux. L'effet des travaux sur l'hydrodynamisme dans le bassin sera faible.

En phase d'exploitation

Le prolongement de la protection en enrochement aura pour effet une modification de l'hydrodynamisme au voisinage direct de l'ouvrage. Cet effet répond à l'objectif premier de sa conception qui est de sécuriser la baignade dans l'emprise du bassin.

Toutefois, l'ouvrage n'aura pas d'effet négatif sur les conditions hydrodynamiques à l'extérieur du bassin :

- Le déferlement bathymétrique débute bien en amont de la zone de projet et se poursuit au cours de la propagation vers les très petits fonds, quelques soit la période de retour des valeurs extrêmes. L'ouvrage n'aura donc pas d'effet sur le déferlement des vagues.
- La courantologie sur le platier est de nature chaotique et est induite par le déferlement des vagues en amont de l'enrochement. Elle se traduit essentiellement par des recirculations sur le platier mais avec des vitesses de courant faibles dans la zone d'extension de l'enrochement quelques soit les conditions d'agitation du milieu (globalement inférieurs à 1m/s).

Dans l'emprise du bassin de baignade, au regard des enjeux présents (qualité des eaux de baignade, présence de peuplement corallien), la conception de l'ouvrage permettra de garantir un renouvellement des masses d'eau suffisant (pour rappel : 98% de l'eau sera renouvelé en 24,3h).

Le choix d'une protection en enrochement présente l'avantage d'avoir une porosité qui permet d'absorber une partie l'énergie des vagues déferlantes et de permettre des échanges entre l'intérieur et l'extérieur du bassin.

4.4.2 Mesures d'évitement et de réduction

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'absence d'impact significatif.

4.4.3 Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est attendu.

4.4.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.5 Air et climat

4.5.1 Analyse des effets

En phase chantier

Comme tout chantier, il nécessitera l'emploi d'engins de chantier et de matériaux.

Au cours des travaux, les engins de chantier produiront des gaz à effet de serre (GES), responsables du réchauffement climatique.

Les quantités de GES émis au cours du chantier resteront cependant négligeables à l'échelle de l'île.

En phase d'exploitation

Le projet n'aura pas d'impact significatif sur la qualité de l'air du site lors de sa phase d'exploitation.

4.5.2 Mesures d'évitement et de réduction

En phase chantier

Au cours des travaux, les engins de chantiers devront respecter les normes en vigueur en termes d'émission de polluants. Le contrôle technique sera exigé pour tous les véhicules intervenant sur le chantier.

En phase d'exploitation

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'absence d'impact significatif.

4.5.3 Effets résiduels

L'impact résiduel est considéré comme négligeable.

4.5.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.6 Milieu naturel

Une étude sur les impacts faune et flore a été réalisée Biotope en Septembre 2019. L'ensemble de l'étude se trouve en annexe 2 du présent dossier. Ce chapitre reprend les grandes lignes de l'étude réalisée.

4.6.1 Analyse des effets

4.6.1.1 Analyse des effets sur le milieu naturel terrestre

En phase travaux

Les effets du projet sur le milieu naturel terrestre sont listés ci-après :

○ **Perturbation et/ou destructions des habitats et espèces végétales terrestres**

Au niveau du littoral, les différents travaux peuvent engendrer la destruction d'habitats remarquables, notamment les hauts de plage constitués d'habitats sableux à Patate à cochon (*Canavalia rosea*) et à Patate à Durand (*Ipomoea pes-caprae subsp. brasiliensis*). Cela va principalement concerner la construction du local MNS, la destruction partielle du mur du belvédère, ainsi que l'ensemble des aménagements annexes liés au chantier (pistes d'accès, zone de stockage...). En particulier, deux Vacoas et un arbre similaire à un Jacaranda sont situés dans l'emprise du poste MNS. Ces arbres seront abattus pour la construction du bâtiment.

Une attention particulière devra être portée à ces espèces indigènes littorales, en proposant également du bouturage sur les zones sableuses nouvellement aménagées.

Au niveau du talweg, bien qu'aucune espèce patrimoniale n'ait été recensée, il convient de maintenir une vigilance extrême dans les travaux liés à ce cours d'eau temporaire.

Il faut rappeler que le chantier se place toutefois dans un espace déjà artificialisé, et que le présent projet prévoit la conservation de nombreux pieds de bois (*pandanus*,...).

D'après la cartographie de synthèse des enjeux écologiques terrestres, les emprises de travaux se situent sur des zones d'enjeux faibles à moyen. Les impacts de ces emprises sur la faune flore terrestre seront donc faibles.

○ **Perturbations et/ou destructions d'espèces faunistiques terrestres**

La principale incidence sur la faune concerne les oiseaux marins, en lien avec la problématique du risque d'échouage des puffins et pétrels lors des périodes sensibles des jeunes à l'envol, du fait d'éclairages non adaptés. Ce risque existe donc dans le cas où des travaux nocturnes étaient prévus, ou que certaines installations de chantier disposent d'éclairages mal adaptés. Concernant les autres espèces, au regard de l'artificialisation de la zone et de la nature du projet (et emprises), les risques de destruction ou de perturbation de la faune sont peu probables (cas des oiseaux nicheurs, reptiles, insectes...).

○ **Développement des espèces végétales exotiques envahissantes**

Lors des travaux, l'ouverture éventuelle de milieux et pistes d'accès sont des brèches qui peuvent favoriser la recolonisation par les espèces exotiques envahissantes et leur prolifération ensuite en phase d'exploitation si elles ne sont pas gérées lors du chantier. Une attention est à porter sur les zones littorales encore préservées (cas des hauts de plages), où le développement des EEE est à proscrire et limiter au maximum.

En phase exploitation

La fréquentation du site sera augmentée du fait de l'augmentation de l'attractivité du site. Cela pourrait engendrer des circulations anarchiques des usagers dans la zone du bassin avec piétinement de la végétation et des hauts de plage.

4.6.1.2 Analyse des effets sur le milieu naturel marin

Les effets du projet sur le milieu naturel marin sont listés ci-après :

○ **Altération, destruction des communautés benthiques par recouvrement direct**

Maraino
Au service des habitants

Cartographie fine des habitats marins

Modèle de planification stratégique de la ville de Maraino (2014-2020)

Échelle de la cartographie

Habitats

- Cotons (cotonniers) du littoral
- Interventions artificielles
- Environnement artificiel (bâtiments)
- Fonds à galets peu profonds
- Fonds à galets
- Galets de plage
- Galets de plage
- Ouvrages artificiels
- Plage artificielle
- Plage à éléments dispersés (recouvrement corail < 50%)
- Plage à éléments dispersés (recouvrement corail > 50%)
- Sédiments coquilles
- Végétation

biotope

L'extension et l'aménagement du bassin de baignage va donc concerner de manière directe deux types d'habitats marins : les communautés récifales de l'actuel bassin ainsi que l'arrière-récif et platier interne. Les enrochements vont concerner le platier récifal, en l'impactant. Celui-ci se distingue par (i) un platier à colonies coralliennes dispersés avec un recouvrement corallien inférieur à 5%, et (ii) un platier à colonies coralliennes dispersés avec un recouvrement corallien supérieur à 50%. Les effets ne concernent pas l'actuel bassin, qui a permis le développement de peuplements coralliens, et qui sont conservés dans ce projet d'extension. Bien que les travaux ne puissent éviter l'ensemble des colonies coralliennes se développant dans les limites de l'extension, l'itinéraire technique retenu a ainsi prévu la conservation des principaux peuplements situés au sud-est de l'actuel bassin (zones naturelles à enjeux forts et moyens), et au nord-ouest du futur bassin (dans l'extension prévue). Il est également à noter que les formations coralliennes concernées par le projet dans le bassin sont apparues grâce à la construction de ce 1^{er} bassin. Suivant cette même logique, si les conditions environnantes le permettent, le développement corallien devrait également être possible dans le futur bassin (milieu clos, oxygéné, à l'abri d'un hydrodynamisme marqué).



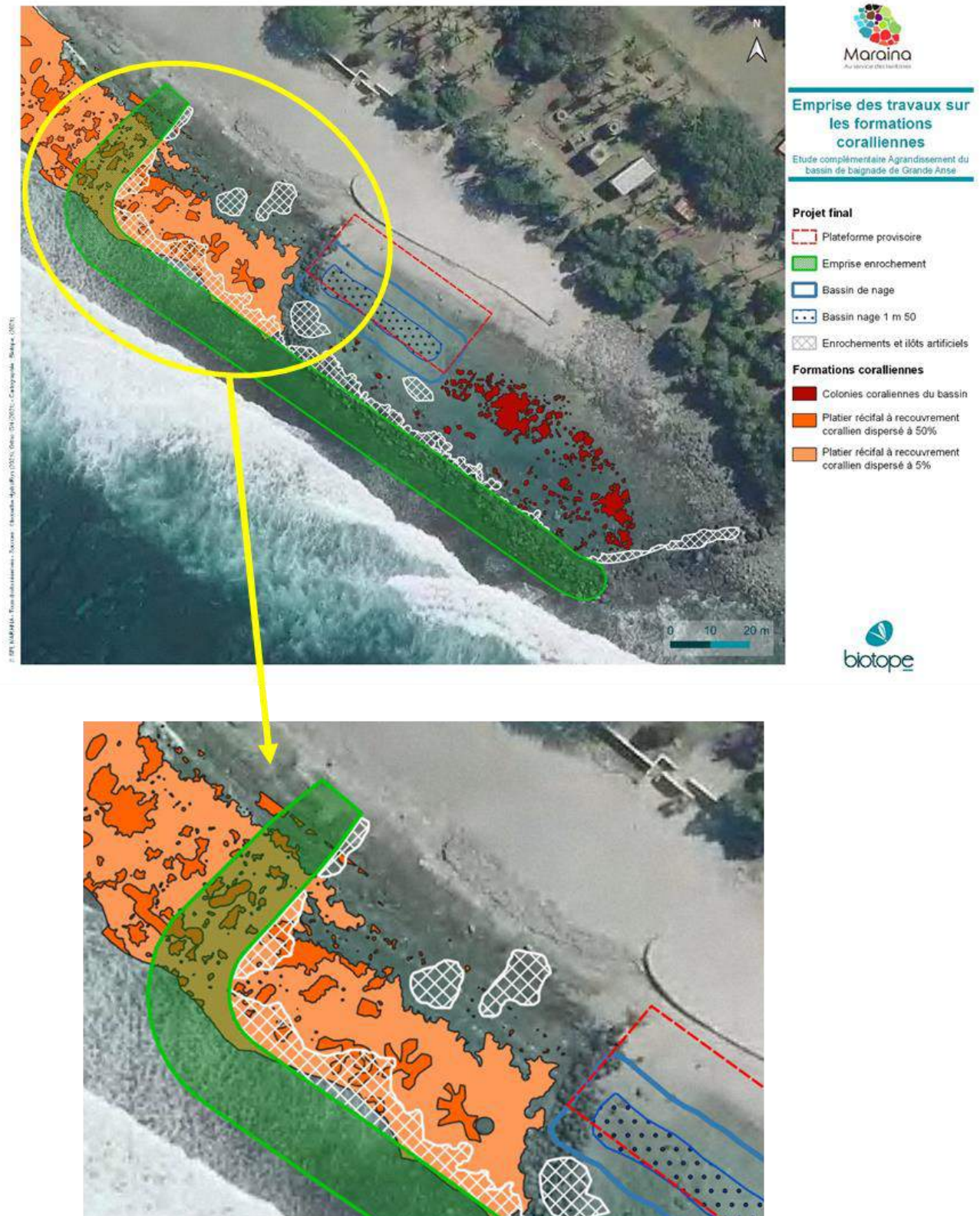


Figure 183 : Carte de localisation des aménagements et impacts sur le platier récifal (avec les enrochements)

Ainsi, le projet conserve les colonies coralliennes existantes dans l'actuel bassin (zone sud-est notamment). De même, le projet d'extension du bassin conserve les colonies présentes au niveau du platier naturel (secteur nord-ouest – se référer à la figure ci-dessus). Au total, il est donc

conservé une surface de 337.5 m² de colonies coralliennes existantes (colonies coralliennes de l'actuel bassin et colonies coralliennes du platier dans la zone d'extension du bassin).

Concernant l'aménagement du bassin, cela se traduira par la mise en place d'enrochements pour une surface de 2246 m², la disposition d'îlots artificiels dans le bassin et d'un bassin de natation. Les surfaces et habitats concernés sont détaillés ci-dessous.

Tableau 50 : Surface des emprises par grands types d'aménagements et habitats marins

Aménagements	Surface emprise (m ²)	Habitats concernés par les emprises des aménagements
Emprise totale des enrochements	2246	- Platier à colonies coralliennes dispersées - Recouvrement corallien inférieur à 5% - Platier à colonies coralliennes dispersées - Recouvrement corallien supérieur à 50% - Enrochements artificiels existants - Grés de plage
Emprise totale des îlots dans le bassin	192	- Sédiments coralliens - Galets de plage
Emprise du bassin de nage	682	- Grés de plage - Galets de plage
Plateforme provisoire (travaux)	864	

Les formations coralliennes vont donc être impactées de manière permanente par destruction à travers la mise en place des enrochements pour l'aménagement de l'extension du bassin.

La mise en place des îlots, du bassin de nage et de la plateforme provisoire (travaux) quant à eux n'engendrent pas d'impacts sur les colonies coralliennes (ni destruction, ni altération) puisqu'ils n'empiéteront pas sur ces formations.

La pose des enrochements va concerner le platier récifal, avec une emprise sur cet habitat (destruction). Les surfaces sont évaluées ci-dessous.

Le détail des emprises et effets sur les colonies coralliennes est détaillé ci-après.

Tableau 51 : Surface des emprises des enrochements et estimation des colonies coralliennes impactées par recouvrement

Emprise des enrochements sur le platier (carapace de protection du bassin)	Surface totale d'emprise (m ²)	Surfaces estimées de colonies coralliennes impactées potentiellement par les aménagements (m ²)
Platier récifal à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien inférieur à 5%</i>	1572	79
Platier récifal à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien supérieur à 50%</i>	70	35
Total	1642	114

Ainsi, en emprise directe pour les aménagements du futur bassin, 114 m² de colonies coralliennes seront détruites lors de l'installation des enrochements de protection, soit 1.6 % de la surface

totale du futur bassin (considérant une surface totale de 7000 m² pour le futur bassin et enrochements).

○ Développement de colonies coralliennes dans le futur bassin

A l'instar du bassin actuel, l'extension et l'aménagement du nouveau bassin va aussi créer de nouveaux habitats favorables au développement des colonies coralliennes, avec son cortège d'espèces associées (comme cela avait été observé pour l'actuel bassin). Cela constitue un **impact positif du projet**, considérant un fonctionnement hydrodynamique similaire au bassin actuel. Les habitats favorables pour le développement de la faune fixée correspondent principalement au platier actuel, contenu dans les limites du futur bassin, ce qui va correspondre à une surface de 1026 m² (soit 858 m² de platier à colonies coralliennes dispersées avec un recouvrement corallien inférieur à 5% et 168 m² de platier à colonies coralliennes dispersées avec un recouvrement corallien supérieur à 50%). Cela s'ajoute à la conservation des 338 m² de colonies coralliennes existantes dans l'actuel bassin (secteur sud-est). Enfin, la mise en place d'enrochements et d'îlots artificiels dans le bassin va aussi constituer des habitats favorables pour certaines espèces (poissons et invertébrés), pour une surface de l'ordre de 840 m². **Dans le futur bassin (avec extension), les habitats favorables au développement des peuplements coralliens représentent donc une surface totale de 2 204 m².**

○ Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau

- Durant les travaux, un risque d'altération de la qualité de l'eau existe, en lien avec la diffusion de panaches turbides dans le milieu marin. Toutefois, la nature des travaux prévus semble limiter cette incidence, car il s'agit davantage de réaliser une protection en enrochement avec des matériaux grossiers et/ou de gros calibres. Toutefois, des relargages de matières en suspension ne sont pas à exclure. Cela peut s'observer notamment lors des travaux de dragage, de clapage et de remblaiement pour la construction de l'enrochement de protection et de la plateforme de travail pour la fosse de natation, et de déroctage dans le bassin. L'augmentation de la turbidité peut aussi s'observer au niveau des installations annexes du chantier (pistes, installations de chantiers, zones de stockage...), avec des rejets importants d'apports terrigènes lors des forts épisodes pluvieux.

De manière générale, cette augmentation de la turbidité de la colonne d'eau peut donc affecter le développement de la vie marine (cas des coraux, affectés au niveau des processus de photosynthèse). De plus, cela peut aussi entraîner des dépôts sédimentaires sur le fond ou les peuplements benthiques (holothuries, gorgones, coraux mous, ...), participant à la dégradation de ces habitats.

- En phase exploitation, la modification du fonctionnement hydrosédimentaire est susceptible de modifier les propriétés des eaux côtières de la frange littorale rapprochée. La solution retenue a été définie pour favoriser le renouvellement de l'eau dans le bassin (crête de l'enrochement à +1.1m NGR, et seulement 0.8m NGR sur le tronçon en retour).

○ Dérangement sonore des cétacés lors des travaux

La sensibilité et la vulnérabilité acoustique des cétacés est avérée, l'impact du bruit sous-marin a été largement étudié ces dernières années concernant la conservation des mammifères marins (Thomsen & al., 2006, Madsen & al., 2006, MMC, 2007).

Les travaux envisagés concernent certaines activités bruyantes tels que la pose d'enrochement (sorte de clapage localisé) et des opérations de déroctage dans le bassin. Ces travaux peuvent donc possiblement affectés temporairement les cétacés, dont la sensibilité acoustique est avérée. Bien qu'aucune modélisation n'ait été réalisée dans le cadre de ce projet, il convient de prendre

certaines précautions par rapport à la conduite de ces travaux. Les informations ci-dessous sont basées sur la bibliographie et l'expérience acquise notamment dans le cadre du chantier de la Nouvelle Route du Littoral à La Réunion (Biotopie, 2014, en cours). De façon à minimiser les impacts, il est important de prendre en compte les différentes sources de pollution sonore potentiellement perturbatrices pour la faune marine. En effet, les cétacés sont particulièrement sensibles aux émissions sonores qui peuvent entraîner des troubles temporaires ou permanents du système auditif.

□ Caractérisation des bruits introduits par les activités du projet :

Il faut considérer qu'un bruit de fond est déjà présent dans la zone du projet. Celui-ci est notamment induit par le trafic maritime environnant qui reste cependant peu important dans la zone. Le bruit naturel ambiant est aussi à considérer, constitué notamment par les vagues se brisant sur le littoral, dans cette zone soumise à des conditions naturelles battues. Le bruit initial est donc principalement constitué du bruit naturel marin. A cela va donc se rajouter les bruits liés spécifiquement aux travaux d'extension du bassin de baignade. Ces bruits, générés par les différentes techniques mises en œuvre, sont de nature impulsionnelle ou continue. Le cumul des bruits initiaux et des bruits liés au projet forme ainsi une série d'états sonores perturbés.

Dans le cadre de ce projet, différents types d'opérations peuvent être attendues :

- Travaux potentiels de régularisation du fond en pied d'enrochement et déroctage,
- Déversement de matériaux depuis un engin terrestre pour la construction de la plateforme de travail du déroctage de la fosse de baignade et la construction de l'enrochement de protection (assimilé à un « clapage de gros matériaux »),
- Le déroctage pour le travail sur la fosse de baignade.
- La création de la canalisation souterraine (forage sous terrain)

Ces différentes opérations peuvent potentiellement engendrer une nuisance sonore individuelle. Elles peuvent également produire une nuisance sonore cumulée dans le cas d'une concomitance de plusieurs ateliers dans une même zone géographique (exemple : simultanéité d'un dragage et d'un clapage dans une même zone).

□ Caractérisation des sources de bruit

Chaque technique présente un mode opératoire dédié (technique, niveaux de bruit introduit dans le milieu marin, durée, etc.). Ces spécificités sont à prendre en compte dans l'évaluation de la pollution sonore. Il est important de réaliser que les hypothèses des niveaux de bruit émis utilisées dans le cadre de cette étude sont issues de la littérature disponible et des retours d'expériences actualisés. Les modélisations présentées ci-dessous sont présentées à titre indicative, et sont issues des modélisations réalisées dans le cadre de projets d'aménagement⁶ s'inscrivant dans un contexte donné (profondeur, substrat...).

Pour ce projet, considérant les travaux potentiellement bruyants pour la mégafaune marine, il apparaît uniquement le déroctage, qui sera réalisé par BRH avec des engins postés sur la côte.

• Bruit généré lors du déroctage (butée de pied)

Dans le cadre de ce projet, il est prévu des travaux de type déroctage, devant se faire pour proposer un bassin de baignade offrant des profondeurs adéquates à la baignade mais également pour la création de la butée pour l'enrochement. Ces travaux peuvent notamment se

⁶ Cas de modélisations acoustiques réalisées pour les travaux pressentis pour les projets de Nouvelle Entrée Ouest (NEO) et de la Nouvelle Route du Littoral à La Réunion (Biotopie-Quiet Oceans, 2012 & Biotopie-Quiet Oceans, 2017).

faire par l'intermédiaire d'un brise-roche hydraulique. Des mesures acoustiques ont déjà été réalisées pour ce type d'opérations à La Réunion, notamment pour l'aménagement du bassin de baignade de Boucan-Canot (Quiet-Ocean & Biotopie, Safège, 2016). Suivant des mesures environnementales associées, un suivi visuel et acoustique a été réalisé durant ces opérations, permettant notamment de veiller aux respects des seuils réglementaires⁷ autorisés, de façon à préserver les conditions propices au développement des mammifères marins dans la zone d'influence du projet. Le bruit SEL médian (50% du temps) en phase de déroctage (hors source perturbatrice autour de l'hydrophone) est de 123.9 dB réf. 1µPa²s et est de 124.0 réf. 1µPa²s en dehors des phases de travaux. Ces niveaux sont donc très similaires en intensité (Quiet-Ocean & Biotopie, 2016). Les niveaux sonores maximaux n'ont jamais dépassé les seuils pour les SEL et SPL durant ces travaux. En outre, sur la base des connaissances et retours d'expérience des suivis des chantiers maritimes dans la zone (ex. cas de la Nouvelle Route du Littoral), il ressort que les seuils acoustiques réglementaires ne sont pas atteints pour les opérations de BRH à 750m, avec rideaux à bulles (cette mesure permet globalement un gain de 10 dB sur le SEL et 20 dB sur le SPL – Nortekmed, 2018). De manière générale, le BRH reste globalement peu impactant sur les mammifères, avec des seuils réglementaires SEL/SPL non atteints à 750m, même sans rideaux à bulles. Au regard des travaux prévus (uniquement BRH, et clapage limité sur la carapace en zone côtière), et considérant les espèces présentes (et habitats), un ensemble de mesures seront d'ailleurs proposées pour répondre à cet impact (en lien avec les mesures d'évitement/réduction adaptées, comme préconisées par le "Guide préconisations pour limiter l'impact des bruits sous-marins sur la faune marine" de juin 2020).

- Bruit généré pour la réalisation de la canalisation souterraine

Les travaux de réalisation de la canalisation souterraine peuvent être considérés comme du forage, voire fonçage, dans un substrat basaltique situé au niveau de la plage, puis sur le platier récifal. Les émergences acoustiques de ce type de travaux en milieu marin restent encore peu documentées, d'autant plus en milieu côtier. Les principaux retours d'expérience concernent davantage la pleine mer et le off-shore. Ainsi, pour des activités de forage en milieu off-shore, il apparaît que le niveau acoustique est inférieur au seuil réglementaire SPL de 190 dB re 1 µPa/√Hz @ 1 m. En effet, l'émission acoustique se situe en basse fréquence (< 20 kHz) pour des valeurs SPL comprises entre 145 et 190 dB re 1 µPa/√Hz @ 1 m (CNRS, 2022⁸). Ces valeurs n'engendrent pas de dommages (pertes d'auditions temporaires/permanentes) sur les dauphins (espèces « moyenne fréquence »), que ce soit pour des bruits (travaux) impulsifs ou continus. Les espèces basses fréquence ne sont pas concernées, dans la mesure où les travaux ne seront pas réalisés en saison des baleines à bosse (hiver austral).

⁷ SPL 190 dB dB ref 1µPa / SEL 160 dB ref 1µPa²s

⁸ https://www.cnrs.fr/sites/default/files/page/2022-09/Rapport_complet_impacts_acoustiques_VF.pdf

Activités offshore		Nature	Durée (ms)	SPL (dB (rms) re. 1µPa @ 1m)	Fréquence (kHz)	Maximum d'énergie (kHz)	Directionnalité	
Infrastructures EMR	Construction	Géophysique légère	Imp.	0,1-400	204-222	0,05-5	x	verticale
		Échosondeurs	Imp.	2-10	225-245	20-200	x	verticale
		Marteau hydraulique	Imp.	20-100	192-270	0,02-8	0,1-1	omni
		Vibrofonceur	Cont.	x	190	0,02-2	0,05-1	omni
		Ensoiillage de câbles	Cont.	x	170-190	0,01-20	< 0,2	omni
		Forage	Cont.	x	145-190	0,01-20	< 0,1	omni
	Exploitation	Éolienne posée	Cont.	x	142-151	0,02-20	0,18	omni
		Éolienne flottante	Cont.	x	162	0,02-20	0,025-0,1	omni
		Hydrolienne	Cont.	x	118-166	0,02-20	0,02-0,1	omni
		Système houlomoteur	Cont.	x	120-180	0,02-20	0,125-0,250	omni
Maintenance	Voir trafic maritime							
Démantèlement	Explosif ?	Imp.	0,001-0,01	272-304	0,002-1	0,006-0,02	omni	
Autres activités	Sismique		Imp.	10-20	240-260	0,05-10	0,05-0,3	verticale
	Sonars militaires BF		Imp.	2	235	0,1-0,5	0,2-0,5	horizontale
	Sonars militaires MF		Imp.	1000-2000	230-235	1-8	1-8	horizontale
	Gros navires		Cont.	x	175-195	0,02-20	0,02-1	omni
	Petites embarcations		Cont.	x	130-150	0,008-20	0,008-5	omni

Tableau 1 Synthèse des niveaux sonores des projets d'énergie marine renouvelable et comparaison avec les niveaux sonores d'autres activités sonores sous-marines. (Imp. : impulsionnelle ; Cont. : continue).

Figure 184 : Synthèse des émissions acoustique des différents types de travaux marins (CNRS, 2022)

Cette émergence sonore doit aussi considérer le contexte géologique de diffusion des ondes dans le substrat. Ainsi, des pertes par amortissement peuvent venir s'ajouter aux pertes géométriques et dépendent des propriétés physico-chimiques du milieu de propagation. Ces pertes résultent en partie du frottement visqueux, qui convertit une partie de l'énergie acoustique en chaleur, et de la diffusion (dispersion de l'énergie par les hétérogénéités rencontrées dans le milieu) (CNRS, 2022). Dans le cas du projet, une perte énergétique (acoustique) est donc probable lors de la diffusion des ondes acoustiques dans le basalte sous le bassin, puis la diffusion des ondes acoustiques dans la colonne d'eau (dispersion par hétérogénéité du milieu). Ainsi, l'émission acoustique des forages devrait être inférieure aux seuils de référence SEL/SPL.

□ Caractérisation des risques sonores du projets

Il s'agit de caractériser les risques lié au bruit vis-à-vis de la faune marine, en particulier les mammifères marins (et potentiellement les poissons et les tortues marines). A ce jour, la quantification pour les invertébrés n'est pas possible par méconnaissance des seuils de sensibilité.

Cette caractérisation s'appuie sur le calcul des empreintes sonores du projet pour différents types d'opérations (déroctage, dragage, clapage, ...) ainsi que sur la connaissance de seuils de sensibilité acoustique pour les différentes catégories de mammifères marins : cétacés « basses fréquences » (cas de la Baleine à bosse), cétacés « moyennes fréquences » (cas des dauphins côtiers) et cétacés « hautes fréquences ». Les cétacés hautes fréquences ne sont pas concernés

dans le cadre de ce projet. Les cétacés basses fréquences peuvent très occasionnellement l'être en hiver austral.

Tableau 52: Sensibilité acoustique des cétacés (SEL-SPL). D'après Ministère de la transition écologique et solidaire, 2020 et National Marine Fisheries Service, 2018. NC : non connu à ce jour

Types d'espèces	Gamme de fréquences de perception	Bruits impulsifs exprimés en niveau d'exposition sonore (SEL : Unité dB réf. 1µPa²s)			Bruits continus exprimés en Niveau de Pression Sonore (SPL : Unité dB réf. 1µPa)		
		Seuil de réaction	Seuil de dommage temporaire	Seuil de dommage permanent	Seuil de réaction	Seuil de dommage temporaire	Seuil de dommage permanent
Cétacés « hautes fréquences » [Baleine à bec]	< 80 kHz	NC	140	155	NC	196	202
Cétacés « moyennes fréquences » [Dauphins côtiers]	150Hz-160kHz	NC	170	185	NC	224	230
Cétacés « basses fréquences » [Baleine à bosse]	7Hz-22kHz	NC	168	183	NC	213	219

□ Effets du bruit sur les cétacés

Les cétacés présentent une physiologie et un comportement particulièrement dépendants de l'acoustique sous-marine, puisqu'ils utilisent le son dans tous les aspects de leur vie : reproduction, alimentation (chasse...), déplacements, communication ou orientation. En milieu marin, la vue n'est utile que jusqu'à quelques dizaines de mètres alors que le son peut se propager sur des centaines voire des milliers de kilomètres. Les mysticètes (baleines) en particulier peuvent ainsi communiquer entre eux alors que les individus sont séparés de plusieurs centaines de kilomètres.

Les effets induits par les bruits sous-marins sur les cétacés sont généralement classés en 4 catégories :

- ▶ Le dérangement ou changement de comportement, pouvant induire un évitement de la zone malgré son intérêt écologique pour l'individu ou l'espèce, l'affaiblissement par la surconsommation d'énergie consacré à un déplacement relativement long, en particulier pour les jeunes, etc. ;
- ▶ Le masquage des informations de l'environnement qui peut empêcher l'accomplissement de fonctions vitales, telles que la chasse ou la socialisation ;
- ▶ La perte temporaire d'audition (Temporary Threshold Shift ou TTS) pouvant empêcher temporairement l'accomplissement de fonctions vitales telles que la chasse ou la socialisation ;
- ▶ La perte permanente d'audition (Permanent Threshold Shift ou PTS). De très fortes expositions peuvent affecter d'autres organes et causer la mort de l'animal.

Ces réponses comportementales témoignent d'un effet immédiat du bruit sous-marin lié à l'exposition aux bruits, mais elles peuvent être à l'origine de conséquences à plus long terme pour l'individu ou la population. Pour tous les niveaux d'effet, l'impossibilité d'accéder à une zone fonctionnelle comme une zone d'alimentation ou de reproduction peut affecter les réserves énergétiques d'un animal et par conséquent sa survie ou sa fertilité.

L'évaluation des conséquences du dérangement acoustique pour les populations de mammifères marins représente un enjeu de recherche important et complexe. Harwood *et al.*, 2014 ont développé un modèle (*Interim Population Consequences of Disturbance*, IPCoD) permettant de quantifier l'impact démographique d'un chantier éolien à long terme.

On peut distinguer deux principales sources d'interrogations concernant les impacts physiologiques et comportementaux des émissions sonores sur les individus et les populations :

- ▷ L'impact à court terme d'émissions de forte intensité (par exemple les travaux en mer);
- ▷ L'impact à long terme d'émission de plus faible intensité (par exemple le fonctionnement d'une éolienne).

Même si à l'heure actuelle les conséquences biologiques de l'augmentation des émissions sonores sont encore peu connues, plusieurs études suggèrent qu'elles peuvent affecter les mammifères marins, notamment par des processus de masquage acoustique, réduisant le rayon de perception acoustique de l'environnement (Richardson *et al.*, 1995).

Au regard des travaux visés, les risques vis-à-vis des mammifères marins existent. Il s'agira donc de définir les modalités adaptées pour les travaux, permettant de limiter les incidences sur ces espèces (visant particulièrement le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique et la Baleine à bosse).

○ Risques de pollutions du milieu marin

- Lors des travaux pour la construction du projet, des risques de pollution du milieu marin existent, et peuvent affecter la faune et la flore marine, que ce soient les peuplements benthiques et ichtyologiques ou la mégafaune marine (cétacés et tortues marines). Ce type de pollution se traduit sous la forme d'une diffusion accidentelle d'hydrocarbures (ou tout autre rejet polluant, cas de la laitance de béton par exemple) ou par le rejet de déchets dans le milieu marin (débris plastiques, cartonnés ...).

La pollution par les hydrocarbures peut donc affecter l'ensemble de la vie marine, créant des dommages physiologiques si celle-ci est importante et récurrente. Dans le cas des chantiers, des dispositifs d'assainissement sont mis en place, et doivent permettre de traiter cette pollution diffuse et chronique, au niveau du milieu terrestre. En mer, le cas de fuites des bateaux peut aussi exister, bien que ce risque soit limité. De manière générale, ce risque de pollution accidentelle est à prendre en compte dans le déroulement du chantier.

Les déchets solides, communément appelés micro et macro-déchets, constituent une source de pollution importante à l'échelle mondiale, entraînant de nombreuses incidences négatives. De manière générale, ces déchets sont constitués de 40 à 80 % de débris plastiques, se dégradant difficilement dans le milieu marin. Dans le cadre des chantiers, ces déchets sont principalement constitués d'emballages et sacs plastiques ou cartonnés, sensibles au vent, et pouvant ensuite se retrouver en mer. L'ingestion de ces résidus peut provoquer différents types de dysfonctionnement physiologique (étouffement, occlusion intestinale...), affectant principalement les tortues et les cétacés.

- En phase d'exploitation, le projet est aussi possiblement générateur d'une certaine pollution, notamment liée aux déchets solides produits par les visiteurs et baigneurs sur

le site de Grande Anse, l'aménagement du projet doit offrir la possibilité de limiter les déchets volants (pose de poubelles...), et garantir la propreté du site.

○ Effets sur la fonctionnalité écologique locale

□ Cas des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur

Les formations coralliennes à proximité du projet (platier interne, front récifal et pente externe), et plus largement les peuplements benthiques des substrats durs (avec faune associée) s'inscrivent dans un fonctionnement écologique global, selon une continuité écologique longitudinal et latérale en considérant l'ensemble du complexe récifal, ainsi que les habitats similaires situés à proximité.

- ▷ En phase travaux, le chantier peut localement affecter l'état des peuplements marins (panaches turbides, pollutions accidentelles...). En considérant des travaux maritimes peu étalés dans le temps et de faible envergure, ces incidences devraient toutefois être localisées et limitées.
- ▷ Durant la phase exploitation, au regard de l'emprise maritime du projet et sans modélisation du fonctionnement hydrosédimentaire, il reste difficile d'évaluer les conséquences réelles du projet sur l'état de conservation des peuplements benthiques et ichtyologiques des substrats durs. En se basant sur le bassin actuel, il apparaît que l'ensemble du complexe récifal ne semble pas affecter de manière notable par l'aménagement. Cela ne devrait pas affecter de manière notable la pente récifale externe, dans la mesure où le projet se cantonne au niveau du platier, ne modifiant pas de manière notable le fonctionnement de l'entité globale.

□ Cas de la mégafaune marine

- ▷ Durant les travaux, les travaux maritimes bruyants ou l'altération de la qualité de l'eau (augmentation de la turbidité) peuvent altérer l'habitat de certaines espèces côtières de manière ponctuelle, et créant de ce fait une fragmentation localisée de l'habitat. Cependant, au vu de la nature du projet (faible emprise maritime, courte durée des travaux, type de travaux plutôt terrestre) et d'une empreinte acoustique limitée, il semble que cette fragmentation semble toutefois limitée durant les travaux.
- ▷ Durant la phase exploitation, l'impact semble nul à faible, correspondant à une emprise très littorale au niveau du platier interne.

4.6.2 Mesures d'évitement et de réduction

Rappel de la doctrine nationale relative à la séquence Eviter, Réduire et Compenser les impacts sur le milieu naturel : Dès la phase de conception, le projet doit « s'attacher à éviter les impacts sur l'environnement, y compris au niveau des choix fondamentaux liés au projet (nature du projet, localisation, voire opportunité). Cette phase est essentielle et préalable à toutes les autres actions consistant à minimiser les impacts environnementaux des projets, c'est-à-dire à réduire au maximum ces impacts et en dernier lieu, si besoin, à compenser les impacts résiduels après évitement et réduction. C'est en ce sens et compte tenu de cet ordre que l'on parle de « séquence éviter, réduire, compenser ».

« La séquence « éviter, réduire, compenser » les impacts sur l'environnement concerne l'ensemble des thématiques de l'environnement, et notamment les milieux naturels. Elle s'applique, de manière proportionnée aux enjeux, à tous types de plans, programmes et projets

dans le cadre des procédures administratives de leur autorisation (étude d'impacts ou étude d'incidences thématiques i.e. loi sur l'eau, Natura 2000, espèces protégées, etc.). »

Les mesures d'évitement et de réduction des effets ont ainsi été calibrées pour les habitats, espèces et groupes d'espèces, intégrant l'ensemble des enjeux et/ou sensibilité vis-à-vis du projet.

La stratégie d'atténuation des impacts s'articule ainsi autour de **deux axes forts** :

- Axe 1 : la priorité à l'évitement des enjeux de biodiversité via un important travail de recherche d'optimisation du périmètre d'exploitation, afin de préserver au maximum les communautés biologiques patrimoniales du secteur étudié ;
- Axe 2 : la définition d'un panel de mesures visant à réduire au maximum les impacts écologiques subsistant après cette démarche majeure d'évitement, en tenant compte également des effets indirects vis-à-vis des communautés biologiques évitées mais proches du périmètre optimisé.

En considérant ce projet, sur la base des impacts préalablement identifiés, des mesures d'évitement et de réduction ont été définies :

- ▷ Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins
- ▷ Mesure E02 – Absence de travaux bruyants marins durant la saison des baleines à bosse
- ▷ Mesure R01 – Adaptation des modalités d'éclairage des installations de chantier
- ▷ Mesure R02- Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
- ▷ Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
- ▷ Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux
- ▷ Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier
- ▷ Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)
- ▷ Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet
- ▷ Mesure R08 – Opérations expérimentales de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin
- ▷ Mesure R09 : Définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux)

Enfin, selon cette même démarche ERC, en maximisant les démarches d'évitement et de réduction, il est également proposé des **mesures d'accompagnement**, à savoir :

- ▷ MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation)
- ▷ MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)

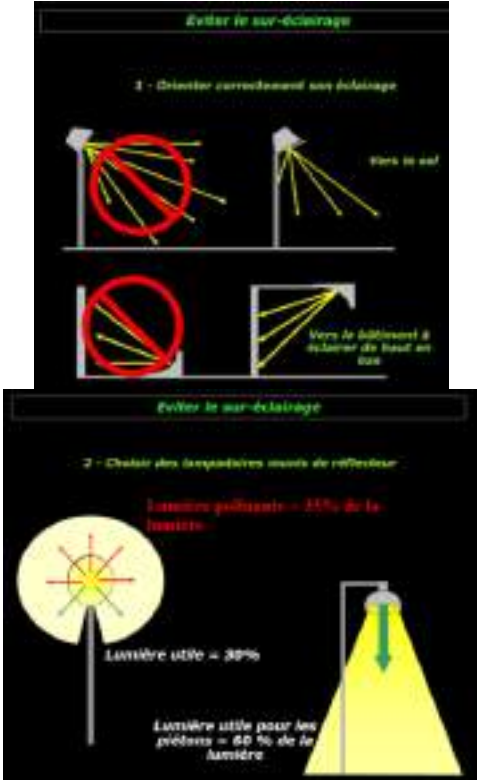
Ces mesures sont détaillées dans les chapitres suivants, sous forme de fiches détaillées

Mesure E01	Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Habitats littoraux terrestres : cas des hauts de plage Habitats coralliens (platier, bassin...) et espèces associées Mégafaune marine
Localisation :	Haut de plage Ensemble du complexe récifal Habitat marin côtier
Objectif(s) :	L'aménagement côtier du projet prévoit donc une extension du bassin au niveau d'une partie du platier interne, avec également la construction d'une protection en enrochement. Cette emprise littorale maritime va donc concerner les communautés récifales, localisées ponctuellement dans le bassin, au niveau également du front récifal et de manière indirecte au niveau de la pente externe. L'évaluation des impacts montre qu'une partie des peuplements benthiques peuvent donc être détruits dans le bassin voire au niveau de la protection en enrochement. Pour limiter cet impact, dans le cadre de la définition du projet, il est donc possible d'intégrer ces enjeux écologiques, de façon à définir un projet permettant de réduire les incidences sur les communautés vivantes. Sur les habitats terrestres littoraux, l'aménagement du local MNS est susceptible d'interférer avec le haut de plage, pouvant dégrader localement les formations à Patate à cochon et Patate à Durand. Il convient donc de considérer ces peuplements, en limitant l'emprise des aménagements sur ces communautés vivantes.
Description	Cette mesure s'est traduite par une réflexion au moment de la définition opérationnelle et technique du projet, préalablement à l'ensemble des procédures réglementaires d'autorisation. La maîtrise d'œuvre, accompagnée des structures d'ingénierie spécialisée, a défini le projet d'aménagement définitif (phase PRO). Dans ce cadre, les enjeux environnementaux ont été complétement considéré dans la définition et conception du projet. Cette mesure s'est ainsi traduite par une optimisation de l'emprise du projet, permettant de limiter la destruction de ces habitats (cas de la localisation de la fosse de baignade et des ilots rocheux, travaux pour la carapace). Une réflexion a spécifiquement été engagée pour <u>identifier les possibilités réalistes pour limiter l'impact lié à l'emprise littorale terrestre et maritime</u>, sur les colonies coralliennes et les habitats de haut de plage. Une réduction de l'emprise du futur bassin a été réduite, en évitant l'extension et destruction de colonies coralliennes de l'actuel platier. L'aire de jeux des petits a aussi été enlevé du projet. Concernant les colonies coralliennes, il a été proposé d'adapter les emprises et modalités de travaux pour éviter les effets sur les zones à enjeux moyens et forts. Ainsi, la définition du projet (carapace de protection, modalités exécutives) a permis la conservation des peuplements coralliens les plus développés et patrimoniaux (« jardin corallien », ensemble de la zone sud-est). Lors des travaux, la définition d'un itinéraire technique adapté devrait permettre de conserver d'autres colonies, et limiter les

Mesure E01	Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins
	incidences des travaux au niveau du front récifal et de la pente externe (cas de la construction de l'enrochement). De manière à limiter toute interaction des travaux avec les colonies coralliennes de forte sensibilité, une délimitation précise des zones sensibles sera aussi faite préalablement aux travaux par le coordinateur environnemental. Dans le cas où des interactions (même indirectes) pouvaient être pressenties, il sera réalisé un accompagnement environnemental renforcé (surveillance en PMT) avec balisage des zones sensibles, permettant de limiter les effets sur les milieux et espèces remarquables. Dans la phase de conception du projet, la définition des modes opératoires de construction va aussi permettre de limiter ces incidences sur le milieu marin, en travaillant notamment sur la définition de travaux et mesures associées, permettant de limiter les impacts sur la zone adjacente à l'emprise. Cette étape est importante, car elle doit notamment aboutir à limiter les panaches turbides dans cette zone marine, ou la limitation des nuisances acoustiques liés aux travaux. Il est à noter que ce nouveau bassin va créer des habitats benthiques favorables au développement de la faune et flore marines (peuplements benthiques et ichtyologiques) au niveau de l'enrochement. Un travail important a été réalisé sur l'optimisation du fonctionnement hydrodynamique du bassin. En effet, les enrochements en partie Est du bassin ont été conservés, permettant de faire circuler l'eau, et la hauteur maximale des enrochements a été abaissée. Cela doit donc permettre une bonne oxygénation et renouvellement de l'eau dans le bassin, favorable au développement des coraux (et espèces associées). Sur le haut de plage, il convient d'identifier et matérialiser les secteurs littoraux bien conservés, et proposer des aménagements intégrant ces formations végétales. Dans le cas où certains secteurs devaient être dégradés, des opérations de bouturage peuvent être envisagées. S'agissant des risques d'échouages des oiseaux marins, il a été convenu d'interdire les travaux de nuit, évitant tout risque pour ces espèces (seul un éclairage des installations de chantier est prévu). Sur les emprises en phases chantier, les emplacements ont déjà été définis, sur des zones ouvertes existantes, évitant toutes les zones naturelles du littoral.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet (+ Mesure de compensation relative à la gestion durable du site naturel)
Planning :	Phase conception du projet (« PRO »), avant les autorisations réglementaires et préalablement aux travaux
Indication sur le coût :	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, bureaux d'étude

Mesure E02	Absence de travaux bruyants durant la saison de présence des baleines à bosse
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : Baleine à bosse
Localisation :	Zone des travaux pour l'extension du bassin Habitat marin côtier
Objectif(s) :	L'aménagement côtier du projet prévoit donc une extension du bassin au niveau d'une partie du platier interne, avec également la construction d'une protection en enrochement et canalisation souterraine. Cela va possiblement engendrer des travaux et émissions sonores dans le milieu marin. Pour éviter tout dérangement des baleines à bosse, il est proscrit tout travaux durant la période de présence de ces mammifères marins à La Réunion.
Description	Tous les travaux maritimes nécessaires à l'extension du bassin maritime (enrochements, canalisation souterraine...) sont proscrits durant la période de présence des baleines à bosse à La Réunion. Cela concernera la période comprise entre juin et novembre.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	■ Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux ■ Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet ■ Mesure R09 : Définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux)
Planning :	Période des travaux maritimes pour l'extension du bassin de baignade
Indication sur le coût :	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, entreprises de travaux, coordinateur environnemental du projet

Mesure R01	Adaptation des modalités d'éclairage des installations de chantier
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Oiseaux marins (pétrels et puffins)
Localisation	Emprise des travaux en lien avec le projet
Objectif(s)	A La Réunion, une problématique existe concernant les risques d'échouage de certains oiseaux marins, dont les flux de déplacement se font en début de soirée ou durant la nuit. Cela concerne particulièrement les puffins (Puffin tropical et Puffin du Pacifique) et les pétrels (Pétrel de Barau et Pétrel noir), lors notamment des envols des jeunes durant certaines périodes sensibles, où des éclairages mal adaptés peuvent entraîner des échouages. Dans le cadre des travaux liés au projet, il convient donc de prendre en considération cette problématique, en adaptant les travaux.
Description	Pour ce projet, au-delà de l'interdiction des travaux nocturnes (cf. ME02), il est prévu uniquement un éclairage adapté minimum pour les installations de chantier. En effet, le pétitionnaire souhaite conserver la possibilité d'un éclairage minimum nocturne au niveau des installations de chantier pour leur sécurisation. Dans ce cas, l'éclairage au niveau de la base de vie sera minimal, avec un nombre de point d'éclairage aussi limité que possible. Les caractéristiques des éclairages sont précisées ci-dessous. Ces dispositifs seront validés par le coordinateur environnemental (conformément aux prescriptions classiques de gestion des éclairages, définies par la SEOR). Ces éclairages pourront se faire selon les modalités suivantes : • Orientation des rayons lumineux vers le sol, • Limitation des hauteurs de sources d'éclairages, • Lumière ne générant aucun ultra-violet, • Lampe à sodium faible intensité ou équivalent en termes de spectre lumineux.

Mesure R01	Adaptation des modalités d'éclairage des installations de chantier
	 Orientation des éclairages (source : SEOR) Une attention particulière sera portée entre décembre et avril, période d'envol des jeunes pétrels et puffins (toute espèce confondue).
Principale(s) mesure(s) associée(s)	Mesure R06 – Coordination environnementale du projet
Planning	Durant les travaux
Indication sur le coût	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, entreprises, coordinateur environnemental et contrôles spécifiques (contrôle extérieur et entreprise)

Mesure R02	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et faune/flore marines
Localisation	Emprise du projet et zone d'influence des travaux
Objectif(s)	Le SDAGE et la Directive Cadre sur l'Eau impose des objectifs de conservation des masses d'eau côtière (référéncée FRMC10 pour ce secteur). A ce titre, au regard des travaux prévus, il ressort la nécessité de définir différentes mesures garantissant la conservation de la qualité de l'eau dans la zone d'influence des travaux. Cela doit donc se traduire par : La maîtrise de la dégradation des eaux côtières par la mise/remise en suspension de sédiments. La maîtrise des pollutions chimiques, notamment dans le cadre des bétonnages en milieu marin. La limitation des effets de conditions météo particulières (fortes pluies et vent) sur la qualité de l'eau en protégeant au maximum le chantier lors de ces événements. Dans le cadre des travaux, il convient de mettre en place un ensemble de mesures permettant la conservation de la qualité de l'eau. Aménager la zone de chantier pour la gestion des rejets dans les eaux côtières Il s'agit de mettre en place l'ensemble des mesures garantissant le rejet d'une eau de bonne qualité : Mise en place des installations de chantier, avec organisation et stockage adapté de l'ensemble du matériel (limitation des ruissellements ou des embâcles...), Stockage des produits polluants sur une aire dédiée et protégée, Stationnement adapté et entretien régulier de l'ensemble des engins (avec assainissement/rétention des rejets lors du lavage des véhicules...). Limitier les risques de pollution accidentelle Un ensemble de mesures est à mettre en place pour la gestion de ce risque :
Description	Définition d'un plan d'intervention pour la gestion des pollutions accidentelles terrestres et marines, Définition et sécurisation des zones de ravitaillement et entretien des engins et matériel de chantier (zone imperméable, dispositifs de rétention et assainissement, kit anti-pollution...), Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants. Limitier les rejets directs de certaines opérations dans le milieu marin Pour limiter les pollutions chroniques ou non des eaux en phase travaux, différents dispositifs sont à mettre en place, comme : L'assainissement des installations de chantier et des bases de vie, L'assainissement des emprises terrestres du chantier, L'interdiction des rejets pour les opérations de bétonnage. La protection contre de possibles pollutions associées au cheminement des engins de chantier au contact direct du plan d'eau et des opérations de mise en œuvre de la fosse de fonçage (dispositif de rétention et suivi de la qualité de l'eau pour cette dernière).

Mesure R02	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
	<u>L'utilisation d'un rideau anti-MES peut aussi être utilisé au niveau des zones jugées sensibles et lors des travaux en mer.</u> Cela pourra être disposé lors de la construction de l'enrochement et de la fosse de natation. Il sera disposé entre la fosse de natation et l'actuel « jardin de corail » (zone Est du bassin), avec conservation de l'actuel enrochement dans la partie Ouest, le temps de creuser la fosse de natation. Une représentation de principe est faite sur la carte ci-dessous. Le mode opératoire sera à clarifier par l'entreprise en charge des travaux sous contrôle du coordinateur environnementale qui s'assurera de la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction. Ce rideau sera disposé en limite de la plateforme de travail, ce qui va créer une barrière physique limitant la diffusion des MES lors des travaux. Un suivi régulier devra être fait au niveau de ce dispositif, pour veiller à sa bonne tenue et à la conservation de la qualité de l'eau (mesure MR03).  Figure 185: Représentation de principe pour la localisation des barrières anti-MES à disposer lors du creusement de la fosse de natation -linéaire orangé sur la carte- Définir un seuil d'arrêt des travaux sensibles dans le cas du dépassement d'une certaine concentration de matière en suspension dans le milieu marin Dans le cadre des travaux jugés sensibles (risque avéré de relargage MES), un seuil réglementaire est proposé concernant la concentration maximale autorisée pour les matières en suspension à proximité des travaux (concentration de MES en mg/L). Cela doit ainsi limiter la diffusion chronique de panaches turbides et éviter l'hypersédimentation dans le milieu marin. Différents seuils sont proposés pour cadrer les effets des travaux sur la qualité de l'eau (turbidité) et les écosystèmes coralliens : Seuil d'alerte de 15 NTU et 30 mg/L MES, Seuil d'arrêt pour une turbidité de 20 NTU (ou seuil d'alerte dépassé pendant deux jours consécutifs) et 40 mg/L MES.

Mesure R02	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
	Il n'est pas défini de seuil de vigilance au regard de la nature des travaux en mer prévus pour ce marché. Enfin, les conditions météorologiques de la zone des travaux seront à prendre en compte dans la tenue des travaux et analyses associées, dans la mesure où les pluies pourront aussi causer de variations notables des concentrations en MES et turbidité. Enfin, il est rappelé que cette mesure est en lien direct avec le suivi de la qualité de l'eau durant les travaux (MR02). Dans le cas où ce suivi indique un dépassement des seuils réglementaires, il convient d'adapter les travaux pour limiter ce type de pollution. Définir un fonctionnement optimal du bassin Lors de l'exploitation et du fonctionnement du bassin, il est important de veiller à l'oxygénation du bassin et de renouvellement de l'eau de mer. En effet, pour permettre le développement de la vie marine dans ce bassin, un échange avec le milieu marin doit être garanti. Le présent projet a d'ailleurs été adapté en ce sens, en abaissant les hauteurs de la protection en enrochement pour veiller à un renouvellement de l'eau dans le bassin, et offrir les meilleures conditions pour le développement de la faune et flore marines (de type récifal). A ce stade, il reste cependant difficile de prévoir les effets de la modification du bassin sur les communautés coralliennes.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R07 – Coordination environnementale du projet Mesure MA02 – Suivi des biocénoses marines
Planning	Durant les travaux
Indication sur le coût	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, entreprises, coordinateur environnemental et contrôles spécifiques (contrôle extérieur et entreprise)

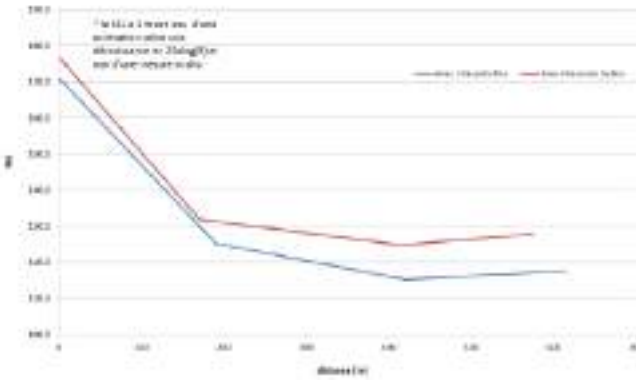
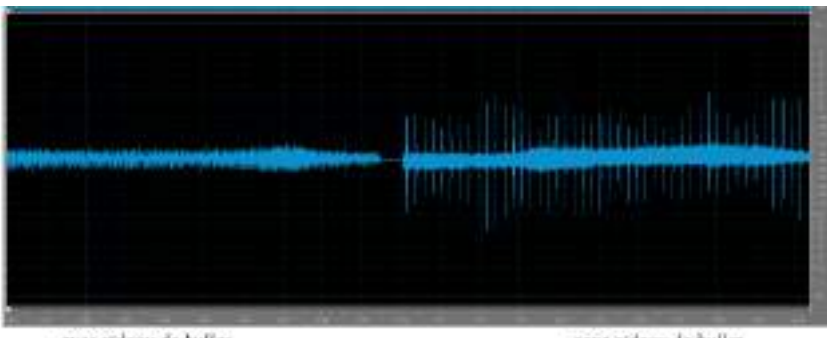
Mesure R03	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble de la faune et flore marine : peuplements benthiques et ichthyologiques, tortues marines et mammifères marins
Localisation	Dans la zone d'influence des travaux, sans intégrer de modélisation hydrosédimentaire précise, ce suivi concerne le bassin et possiblement la zone côtière propice à la diffusion des panaches turbides dans le cadre des travaux du projet.
Objectif(s)	En considérant les travaux prévus pour le projet, un suivi régulier et renforcé de la qualité de l'eau est à mener, sous la responsabilité de la Maîtrise d'œuvre et des Entreprises. Ce contrôle environnemental doit participer à la veille pour le maintien de l'environnement marin dans un bon état.
Description	Ce contrôle environnemental doit donc permettre de suivre l'état du milieu marin, au travers de la réalisation d'un suivi hydrologique. Celui-ci porte sur un suivi de différents paramètres de la colonne d'eau et des sédiments, par l'intermédiaire de mesures réalisées de façon régulière ou lors de travaux spécifiques. De façon à caractériser de manière pertinente l'état de la colonne d'eau et des sédiments, <u>différents paramètres doivent donc être étudiés durant les travaux maritimes jugés sensibles pour les communautés vivantes</u> (cas du clapage, dragage maritime) : • Suivi de la matière en suspension et turbidité, par prélèvement d'eau (sub-surface et fond, ou profondeur à définir suivant bathymétrie et nature des travaux), • Suivi physico-chimique des eaux côtières, par prélèvement d'eau ou sonde : T°C, salinité, pH, DCO et hydrocarbures totaux, <i>Au regard de la nature de la zone d'influence, et l'absence de substrats sédimentaires de manière significative, le suivi sédimentaire n'est pas proposé dans cette mesure.</i> Les <u>méthodes de suivi</u> se déclinent sous 3 formes : • Le prélèvement d'eau à l'aide d'une bouteille Niskin, pour l'ensemble des stations étudiées, avec échantillonnage à différentes profondeurs (50 cm de la surface / profondeur intermédiaire / à 1 m du fond) pour des stations situées sur la pente externe, sinon récolte à l'aide d'une perche de prélèvement dans le bassin et sur le platier, • Le suivi ponctuel de certains paramètres à l'aide d'une sonde multi-paramètres. Les <u>travaux suivis et zone d'étude</u> correspondent aux modalités et paramètres étudiés : Pour les suivis réguliers (MES, turbidité, paramètres physico-chimiques, sédiments), durant les phases de travaux maritimes sensibles, les entreprises de travaux auront la charge de réaliser le suivi in-situ continu de la turbidité sous contrôle d'un coordinateur environnemental. Cela pourra être réalisé par l'intermédiaire de mesure en continue de la turbidité par bouée instrumentée. Ce suivi se fera durant la période sensible des travaux de construction de la carapace de protection du bassin (voir ci-dessous). Pour ce suivi, 2 bouées pourront être disposées, et devront être disposées en considérant les courants et marées, de façon à considérer le déplacement des panaches turbides. Les entreprises devront donc étudiées au préalable ces paramètres, de manière à bien disposer ces bouées (bouées à disposer à proximité du chantier et à 100-200m). Différents seuils sont à définir permettant de bien cadrer les effets des travaux sur la qualité de l'eau (turbidité) et les écosystèmes coralliens : - o Seuil d'alerte de 15 NTU et 30 mg/L MES,

Mesure R03	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
	o Seuil d'arrêt pour une turbidité de 20 NTU (NTU (ou seuil d'alerte dépassé pendant deux jours consécutifs) et 40 mg/L MES. Il n'est pas défini de seuil de vigilance au regard de la nature des travaux en mer prévus pour ce marché. Enfin, les conditions météorologiques de la zone des travaux seront à prendre en compte dans la tenue des travaux et analyses associées, dans la mesure où les pluies pourront aussi causer de variations notables des concentrations en MES et turbidité. • Pour les suivis inopinés ou concernant des travaux spécifiques, des transects s'éloignant du chantier doivent être définis pour évaluer la diffusion des MES dans la colonne d'eau. • Concernant les prélèvements d'eau, différentes profondeurs sont à respecter, conformément aux modes opératoires retenus pour le suivi de la qualité de l'eau (type DCE) : sub-surface, profondeur intermédiaire, fond (+1m). Dans le cadre de certains travaux, pour les prélèvements, la gamme de profondeur est à définir (cas des prélèvements dans le bassin). Pour les <u>fréquences de suivi, durant les travaux maritimes jugés sensibles</u>, les différents contrôles concernent les paramètres : Charge particulière : Matières en suspension (MES) Paramètres physico-chimiques : Température, salinité, pH, Oxygène dissous et hydrocarbures totaux. Ils seront réalisés à la fréquence de suivi suivante : - un état zéro préalablement au début des travaux, sur la base de la méthodologie retenue et validée - un suivi hebdomadaire pour les matières en suspension et turbidité lors des travaux maritimes sensibles (construction de l'enrochement de protection, extension dans le platier). - un suivi mensuel durant les travaux maritimes - un suivi inopiné ou occasionnel pour les opérations génératrices de matières en suspension. - un suivi post-travaux servant d'état de référence en cas de suivi postérieur en phase d'exploitation. La <u>restitution des résultats</u> doit se faire de manière régulière, sous la forme de rapport d'intervention ou d'un accès aux données en temps réel. Cette gestion de la donnée est importante pour permettre de bien évaluer l'état du milieu, en lien avec les travaux. Suivant la typologie des suivis, la nature des rapports est à définir : note hebdomadaire, rapport mensuel, bilan semestriel et annuel. La présentation des résultats des suivis est primordiale, devant notamment permettre de bien mesurer l'état de la colonne d'eau et des sédiments, en lien avec les travaux réalisés pour le projet.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	• Mesure R02 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux • Mesure MR07 - Accompagnement environnemental du projet • Mesure MA01 : Qualité de l'eau
Planning	Durant les travaux (avec état 0 avant travaux)

Mesure R03	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
Indication sur le coût	Coût à définir suivant la nature des travaux maritimes sensibles et leur durée : suivi hebdomadaire ou mensuel suivant la période visée.
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'Ouvrage, maîtrise d'œuvre, suivi réalisé par structure experte (bureau d'étude...)

Mesure R04	Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : mammifères marins et tortues marines
Localisation	Zone d'influence acoustique estimée du projet (2 miles nautiques selon une hypothèse majorante en termes de nuisances acoustiques pour les cétacés)
Objectif(s)	La présence de la mégafaune marine est avérée dans la zone d'influence du projet, constituant un enjeu écologique faible à moyen. Du fait de travaux maritimes, les émissions sonores du chantier peuvent entraîner des incidences sur les mammifères marins, que ce soit physiologiques ou comportementales (sensibilité acoustique accrue de ces espèces). Ainsi, plusieurs mesures, liées entre elles, doivent être prises en compte pour la gestion de la problématique mégafaune marine : • mesures de réduction des émissions sonores marines des travaux bruyants afin de limiter les impacts acoustiques du chantier (impacts physiologiques permanents et temporaires ; impacts comportementaux : désertion de la zone par exemple), • contrôles acoustique et visuel garantissant l'absence des cétacés dans la zone d'influence des travaux. Il est supposé que ce projet ne fera pas appel à des moyens nautiques (pas de travaux prévus par la mer). Dans ce sens, les mesures pour ce projet ne comprennent pas de charte d'approche sur la zone du projet. <i>Pour rappel, sur la base des connaissances et retours d'expérience d'autres projets similaires (cas de chantier maritime de la Nouvelle Route du Littoral), il ressort que les seuils acoustiques réglementaires ne sont pas atteints pour les opérations de BRH à 750m, avec rideaux à bulles (cette mesure permet globalement un gain de 10 dB sur le SEL et 20 dB sur le SPL – Nortekmed, 2018). De manière générale, le déroctage avec BRH reste globalement peu impactant sur les mammifères marins, avec des seuils réglementaires SEL/SPL non atteints à 750m, même sans rideaux à bulles. Au regard des travaux prévus (uniquement BRH, et clapage terrestre limité sur la carapace en zone côtière), avec les espèces présentes (et habitats), il est donc envisagé le déploiement de mesures (modélisations et mesures acoustiques), ce qui limitera les effets des travaux de BRH. Ainsi, les bruits émis seront sous les seuils-limites à 20m/30m pour les cétacés basses fréquences -baleines-, et n'est (presque), et jamais atteint pour les espèces moyennes fréquences (dauphins).</i>
Description	Dans le cadre du projet, certains travaux peuvent potentiellement être sensibles pour les mammifères marins. Cela concerne notamment les opérations de déroctage pour creuser le bassin, voire le dragage et clapage nécessaire à la construction de l'enrochement. Sur cette base, différentes mesures sont nécessaires. A l'instar d'autres projets d'aménagement, cette mesure se traduit par différentes actions, à savoir : 1. Définition d'un plan de gestion du risque, reprenant l'ensemble des actions à mettre en œuvre pour limiter les impacts des travaux sur les cétacés 2. Suivi visuel renforcé 30' avant le début des travaux pour s'assurer de l'absence de cétacés dans une zone à risque de rayon 750m (observation par deux MMO

Mesure R04	Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux
	en point haut). Le début des travaux sera autorisé si l'absence de cétacés est confirmée dans la zone à risque. - Mesure de soft-start lors du démarrage des travaux (démarrage progressif), pour le BRH (cas des butées de pied) ou fonçage (canalisation). Pendant 10', les travaux vont commencer doucement, de manière à émettre un bruit progressif, ce qui permet aux mammifères marins de percevoir ces bruits. - Suivi acoustique marin des travaux, en veillant au respect des seuils SEL/SPL réglementaires (SEL 160dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ / SPL 190 dB re 1 μPa) (mesure avant travaux, suivi sur le 1^{er} jour des travaux sensibles, suivi acoustique bi-hebdomadaire sur la durée des travaux sensibles). Pour rappel, les seuils acoustiques proposés couvrent les niveaux d'exposition sonore n'engendrant pas de pertes d'audition temporaires (TTS), pour des bruits d'origine anthropique de type continue et impulsif. 1) Définition d'un plan de gestion des risques Ce plan de gestion doit permettre de proposer les mesures opérationnelles pour la gestion du risque acoustique engendré par les travaux du projet. Les mesures de gestion du risque vont être définies de manière opérationnelle en intégrant : - Le rayon d'influence acoustique (sur la base d'une modélisation), - Les modalités de réalisation des travaux : typologie, durée et fréquence, engins utilisés, calendriers ... Ce plan de gestion des risques va ainsi définir l'ensemble des mesures adéquates pour éviter ou limiter les nuisances sonores dans le milieu marin, reprenant les 3 axes : - La limitation et la maîtrise du bruit à la source, - Le suivi et le contrôle de l'absence des cétacés dans la zone d'influence, - La limitation des contextes à risques 2) Monitoring renforcé par suivi visuel (mesure de réduction par observations visuelles des cétacés) En complément du monitoring acoustique en temps réel des cétacés, <u>un suivi visuel accompagnera les procédures d'évitement-réduction avant le démarrage des travaux bruyants. Ainsi, 30 à 60 minutes avant le début des travaux, deux observateurs expérimentés (MMO) dans la détection et le suivi des cétacés mènera une surveillance de la zone d'influence avant les travaux.</u> Dans la zone d'étude, cela pourra se faire d'un point haut, comme le Piton Grand Anse par exemple. Avec un système adapté de télécommunication, ils informeront des résultats de ces prospections en temps réel. Cela doit permettre de certifier de la présence/absence d'individu(s) dans la zone d'influence acoustique du projet. En outre, le comportement sera clairement observé, ainsi que la direction du déplacement (en cas d'observation). En cas de détection d'un cétacé, conjointement avec le monitoring acoustique, le démarrage des travaux doit être validé par les observateurs et la maîtrise d'œuvre, selon les étapes de la procédure à suivre (cf. plan de gestion des risques acoustiques). Pour chaque observation de cétacés, l'expert relèvera également les informations issues du suivi focal du groupe (formation, taille du groupe, activité dominante, présence de juvéniles).

Mesure R04	Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux
	3) Définition des moyens pour la réduction des impacts acoustiques des travaux bruyants : mesure soft-start avant le démarrage des travaux Sur la base du plan de gestion des risques, il est proposé de <u>commencer les travaux avec une mesure de réduction des niveaux sonores des travaux maritimes</u>, qui se décline sous la forme d'un ramp-up/soft start. Le soft-start est une mesure proposant un démarrage progressif des travaux maritimes bruyants. Avant d'atteindre la cadence normale des travaux, suivant les ateliers prévus, il est donc possible de démarrer progressivement l'activité, générant un bruit sous-marin. Ces émissions sonores doivent ainsi permettre aux cétacés de prendre connaissance d'un environnement sonore modifié, pour notamment quitter la zone à risque. <u>Chaque période de travail au BRH va débuter ainsi par une période de soft start avec effarouchement, ce qui permettra l'éloignement des mammifères marins. Cela consisterait à réaliser pendant 10 mn des coups ponctuels au BRH toutes les minutes se réduisant à toutes les 30 secondes</u> (protocole validé par la DEAL sur des dossiers similaires) SEL* en fonction de la distance   Figure 186 : Exemple de gain acoustique (graphique et sonogramme) obtenu avec l'utilisation d'un double rideau de bulles lors d'une opération de brise-roche à La Possession dans le cadre du chantier NRL (Nortékméd, 2015)

Mesure R04	Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux
	4) <u>Suivi et contrôle acoustique vis-à-vis des cétacés dans la zone d'influence des travaux</u> Définition d'un seuil réglementaire acoustique limitant le niveau sonore des travaux bruyants Il convient de définir un seuil acoustique réglementaire précisant le niveau sonore maximum autorisé pour les travaux dans une zone donnée. Ce seuil sera exprimé sous 2 formes : le niveau d'exposition sonore (SEL) exprimé en dB ref 1 µPa2s et le niveau de pression sonore (SPL / « peak to peak ») exprimé en dB ref 1µPa. A titre d'exemple, dans le cadre du chantier NRL, sur la base de la réglementation allemande, ce seuil réglementaire est de 160 dB ref 1 µPa2s (SEL) et de 190 dB ref 1µPa (SPL) à 750 m de la source d'émission acoustique des travaux. Pour le projet, il sera inscrit dans l'arrêté d'autorisation des travaux, et devra être respecté lors des travaux maritimes. Monitoring acoustique en temps réel des niveaux sonores des travaux Le contrôle par acoustique passive consiste à s'assurer du respect des niveaux acoustiques retenus pour limiter l'incidences des travaux sur les mammifères marins (niveaux SEL/SPL). Cela sera mis en place par l'intermédiaire d'hydrophones, qualifiant les niveaux de bruits sous-marins (ambiance sonore, niveau acoustique des travaux...), selon une sensibilité et bande-passante adaptée. Une attention particulière sera portée aux travaux identifiés comme les plus bruyants et sensibles, tels que le déroctage, le clapage ou le dragage (typologie des travaux et itinéraire technique à préciser suivant le scénario retenu). Ainsi, un suivi acoustique sera réalisé comprenant : • Une mesure in situ avant travaux ; • Un suivi le 1er jour des travaux ; • Un suivi acoustique 2 fois par semaine durant les périodes de travaux sensibles (BRH, enrochements). La cadence de ces suivis pourra être adaptée au regard des résultats. En fonction des résultats, si besoin, il sera nécessaire d'ajuster le mode opératoire avec des mesures d'atténuation. L'analyse des données recueillies doit être réalisée en temps-réel pour permettre une évaluation immédiate des seuils acoustiques, et veiller au bon respect des niveaux préconisés. - La détection en temps-réel des événements sonores, non seulement biologiques mais aussi anthropiques et naturels ; - L'identification temps-réel des événements sonores biologiques avec les espèces de cétacés afin de confirmer les contacts acoustiques ; - L'estimation temps-réel de la distance des émissions sonores des cétacés à l'hydrophone afin d'évaluer la présence de l'animal dans la zone d'évitement ; - L'estimation temps-réelle des performances de détection des événements sonores des cétacés afin de s'assurer que les capteurs couvrent à minima toute la zone d'évitement. Un rapport de suivi final serait réalisé et les données seraient bancarisées.

Mesure R04	Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux
	➤ <u>Limitation des contextes à risque</u> <i>Réduction des bruits des travaux en adaptant la conception du projet</i> Sur la base des connaissances actuelles, il est possible de définir des modes opératoires ou travaux moins bruyants dans la colonne d'eau. <i>Adaptation du calendrier des travaux en fonction des espèces</i> Les travaux maritimes bruyants (ou jugés sensibles) seront interdits durant période de présence des baleines à bosse en hiver austral, entre les mois de juin et octobre (présence des mères et baleineaux à la côte). Ainsi les travaux les plus sensibles en termes de dérangement pour les mammifères marins seront réalisés entre les mois de novembre et mai (ex. déroctage BRH...). <i>Mise en place d'un plan d'alerte bruit et d'un plan d'échouage des mammifères marins et tortues marines</i> Il s'agit de définir une procédure échouage sur laquelle chaque entreprise de travaux concernée par un volet maritime s'engage à suivre en cas de découverte d'un mammifère marin ou tortue marine échoué (ou à la dérive en mer). Ces procédures reprennent systématiquement le cadre fixé par le REMMAT (Réseau d'Echouage Mammifère Marins et Tortues marines). La production d'une procédure générique « mère » qui fixe le cadre général et organise les différentes étapes postérieures à la découverte de l'animal et les moyens associés (prise en charge de l'animal, autopsie par des vétérinaires agréés, ...). Cette procédure se formalise également par une convention avec le REMMAT.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	- ME02 – Absence de travaux bruyants marins durant la saison de présence des baleines à bosse à La Réunion - MR07 – Accompagnement environnementale du projet - MR09 - Définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins - MA03 – Suivi de la mégafaune dans le cadre du projet
Planning	Mesures mises en place sur la durée du chantier, en particulier durant les travaux maritimes
Indication sur le coût	Coût intégré au projet pour la coordination environnementale Contrôle acoustique évalué à 40 k€
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre (responsable), entreprises et structures spécialisées pour la mise en œuvre de ces mesures, coordinateur environnementale, référent échouage du REMMAT.

Mesure R05	Gestion optimale des déchets durant le chantier
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et espèces du littoral terrestre et marin : plages, peuplements benthiques, invertébrés marins, poissons, tortues marines et mammifères marins.
Localisation	Zone d'influence élargie du projet (pour l'ensemble des thématiques environnementales propres au projet)
Objectif(s)	Dans le milieu marin (en particulier), les déchets constituent une cause de pollution importante, en particulier les déchets plastiques. Ces derniers présentent un taux de dégradation assez long, et peuvent causer de graves dysfonctionnement ou lésions pour certaines espèces marines (cas des tortues et mammifères marins). Il convient donc de considérer leur gestion dans la tenue du chantier, que ce soit pour le milieu terrestre et marin.
Description	Durant les travaux, les entreprises attributaires des travaux sont responsables du tri et de l'évacuation des déchets et emballages générés par le chantier. Les entreprises devront notamment s'engager à : - organiser la collecte et le tri des déchets et emballages, en fonction de leur nature et de leur toxicité, - conditionner hermétiquement leurs déchets pour éviter leur envol lors de leur transport, - définir une aire provisoire de stockage quotidien des déchets générés par le chantier en vue de faciliter leur enlèvement ultérieur selon les filières appropriées, - prendre les dispositions nécessaires contre l'envol des déchets et emballages sur le chantier, - pour tous les déchets industriels spécifiques, l'entreprise établira ou fera établir un bordereau de suivi permettant notamment d'identifier le producteur des déchets (en l'occurrence le porteur du projet), le collecteur-transporteur et le destinataire, ceci concerne également les terres présentes sur le site si elles devaient être amenées à être évacuées. Le chantier sera nettoyé hebdomadairement afin d'éviter dispersion de poussières et de déchets. Les déchets issus de la démolition seront triés et, selon leur nature, évacués vers les centres adaptés ou réutilisés en remblais. Une attention particulière est à porter aux déchets volants (plastique, carton...), car ceux-ci peuvent engendrer des incidences notables sur la mégafaune marine (occlusion intestinale, étouffement, ...).
Principale(s) mesure(s) associée(s)	MR07 – Accompagnement environnemental du chantier

Mesure R05	Gestion optimale des déchets durant le chantier
Planning	Durant les travaux
Indication sur le coût	Coût intégré à la gestion des travaux par les entreprises (+ maîtrise d'œuvre et accompagnement environnemental) et dans la conception du projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage (responsable) et structure compétence pour l'accompagnement environnemental

Mesure R06	Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et espèces (milieu terrestre et marin)
Localisation	Zone d'influence élargie du projet (pour l'ensemble des thématiques environnementales propres au projet)
Objectif(s)	Ce projet doit donc proposer une gestion environnementale permettant de conserver l'ensemble des caractéristiques physiques et biologiques favorables au milieu. Ainsi, il convient de mettre en place l'ensemble des mesures environnementales propices à la conservation du patrimoine biologique.
Description	Cette mesure comprend l'ensemble des dispositifs et aménagements permettant une gestion environnementale optimisée du projet lors de son exploitation. Concernant le projet, cela concerne principalement la gestion des eaux et des déchets. Pour la <u>gestion des eaux pluviales</u>, cela se traduit par la mise en place de systèmes d'assainissement des eaux rejetées dans l'océan, à savoir les eaux pluviales. Ainsi, le projet va mettre en place des systèmes optimaux d'assainissement adapté au niveau du local MNS, au niveau de la Petite ravine. Un rejet ou puisard est également prévu pour le déversement des trop-pleins pluviaux. Un entretien est prévu au niveau d'un filtre pour permettre l'écoulement, et la gestion des déchets. Pour la <u>gestion des déchets</u>, l'aménagement du site doit offrir l'ensemble des dispositifs permettant la collecte des déchets volants, devant également être accompagné d'une sensibilisation adaptée et forte dans le contexte difficile de gestion des déchets (rappeler les bons gestes liés à la propreté du site ...). Pour la gestion de la <u>flore exotique envahissante</u> (EEE), il convient de contrôler tout apport et stockage de terre végétale sur la zone du chantier. Au regard du projet, le risque d'invasion reste limité, mais une vigilance est nécessaire. Le <u>renouvellement de l'eau dans le bassin</u> a été prévu avec un abaissement de la hauteur de la protection en enrochement. Il s'agira de veiller au bon fonctionnement de ce renouvellement d'eau (suivi). Dans le cas de l'entretien de la fosse de natation, si un comblement progressif est constaté par les sédiments, il sera nécessaire de définir une procédure adaptée et les travaux associés pour limiter les effets sur le milieu naturel littoral (terrestre et marin). Parmi les préconisations à intégrer dans la réflexion, il est à mettre en place et considérer (à minima) : - Définition d'une procédure et itinéraire technique limitant les effets sur le milieu naturel - Demande des autorisations environnementales - Absence de travaux par mauvaise météo (houle et vent fort) - Dans le cas d'un pompage de sable, les matériaux collectés devront être remis dans le milieu naturel (plage) - Balisage préalable des zones coralliennes sensibles. - Suivi de la qualité de l'eau (turbidité, MES, oxygène dissous, température et

Mesure R06	Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)
	salinité) durant les travaux d'entretien.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	MR07 – Accompagnement environnemental du projet
Planning	Phase exploitation (après les travaux)
Indication sur le coût	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage (responsable) et structure compétence pour l'accompagnement environnemental

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et espèces en lien avec le projet
Localisation	Zone d'influence élargie du projet (pour l'ensemble des thématiques environnementales propres au projet)
Objectif(s)	La définition d'un projet nécessite la prise en compte de l'ensemble des enjeux écologiques et environnementaux. Suivant cette logique, il est donc important de mettre en place un accompagnement environnemental du projet, s'étalant de la conception préalable, au suivi et encadrement du projet, et jusqu'à sa livraison. Cette coordination environnementale garantit ainsi une gestion et un suivi cohérent des composantes environnementales.
Description	<u>L'intégration et la gestion environnementale du projet</u> Préalablement à la réalisation du chantier, le projet doit intégrer l'ensemble des contraintes et sensibilités environnementales. Le maître d'ouvrage, d'œuvre et les entreprises vont définir un projet de façon à proposer une intégration environnementale la plus aboutie. Ce travail se scinde en 4 grandes étapes : - 1/ l'analyse préalable, - 2/ la préparation du chantier, - 3/ la réalisation du chantier, - 4/ la remise en état du site. Pour chacune de ces phases, différents points sont à considérer. <u>1/ L'analyse préalable :</u> - Les informations relatives au chantier, et notamment les obligations contractuelles, - La réglementation applicable sur l'opération - L'état initial du site et les risques liés à l'opération, (patrimoine biologique, les risques naturels...) - La dégradation du milieu (faune et flore, culture, paysage, ...), - La pollution de l'air (émissions de poussières, fumées, ...), - La pollution des eaux, des sols, de la nappe phréatique (fuites d'hydrocarbures, huiles, huiles hydrauliques, boues, fines particules (Matières En Suspension :M.E.S)... - Les nuisances sonores et vibrations (dégradations des habitations ou structures, gêne des riverains, ...),

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
	- Le non-respect en matière d'hygiène et de propreté (salissures, boues...), - La perturbation des écoulements naturels (création de zones humides, rétention, ...), - La perturbation du trafic sur la voirie publique (accidents, projections, gêne des riverains, ...), - La gestion des déchets, - Le cas des pollutions accidentelles durant le chantier, - Les risques pour la santé humaine (émissions de particules fines nocives, accidents...). <u>2/ la préparation du chantier</u> - La détermination des objectifs environnementaux du chantier, - La définition des modes opératoires permettant de diminuer les impacts pendant le chantier, - La réflexion sur les matériaux et énergie consommés ainsi que la logistique du chantier (stockage, transport, maintenance, atelier mécanique...), - La maîtrise des rejets et gestion des déchets de chantier, (bordereau de suivi - simulation de production de déchets - organigramme de gestion et estimation des coûts d'élimination des déchets), - Le plan de gestion des déchets de chantier - La toxicité des rejets de chantier, - Le recyclage et volume des déchets (ratios, tonnage, volume et coût des déchets), - L'évacuation et l'élimination des déchets (coûts avec ou sans tri), - L'utilisation de matériels et engins homologués, en assurant un entretien régulier pendant le chantier. - La définition du plan d'installation de chantier (zones de circulations et de stockage...). <u>3/ la réalisation du chantier</u> - Cadrage, formation et sensibilisation du personnel sur la réglementation, les impacts et les procédures de travail, pour faire évoluer les pratiques et les comportements en matière d'environnement sur un chantier, - Définition d'un plan de communication interne et externe concernant le chantier, à destination du personnel, des riverains et des usagers, et de l'ensemble des partenaires et acteurs de l'opération.

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
	- Mise en œuvre des dispositions prévues et vérification de leur efficacité par des mesures de l'impact du chantier avec un accompagnement réalisé par un référent environnement : suivi de chantier. - Préalablement aux travaux, différents documents sont également à produire : - Le Plan Assurance Environnement (PAE) - Le Schéma d'Organisation et de Suivi de l'Évacuation des Déchets (SOSED). <u>4/ la remise en état du site.</u> - Action de restauration et de remise en état du milieu, - Nettoyage du site... - L'ensemble de cette intégration va être accompagné par un référent environnement, dont les compétences permettront d'insérer au mieux le projet dans son environnement. <u>L'accompagnement et la coordination environnementale du projet</u> Un accompagnement et une coordination environnementale sur l'ensemble du projet est nécessaire avec la nomination d'un référent environnemental qui aura la charge de l'environnement pour ce projet. Cet accompagnement est très important dans le cadre de ce projet car il permet de limiter considérablement les impacts, en particulier pour la faune et la flore. Les récents travaux maritimes menés dans le cadre de projet d'envergure (cas du projet NRL à La Réunion) ont montré que cet accompagnement permettait notamment de mieux définir les modes opératoires pour les travaux, et permettre une meilleure prise en compte des enjeux écologiques Dans le cadre du projet, il est donc nécessaire de définir une mission d'accompagnement et de coordination environnementale du projet, avec la nomination d'un référent environnemental. - Son appui se fera tout au long du projet durant les étapes importantes, à savoir : - En phase PRO avec ajustement du projet en fonction des contraintes environnementales aux côtés des concepteurs techniques du projet, - Durant la rédaction des clauses environnementales des DCE de travaux incluant des dispositifs dédiés de préservation des enjeux naturels et des modalités de mise en œuvre des travaux les plus adaptées possibles aux enjeux, suivi de l'analyse environnementale des offres des candidats, - Un accompagnement environnemental sur le chantier, avec un regard objectif et indépendant sur l'ensemble des problématiques liés à l'environnement. Le référent environnement se doit donc d'intervenir à différents niveaux du projet pour permettre une intégration environnementale optimale (mesures, ajustement des filets, zonage, suivi de mise en œuvre, contrôle et bilans scientifiques ex-post, ...). Concernant plus spécifiquement le suivi de chantier, son rôle est important. il permet de veiller à la bonne réalisation des mesures environnementales proposées en phase travaux. Le référent environnement devra veiller à de nombreux points importants lors des travaux.

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
	<u>Parmi les points d'attention, il veillera au respect des mesures</u> suivant : - Le stockage des déchets sera réalisé dans des sacs/bacs prévus à cet effet, avec une évacuation régulière (pour éviter la prolifération des rats prédateurs de la faune indigène). Ils ne seront pas brûlés mais évacués selon les filières agréées. - Le contrôle des engins de chantier sera réalisé avant intervention : bon entretien, absence de fuites de produits polluants, bon état général des engins. - Il n'y aura pas de ravitaillement en carburant et en lubrifiants, des engins de chantiers sur le site des travaux. - Dans le cas de stockage de produits polluants, ils le seront sur des bacs de rétention étanches munis de toiture. - En cours d'intervention, aucun stockage de matériels et/ou de matériaux ne sera réalisé en milieu naturel. - Les engins, matériels et matériaux de chantier seront évacués du sentier quotidiennement, vers une zone de stockage située en dehors du milieu naturel. - Des équipements nécessaires en cas de départ d'incendie sont prévus, avec interdiction de fumer sur le site ou d'utiliser des réchauds en milieu naturel. - Les engins de chantier (les groupes électrogènes et autres compresseurs) utilisés ne devront présenter aucun risque fort vis-à-vis du risque incendie. - Aucun rejet de substance non naturelle dans le milieu (laitance de béton à décanter et évacuer vers les filières de traitement agréées) ; - Vidange, ravitaillement, nettoyage des engins et du matériel à faire en dehors de la zone des travaux, dans une zone spécialement définie et aménagée ; - Mise en place de collecte et de tri des déchets, avec poubelles et conteneurs, traitement vers des filières agréées de tout type de déchets. - Limitation au strict minimum des emprises de chantier (zone d'intervention) et implantation adaptée des installations de chantier. Pour ce projet, dans le cadre du chantier, <u>deux points seront traités avec vigilance</u> : - L'identification et le balisage des formations coralliennes (enjeux moyens/forts) à conserver dans l'actuel bassin, avec un suivi régulier des zones préservées lors des travaux. - Le balisage des habitats des hauts de plages à conserver lors des travaux, ou à déplacer (par bouturage) le cas échéant. Dans le cadre du chantier, si la présence du Caméléon endormi (<i>Furcifer pardalis</i>) était constatée, il conviendrait de mettre en place une procédure adaptée, en particulier pour le déplacement d'individus dans les zones visés par les travaux. Pour cette espèce protégée, une procédure adaptée existe pour leur déplacement, cela pourra être défini conjointement avec les services de l'Etat compétent (DEAL).

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
	<u>Comité de suivi</u> Dans le cadre du projet, un comité de suivi pourra être mis en place pour garantir la bonne mise en œuvre du projet, en lien avec l'ensemble des composantes environnementales. De plus, ce comité va également s'assurer du bon déroulement des travaux et la mise en place des mesures environnementales.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	Ensemble des mesures environnementales proposées dans le cadre du projet
Planning	Avant et durant les travaux
Indication sur le coût	Coût évalué sur la base de la durée du chantier : 40 000 € sur 12 mois
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre (responsables), structure spécialisée dans la coordination environnementale (bureau d'étude...)

Mesure R08	Opération expérimentale de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Peuplements benthiques et ichtyologiques des habitats coralliens
Localisation	Habitats coralliens du complexe récifal de Grande Anse au niveau du platier interne impacté par les futurs enrochements
Objectif(s)	Situé dans un complexe récifal bien formé, le futur bassin de Grande Anse bénéficie d'un contexte physique et écologique favorable au développement des communautés coralliennes. En considérant les effets des travaux (enrochements) sur les colonies coralliennes, il est proposé une mesure de réduction avec la mise en place d'une opération expérimentale de transplantation corallienne. Cette dernière se base sur les potentialités de développement des communautés coralliennes dans un milieu fermé jugé propice à l'installation puis la croissance de colonies coralliennes (futur bassin de baignade). De plus, ce type de mesure a été réalisé en 2021 à La Réunion dans le cadre du projet de Nouvelle Route du Littoral, montrant de résultats positifs suite à ces transplantations. Ces résultats témoignent de la faisabilité à titre expérimental de cette mesure au moment des travaux d'aménagement pour l'extension de l'actuel bassin.
Description	Cette mesure sera réalisée au moment des travaux d'agrandissement du bassin, conjointement avec la mesure « R07 - Accompagnement environnemental du projet ». Ces opérations de transplantation sont à prévoir avant la mise en place des enrochements sur le platier actuel (zone visée par l'agrandissement du bassin). Les coraux seront prélevés pour être ensuite transplantés à l'intérieur du bassin, dans les zones jugées propices au développement de ces colonies coralliennes (sur un substrat dur, dans un environnement marin jugé stable et propice à ces bouturages). Cette mesure va se décliner en <u>4 grandes étapes</u> : • (i) collecte des colonies, • (ii) le tri et stockage des colonies, • (iii) la préparation des supports, • (iv) la transplantation (ou bouturage). Un suivi sera fait suite à l'opération (cf. mesure de suivi des biocénoses marines). Chaque phase va nécessiter un travail spécifique et une attention particulière. Pour le site visé par cette opération, l'étape sensible sera la collecte des colonies, dans la mesure où le platier est soumis à un hydrodynamisme marqué (houle) dans une faible profondeur. Ce travail de collecte ne pourra se faire que dans de bonnes conditions météorologiques, avec une houle inférieure à 0.5m et un vent faible. Les autres étapes devraient se faire plus facilement, dans la mesure où le milieu récepteur sera protégé. Il conviendra d'assurer des conditions environnementales propices au développement des espèces prélevées.

Mesure R08	Opération expérimentale de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin
Principale(s) mesure(s) associée(s)	- Mesure MR07 - Accompagnement environnemental du projet - MA01 – Suivi des biocénoses marines
Planning	Durant la durée des travaux lors de la pose des enrochements et extension du bassin. Le suivi sera réalisé en phase exploitation (se référer à la mesure de suivi des biocénoses marines)
Indication sur le coût	L'ensemble de ce travail va nécessiter un binôme d'experts, qui pourront travailler en palmes-masque-tuba (sans immersion hyperbare). Le temps de travail est évalué entre 20 et 25 jours, pour un coût d'environ 20 000 € (intégrant la logistique et matériel).
Opérateur(s) partenaire(s)	et Maîtrise d'ouvrage, DMSOI, DEAL, RNMR, opérateurs spécialisés (association, bureau d'études...)

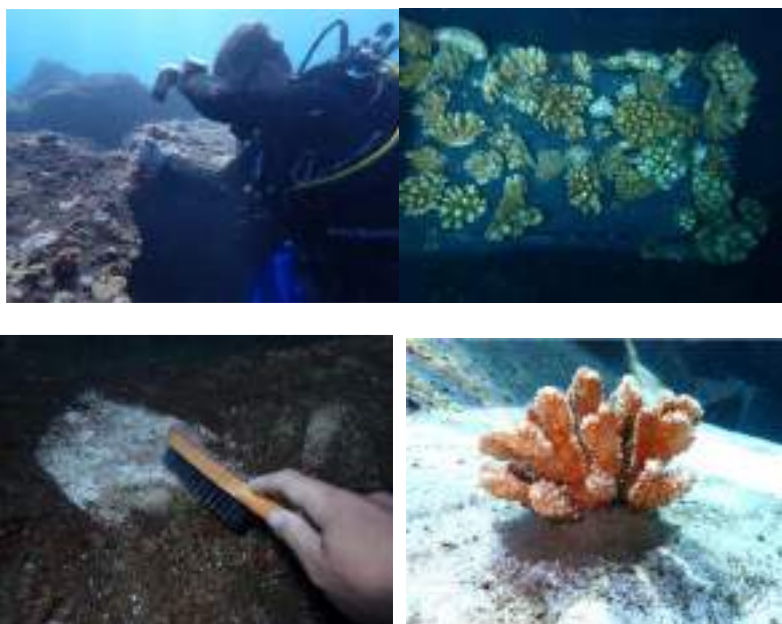


Figure 187 : Illustration de certaines étapes pour la transplantation corallienne (prélèvement, stockage, nettoyage du site récepteur, transplantation/bouturage (© Biotope, 2022)

Mesure R09	Définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux)
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : Baleine à bosse et dauphins côtiers
Localisation :	Zone des travaux pour l'extension du bassin Habitat marin côtier
Objectif(s) :	L'aménagement côtier du projet prévoit donc une extension du bassin au niveau d'une partie du platier interne, avec également la construction d'une protection en enrochement et canalisation souterraine. Cela va possiblement engendrer des travaux et émissions sonores dans le milieu marin. Pour limiter les dérangements des cétacés durant les travaux, il est demandé aux entreprises de proposer les itinéraires techniques et/ou types de travaux les moins bruyants pour les cétacés lors des travaux d'extension du bassin de baignade.
Description	Dans le cadre de la consultation des entreprises, il sera précisé dans les cahiers des charges (DCE) qu'il est attendu des techniques ou modes opératoires les moins bruyants et impactants sur la mégafaune marine. Les entreprises devront donc proposer les solutions techniques les plus adaptées et pertinentes (et mesures associées) pour limiter les incidences acoustiques marines, et le dérangement des cétacés. Ces techniques (travaux) ou modes opératoires devront garantir le respect des seuils acoustiques SEL/SPL, en proposant des travaux qualifiés de « non-bruyants ». Cela concerne principalement les travaux de forage de la canalisation sous le bassin, susceptibles d'engendrer du bruit sous l'eau.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	■ Mesure E02 – Absence de travaux bruyants durant la saison de présence des baleines à bosse ■ Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux ■ Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet
Planning :	Période des travaux maritimes pour l'extension du bassin de baignade
Indication sur le coût :	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage (+AMO) et maîtrise d'œuvre, entreprises de travaux

4.6.3 Mesures d'accompagnement

Mesure A01	Suivi des biocénoses marines
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Peuplements benthiques et ichthyologiques des substrats durs
Localisation :	Habitats coralliens du complexe récifal de Grand Anse
Objectif(s) :	Ce suivi vise à suivre l'évolution des différents habitats marins et de la faune associée dans la zone d'influence des travaux durant le chantier du projet. En effet, suivant la nature des travaux, il convient de veiller à la bonne tenue des opérations permettant ainsi de limiter les dégradations voire la destruction de certaines biocénoses marines (sédimentation accrue, maladies, sur-blanchissement corallien...). Ce suivi va concerner les communautés benthiques et ichthyologiques sur substrats durs.
Description	<u>Suivi des peuplements benthiques et ichthyologiques de substrat dur</u> Ce suivi va porter sur les récifs coralliens, en considérant des stations au niveau de la pente externe et une station dans le bassin (sur les secteurs préservés lors des travaux). Cela devrait permettre de veiller au bon développement des communautés vivantes durant l'ensemble des phases du projet (avant, pendant, après les travaux, et durant l'exploitation). <u>Préalablement au début des travaux</u>, il convient de réaliser <u>un état 0</u> sur la base de la méthodologie retenue et validée. <u>Durant la période des travaux</u>, il est proposé la réalisation d'un <u>suivi semestriel</u>. <u>Lors de l'exploitation</u>, 1 suivi annuel sera réalisé (après livraison du bassin de baignade) <u>sur une durée de 10 ans après les travaux</u>. Les différents paramètres concernés doivent permettre le suivi : des invertébrés fixes (coraux), des invertébrés mobiles et des poissons. Pour les <u>peuplements benthiques fixés</u>, différents paramètres vont ainsi être étudiés : • La biodiversité corallienne, • L'état de santé des formations coralliennes, • Le taux de recouvrement benthique, • La richesse spécifique, l'abondance et la structuration des communautés ichthyologiques présentes Pour les <u>peuplements benthiques mobiles</u>, les holothurides et échinides (groupe des holothuries et oursins) vont être étudiés. Il s'agit notamment d'évaluer l'abondance et la densité, de façon à évaluer des modifications du milieu. Pour les poissons, au même titre que les invertébrés fixés, il est nécessaire de prendre en compte certains paramètres, permettant de dresser l'état du milieu :

Mesure A01	Suivi des biocénoses marines
	- Diversité spécifique, - Densité et abondance, - Répartition des régimes trophiques - Niveau de développement (répartition adultes-juvéniles). Les méthodes retenues pour l'étude de ces différents peuplements doivent répondre à ces attentes. Pour les <u>peuplements benthiques fixes</u>, à l'instar de l'état initial pour ce projet et au vu des typologies d'habitat, la méthode des quadrats semble la plus adaptée avec post traitement sous le logiciel CPCE. Des quadrats fixes (prise de vue fixe ou photogrammétrie des blocs colonisés) peuvent être envisagés pour suivre précisément l'évolution du recouvrement et le développement des colonies. Pour les <u>invertébrés mobiles</u>, des belt-transects pourront ainsi être faits (ex. 3 belt de 5m de long sur 5m de large soit 25m², soit 75m² par station) pour l'étude des oursins, holothuries et autres invertébrés mobiles. L'ensemble des espèces remarquables sera inventorié. Pour les <u>poissons</u>, des points fixes peuvent être réalisés (U.V.C : Underwater Visual Census), sur la base de 4 points par station. Les protocoles de suivi et la planification devront être définis et prendre en compte les conditions maritimes locales (marée, visibilité réduite). Pour une station en pente externe, les protocoles GCRMN restent les plus adaptés. L'interprétation des résultats va ainsi permettre d'évaluer l'état du milieu, avec notamment l'état du substrat (évolution du recouvrement corallien...) et l'état des peuplements faunistiques (diversité spécifique, abondance...). Ces résultats pourront également être comparés aux données récoltées dans le cadre du suivi mené pour la Directive Cadre sur l'Eau. Pour l'ensemble de ces suivis, les résultats doivent aussi alerter sur de possibles dégradations des habitats marins, et orienter les méthodes de travail si cela s'avère nécessaire. La <u>bancarisation des résultats</u> sera réalisée conformément aux attentes réglementaires, avec versement des données collectées dans la base de données de référence (BD Récif). Cette bancarisation sera précisée dans le cahier des charges lors de la consultation des bureaux d'études pour l'ensemble des suivis écologiques prévus en phase travaux puis après la livraison de l'aménagement.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	Mesure MR07 - Accompagnement environnemental du projet
Planning :	Durant la durée des travaux et en phase exploitation
Indication sur le coût :	Coût pour les suivis des biocénoses marines (substrat dur) : 80 000 €

Mesure A01	Suivi des biocénoses marines
	<i>Cela sera réalisé pour un état 0, deux suivis semestriels durant les travaux et 10 suivis annuels durant l'exploitation, intégrant des stations dans le bassin et pente externe, avec la réalisation d'un rapport final à 10 ans et la bancarisation des données.</i>
Opérateur(s) partenaire(s) pressentis	et Maîtrise d'ouvrage (contrôle extérieur), avec structure experte pour la réalisation (bureau d'étude...)

Mesure A02	Suivi de la mégafaune marine
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : tortues marines et mammifères marins
Localisation	Zone d'influence du projet, en considérant un rayon d'environ 2 miles nautiques
Objectif(s)	Ce suivi vise à évaluer l'évolution des populations de cétacés et tortues marines dans la zone d'influence du projet d'extension du bassin, durant les travaux puis après sa livraison. Cela doit ainsi permettre d'évaluer l'état des populations pour la mégafaune marine, et aussi alerter si des évolutions venaient à montrer une dégradation de l'état des populations pendant et après les travaux.
Description	Ce suivi va se décliner sous la forme d'un suivi maritime de la mégafaune marine. <u>Zone d'étude</u> La zone d'étude va concerner la zone d'influence du projet (estimée à 2 miles nautiques en l'absence de travaux bruyants). Si des travaux bruyants sont prévus, cette zone d'influence devra être revue, notamment à l'aide d'une modélisation acoustique. <u>Méthodologie</u> Pour ce type de suivi, différents paramètres vont être pris en compte, permettant ainsi d'acquérir des données comparables dans le temps. Dans le cadre des différentes prospections, il convient donc d'étudier : • L'effort de prospection • La richesse taxonomique, • La fréquence d'observation, • L'abondance relative La méthode retenue consiste donc en la réalisation de transects fixes, devant permettre la détection visuelle des cétacés et tortues marines. Dans le cas d'une observation, une prise de donnée est réalisée, selon un cadre préétabli (espèce, effectifs, direction, comportement...), avec géolocalisation. De plus, une prise de vue photographique est réalisée, devant ainsi participer à la photo-identification des individus. Enfin, tous les 15 minutes, une écoute ponctuelle peut être réalisée à l'aide d'un hydrophone, de façon à caractériser de manière simple l'environnement acoustique et détecter des cétacés éventuellement. Enfin, les conditions d'observation doivent également être retranscrites.

Mesure A02	Suivi de la mégafaune marine
Principale(s) mesure(s) associée(s)	<u>Fréquence et durée des suivi</u> De façon à suivre régulièrement les évolutions des populations de mégafaune marine, au regard du contexte et des enjeux de la zone d'étude, il est proposé la réalisation de 5 campagnes de suivi : état 0, durant les travaux (2) puis en phase d'exploitation (N+1, N+2). La durée des suivis doit permettre une pression d'observation significative, soit 3 h d'observation pour les suivis maritimes. Pour rappel, des suivis visuels seront aussi faits durant les travaux pour les opérations jugées bruyantes, et permettant de contrôler la présence de cétacés (à partir d'un point haut : Piton Grand Anse). <u>Analyse des données et interprétation</u> L'ensemble de ces paramètres devront notamment permettre de mieux évaluer la répartition des individus par espèce et de qualifier les habitats pour chacun des espèces étudiées. Une évaluation des populations pourra être réalisée. La bancarisation des résultats sera également réalisée, avec versement des données au SINP.
	- Mesure R04 – Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine - Mesure R07 - Accompagnement environnemental du projet
	Planning Etat 0 avant les travaux, état 0, travaux (N=2) et en phase d'exploitation (N+1, N+3)
Indication sur le coût	Coût total de 30 000 € pour les 5 suivis en mer, comprenant 3 experts MMO (observateurs cétacés), rapports et bancarisation.
Opérateur(s) et partenaire(s) pressentis	Maîtrise d'ouvrage (contrôle extérieur), avec structure experte pour la réalisation du suivi (bureau d'étude, association...)

4.6.4 Effets résiduels

Les effets du projet sont réévalués à la lumière des différentes mesures d'évitement et de réduction proposées (Tableau 53). Les impacts résiduels de niveau « moyen », ou supérieurs, sont considérés comme « notables » au sens de l'article R122-5 alinéa 7° du code de l'environnement, c'est-à-dire de nature à déclencher une démarche de compensation. Pour rappel, le niveau « moyen » d'impact résiduel correspond à un impact dont la portée est supra-locale.

Pour ce projet, différentes mesures sont donc proposées, elles concernent l'évitement, la réduction et l'accompagnement. Suivant les thématiques et groupes taxonomiques, un travail important en amont a été réalisé pour proposer un projet s'insérant au mieux dans l'environnement naturel terrestre et marin. Une réflexion concertée et partagée a d'ailleurs été menée avec un ensemble d'acteurs et partenaires (DEAL, Commune, SPL Maraina, associations, bureaux d'étude), de façon à proposer un bassin le moins impactant possible, pour conserver les formations coralliennes. Cela concerne notamment :

- L'optimisation de la définition du bassin et des travaux associés, permettant de limiter les impacts sur les habitats et espèces concernés,
- Un suivi et une réduction des émissions sonores des travaux maritimes jugés sensibles (bruyants), et un contrôle régulier du bruit sonore sous-marin, limitant les incidences acoustiques des travaux sous-marins bruyants sur la mégafaune marine.
- Une gestion et un contrôle de la qualité de l'eau, favorable à l'ensemble des habitats, peuplements marins, à la faune et à la flore marine.
- Des opérations expérimentales de transplantation des colonies coralliennes impactées par les travaux
- Un accompagnement environnemental durant l'ensemble du projet (conception, travaux).
- Une sensibilisation et information du public et usagers en phase exploitation.

L'emprise des enrochements sur les colonies coralliennes et la difficulté d'évaluer avec précision les effets du projet sur les colonies coralliennes amènent à constater des impacts résiduels sur ces formations, avec la proposition d'une mesure de compensation : la définition d'un plan de gestion et mise en œuvre d'actions prioritaires en faveur de la biodiversité pour le site littoral de Grande Anse (mesure décrite ci-après).

Tableau 53 : Evaluation des impacts résiduels du projet

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
Habitats, faune et flore terrestres				
Habitats littoraux (et espèces associées)	MOYEN	Perturbations et/ou destructions des habitats et espèces végétales terrestres (cas des communautés végétales des hauts de plage à Patates à Durand et Patates cochon)	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins	FAIBLE
	MOYEN	Développement des espèces végétales exotiques envahissantes	Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet	FAIBLE
Oiseaux marins	MOYEN	Perturbations et/ou destructions d'espèces faunistiques terrestres : cas des risques d'échouages des oiseaux marins	Mesure R01 – Adaptation des modalités d'éclairage du chantier Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet	FAIBLE
Habitats marins et espèces associées				
Peuplement benthique de substrat dur (avec recouvrement corallien localisé)	FORT	Altération, destruction des communautés benthiques et habitats par recouvrement direct au niveau du bassin, du platier interne et du front récifal	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins	FAIBLE <i>Il est à noter la destruction localisée du platier interne, faiblement colonisé par les colonies coralliennes (zone fortement battue).</i> <i>Différentes mesures ont été proposées pour conserver et permettre le développement</i>
		Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i>	Mesure R02 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de	

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact
Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
		Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i> Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i> Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i>	l'eau durant les travaux Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet Mesure R08 – Opération expérimentale de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation)	<i>des colonies coralliennes présentes dans le bassin.</i> Au regard des effets résiduels localisés sur les colonies coralliennes, une mesure de compensation est proposée
TORTUES MARINES				
Tortue verte (Chelonia mydas) Tortue imbriquée (Eretmochelys imbricata)	FAIBLE A FORT	Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i> Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i> Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i>	Mesure R02 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)	FAIBLE <i>L'ensemble des mesures proposées permettent de prendre en compte les enjeux liés aux tortues marines, avec notamment la limitation du dérangement et la dégradation de l'habitats d'alimentation.</i> <i>Concernant la problématique liée à la plage de ponte de Tortue verte (donnée ancienne avérée datant de 1999), une mesure propose une gestion environnementale du site (après travaux), intégrant une sensibilisation et la prise en compte de cet enjeu.</i>

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact
Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
MAMMIFERES MARINS				
Grand dauphin de l'Indo Pacifique (<i>Tursiops aduncus</i>) Baleine à bosse (<i>Megaptera novaeangliae</i>)	MOYEN A FORT	Dérangement sonore des cétacés lors des travaux <i>Ensemble des émissions sonores considérées comme perturbatrices pour la faune (travaux bruyants, trafic maritime...)</i>	<u>La séquence ERC est proposée pour limiter les effets du projet sur les mammifères marins, selon la déclinaison suivante :</u> 1. Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins 2. Mesure E02 – Absence de travaux bruyants marins durant la saison des baleines à bosse 3. Mesure R09 : définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux) 4. Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux 5. Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier 6. Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet 7. MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)	FAIBLE <i>Les différentes mesures proposées permettent de limiter considérablement les incidences sur ces espèces, au travers notamment de la gestion et suivi des nuisances acoustiques (et de la qualité de l'eau).</i>
		Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i>		
		Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i>		
		Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i>		

4.6.5 Mesures de compensation

Ce projet d'extension du bassin de baignade concerne donc un aménagement qui se situe dans le complexe récifal de Grande Anse, en particulier au niveau du platier.

Les effets résiduels du projet se traduisent par une destruction localisée de colonies coralliennes pour une surface de 114 m² (platier récifal recouvert par des enrochements localisés). Les effets peuvent aussi concerner une modification potentielle du fonctionnement du complexe récifal (sans que cela soit confirmé et quantifiable). Dans ce sens, il est proposé une mesure de compensation intégrant l'ensemble du complexe récifal, intégrant également la plage et l'arrière-plage ce qui permet une gestion durable du patrimoine naturel. **Cette compensation va se traduire par l'élaboration d'un plan de gestion et mise en œuvre d'actions prioritaires en faveur de la biodiversité pour le site littoral de Grande Anse.**

Cette mesure est décrite dans la fiche ci-après.

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITÉ POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE
Communautés biologiques visées	▪ Biocénoses marines : formations biologiques sur substrats durs/meubles, principalement le complexe récifal de Grande Anse. ▪ Mammifères marins : espèces côtières, dont la Baleine à bosse (côtière pendant sa période de fréquentation des eaux de La Réunion à savoir l'hiver austral) et le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (espèce côtière sédentaire). ▪ Tortues marines : Tortues vertes et Tortue imbriquées.
Nature des impacts résiduels à compenser	Le projet d'extension du bassin de baignade est concerné par différents types d'aménagements tels que la création d'une protection en enrochements, un bassin de natation et la mise en place d'îlots (enrochements naturels). Les effets du projet vont se traduire par : • [Phase travaux] Une altération, destruction des communautés benthiques et habitats par recouvrement direct : effets directs et permanents lors des travaux (emprise projet) • [Phases travaux & exploitation] Une dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau : effets indirects et temporaires lors des travaux • [Phase travaux] Des risques de pollution accidentelle du milieu : effets indirects et temporaires • [Phases travaux & exploitation] Un impact sur la fonctionnalité écologique locale : effets indirects et temporaires et permanents. Le projet s'inscrit dans un complexe récifal formé de différentes entités écologiques. Les aménagements de ce projet vont ainsi impacter directement le platier récifal, qui se distingue par (i) un platier à colonies coralliennes dispersées avec un recouvrement corallien inférieur à 5%, et (ii) un platier à colonies coralliennes dispersées avec un recouvrement corallien supérieur à 50%. La carte ci-dessous illustre l'emprise du projet sur ces habitats.

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE												
	 Les surfaces concernées par un <u>impact permanent</u> (destruction avec aménagement du bassin) sont rappelées ci-après, à savoir : <table><tr><th>Au sein de l'emprise de l'enrochement</th><th>Surface emprise (m²)</th><th>Surfaces estimées de colonies coralliennes impactées potentiellement par les aménagements (m²)</th></tr><tr><td>Platier à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien inférieur à 5%</i></td><td>1572</td><td>79</td></tr><tr><td>Platier à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien supérieur à 50%</i></td><td>70</td><td>35</td></tr><tr><td>Total</td><td>1642 m²</td><td>114 m²</td></tr></table> Ainsi, en emprise directe pour les aménagements du futur bassin, <u>114 m² de colonies coralliennes</u> seront détruits lors de l'installation de la protection en enrochement. <u>Il est à noter que ce projet conserve les habitats coralliens à enjeux forts situés dans la partie sud-est du bassin. Enfin, un effet positif du futur bassin concerne le développement de colonies coralliennes dans une surface plus importante que le bassin actuel, considérant un fonctionnement hydrodynamique similaire.</u> Au regard de ce projet d'extension du bassin, différentes mesures sont proposées mais elles ne permettent pas d'éviter les effets résiduels (directs/indirects/permanents/temporaires) sur les habitats benthiques coralliens du platier récifal. A ce titre, une compensation écologique est donc proposée consistant à la mise en place d'un plan de gestion à l'échelle du site.	Au sein de l'emprise de l'enrochement	Surface emprise (m²)	Surfaces estimées de colonies coralliennes impactées potentiellement par les aménagements (m²)	Platier à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien inférieur à 5%</i>	1572	79	Platier à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien supérieur à 50%</i>	70	35	Total	1642 m²	114 m²
Au sein de l'emprise de l'enrochement	Surface emprise (m²)	Surfaces estimées de colonies coralliennes impactées potentiellement par les aménagements (m²)											
Platier à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien inférieur à 5%</i>	1572	79											
Platier à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien supérieur à 50%</i>	70	35											
Total	1642 m²	114 m²											
Justification de la mesure (dont	Les effets résiduels du projet montrent une destruction d'environ 114 m² de colonies coralliennes. Cependant, le nouveau bassin conserve les zones naturelles à forts enjeux, et offrira les conditions adéquates au développement de nouvelles colonies coralliennes sur une emprise étendue. <u>De plus, il est proposé une mesure de compensation qui se place dans une logique de gestion durable de ce site naturel exceptionnel de Grande Anse, considérant les composantes terrestres et marines. La zone retenue pour ce site</u>												

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE
additionnalité	naturel va inclure l'arrière-plage, la plage et le complexe récifal (dont le futur bassin). Ainsi, le plan de gestion va permettre de définir un ensemble d'actions (gestion, conservation, éducation, sensibilisation, surveillance, études...), puis la mise en œuvre d'actions prioritaires. Cette mesure vient en complément d'autres actions, dont celles menées par le Conservatoire du littoral (au niveau du Piton Grande Anse) ou par la CIVIS (gestionnaire de la plage). Enfin, suivant les opportunités, il s'agira de déterminer comment pourra s'articuler le devenir de ce site dans le cadre de la Stratégie nationale des aires protégées bien qu'actuellement le site de Grande Anse n'est pas intégrée dans une aire protégée.
Localisation	Cette mesure de plan de gestion concerne le site de Grande Anse, comprenant l'arrière-plage, la plage et le complexe récifal. Ce site naturel couvre une surface évaluée à 18 ha, incluant le futur bassin de baignade. Une zone élargie peut aussi être considérée, comprenant l'ensemble du site, avec Piton Grande Anse et une zone marine plus grande, soit une surface de l'ordre de 45 ha. <i>La concertation avec les acteurs locaux viendra préciser la délimitation de la zone retenue pour cette compensation. Elle pourra se faire en partenariat avec le Conservatoire du Littoral et la CIVIS. La zone retenue pourra aussi inclure le Piton Grande Anse et les propriétés du conservatoire. En mer, l'inclusion du récif sera aussi être considéré, en concertation avec la DMSOI.</i>  The map shows an aerial view of the coastline. A red outline defines the 'Site naturel pour compensation' (Natural site for compensation), which includes the beach and the reef complex. A yellow outline defines the 'Zone élargie pour compensation' (Extended area for compensation), which encompasses the entire site, including Piton Grande Anse and a larger marine area. A legend on the right side of the map identifies these areas and other features like the 'Zone de conservation écologique' (Ecological conservation zone) and 'Projet final' (Final project) areas.
Maître d'ouvrage et acteurs concernés	La commune de Petite-Île s'engage dans la mise en place de cette mesure, avec la définition d'un plan de gestion de ce site naturel, ainsi que la mise en œuvre d'actions prioritaires pour la gestion et le suivi de ce site. Un ensemble d'acteurs sera associé à la démarche, notamment lors de l'élaboration du plan de gestion, tels que : DEAL, DMSOI, Gendarmerie nationale pour l'Etat, Commune de Petite-Ile, CIVIS, Conservatoire du Littoral, les associations (NOI, Vie Océane, SEOR...), l'Université de La Réunion, la Réserve Naturelle Marine de la Réunion, le CRPMEM (pêche maritime) ...

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE
Description	<u>1/ Etape préalable : la définition et validation des limites du site</u> Comme précisé précédemment, les limites du site seront précisées et validées avec l'ensemble des acteurs concernés (Petite-Île, CIVIS, Conservatoire du Littoral, DEAL, DMSOI...). A minima, cette zone va inclure l'arrière-plage, la plage et le platier récifal (incluant le récif). En considérant les intérêts écologiques (habitats et espèces à forts enjeux) et la fonctionnalité écologique, le site pourra être élargi à l'ensemble du complexe récifal (notamment avec la pente externe à sillons) et le Piton Grande Anse. Cela offrira la possibilité de définir une gestion durable de l'ensemble des entités écologiques. <u>2/ Elaboration d'un plan de gestion du site</u> Le plan de gestion pour ce site naturel, constituera le document de référence de la gestion du site étendu de Grande Anse. Il va définir un ensemble d'actions sur une durée de 10 ans, et sera réévalué au terme de cette durée. Ce document de gestion va se composer de différentes parties : • Un état des lieux du site (diagnostic écologique, social et économique), • La définition des enjeux et objectifs de gestion (court-moyen-long termes) • La définition d'un plan d'actions (gestion, communication, études, suivi...). Les différents champs d'application des actions concernent la protection, la connaissance, la communication et les aspects administratifs et réglementaires. Lors de l'élaboration de ce plan de gestion, des groupes de travail seront constitués avec l'ensemble des acteurs locaux afin de définir les actions concrètes et répondre aux besoins et enjeux locaux. <u>3/ Mise en œuvre des actions du plan de gestion</u> Cette mesure de compensation intègre également la mise en œuvre d'<u>actions importantes à mettre en place</u>, parmi lesquels les pistes de mesures suivantes : • Le balisage du site naturel, en particulier la matérialisation des zones sensibles (marines et terrestres), • La gestion de la fréquentation et des accès (stationnement, cheminement sur terre et dans le bassin...), • La surveillance et sécurité, • Les modalités de gestion du site (déchets, entretien de la fosse de natation, sentiers...) • Une valorisation pédagogique à travers la mise en place d'une aire marine éducative, la définition d'un sentier sous-marin, panneaux d'information pédagogique... • Une gestion durable des ressources (pêche). <u>4/ Mise en place d'une équipe et des moyens divers dédiés au site</u> Une équipe d'agents sera dédiée aux différentes missions propres à la gestion, surveillance et suivi du site protégé. Cette équipe sera supervisée par un responsable (mission administrative et communication, basée à la commune de Petite-Île), et constituée de 2 MNS et d'autres personnels associés (via les structures partenaires). Le plan de gestion devra définir le fonctionnement et rôle de l'équipe, tout comme l'articulation des missions pour chacun. <u>Les moyens humains mobilisables</u> seront les suivants : ▪ La commune Petite-Île pour le suivi et animation administrative/financière, en lien avec la gestion du réseau de sites naturels (La Mare, le Vivier, Grande Anse) ▪ La commune Petite-Île: Service technique responsable et en charge de la gestion du site ▪ 2 MNS sur site, avec partage des missions : (i) Surveillance, (ii) Gestion de la fréquentation, (iii) Sensibilisation, soit 0.5 ETP considérés pour des actions de sensibilisation/éducation/gestion fréquentation, ▪ La CIVIS : gestionnaire/responsable de l'arrière-plage

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE
	- La CIVIS avec brigade environnement et Gendarmerie nationale pour la Police de l'Environnement (déchets, bruits... nuisances diverses) et la sécurité Les missions de l'équipe s'inscriront autour de 3 grands axes : - Surveiller et protéger, - Connaître, - Faire connaître. Les missions des agents de ce site seront ainsi les suivantes : - Assurer une sensibilisation des usagers de la mer (bonnes pratiques, richesses écologiques de la zone...), - Assurer une surveillance réglementaire et la protection de la zone (respect de la réglementation), - Communiquer et réaliser des missions pédagogiques, - Participer, coordonner, voire assurer les différents suivis réalisés sur le site (suivi administratif, réglementaire, scientifique...). <u>5/ Suivi du site</u> Différents types de suivi seront réalisés dans le cadre de la gestion durable de ce site naturel : - Un suivi administratif et financier qui consistera en un travail de veille et d'animation, pour s'assurer du bon fonctionnement du site, et la mobilisation de moyens financiers ; - Un suivi scientifique qui permettra de veiller à l'évolution du milieu et accroître les connaissances scientifiques. Ces différentes missions peuvent être assurées en partie par l'équipe locale. Les suivis scientifiques faisant appel à des compétences pointues pourront être externalisés.
Durée et calendrier	La durée de mise en œuvre de cette mesure est de 10 ans, avec une évaluation des actions réalisées et une actualisation du plan de gestion au terme de ces 10 années. <u>1/ Calendrier prévisionnel de réalisation de la mesure</u> ⇒ <u>Année 1 (potentiellement 2024)</u> - Définition et validation des limites du site (en concertation avec les partenaires concernés) ; - Lancement pour l'élaboration du plan de gestion ; - Mise en place des équipes de gestion et balisage du site. ⇒ <u>Année 2</u> - Finalisation du plan de gestion ; - Mise en œuvre des premières actions prioritaires. ⇒ <u>Années 2 à 10</u> - Poursuite de la mise en œuvre des actions prioritaires. ⇒ <u>Année 10</u> - Évaluation du plan de gestion et actions mises en œuvre ; - Actualisation du plan de gestion. <u>2/ Etat d'avancement</u>

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE										
	A ce stade (janvier 2023), il reste à définir et valider le périmètre exact du site naturel bénéficiant du plan de gestion. Les grands principes de ce plan de gestion ont été établis avec la commune de Petite-Île. Il s'agira maintenant de concerter les principaux partenaires identifiés.										
Indicateurs de suivi	Les différents indicateurs de mise en œuvre sont présentés ci-dessous.										
	Indicateurs de suivi	Années									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1- Définition et validation du périmètre du site / <i>Livrable : compte-rendu validé</i>	X									
	2- Lancement et réalisation du plan de gestion / <i>Livrable : CR de réunion de consultation + livrable (plan de gestion)</i>	X	X								
	3- Mise en œuvre des équipes et balisage du site	X	X								
	4- Définition et validation des actions prioritaires à réaliser / <i>Livrable : compte-rendu réunion (avec Etat et ensemble des acteurs impliqués)</i>		X								
	5- Mise en œuvre des actions prioritaires / <i>Livrable : rapport annuel d'activité (actions réalisées)</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	6- Evaluation du plan de gestion et actions mises en œuvre / <i>Livrable : rapport d'évaluation</i>										X
	7- Actualisation du plan de gestion / <i>Livrable : plan de gestion actualisé</i>										X
Estimation financière	Le coût financier est de 30 000€ par an pour la mise en œuvre d'actions du plan de gestion, soit un total de 300 000 € sur 10 années.										

4.7 Environnement humain

4.7.1 Analyse des effets

En phase chantier

Comme tout chantier, il nécessitera l'emploi d'engins de chantier et de matériaux. Au cours des travaux, le site ainsi que le bassin seront inaccessibles au public pour des raisons de sécurité. Une signalisation des zones interdites d'accès sera installée. L'effet des travaux sera temporaire.

En phase d'exploitation

Le projet aura un impact positif car il rendra accessible une zone de baignade surveillée. L'aménagement d'une fosse d'apprentissage pour la natation qui pourra être utilisé pour les scolaires permettra aux plus jeune de se familiariser avec les activités aquatiques, en particulier sur une commune qui ne dispose pas de piscine municipale.

4.7.2 Mesures d'évitement et de réduction

En phase chantier

Aucune mesure n'est nécessaire, la période de travaux étant restreinte.

En phase d'exploitation

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'impact positif du projet.

4.7.3 Effets résiduels

L'impact résiduel est considéré comme négligeable.

4.7.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.8 Paysage

4.8.1 Analyse des effets

En phase chantier

Le projet nécessitera l'installation du chantier et d'une zone de stockage pour les blocs rocheux destinés à la protection en enrochements. Compte tenu de la configuration du site (situation en bord de plage), ces éléments seront installés sur une zone déportée en haut de plage accessible depuis la route pour faciliter leur acheminement.

Cette zone sera située idéalement en bordure de route 200 mètres de la plage et sur le parcours d'arrivée sur le site qui traversera la parcelle de la salle des fêtes.



Figure 188: Zones potentielles d'installation de chantier

Au vu de l'importance des travaux prévus, la durée d'intervention se prolongera sur plusieurs mois.

De plus, les installations fixes (bases vie/travaux) peuvent être présentes pendant la durée totale de l'opération. Dans ce cas, les emprises de chantier ainsi que les différentes installations (bureaux administratifs, zones de stockage de matériaux, centrale béton, etc.) présentent un effet visuel certain sur la zone d'arrière-plage.

La réalisation des travaux nécessitera l'accès et la circulation d'engins sur la plage. Un accès par la plage de galets à l'extrémité sud-est de la plage sera privilégié pour limiter l'impact sur le haut de plage.

Un cheminement sera aussi mis en place dans la zone directe des travaux afin de permettre aux engins de se rendre sur le lieu des interventions à réaliser. Ce cheminement devra permettre le passage d'engin de gros gabarit tels que des pelles mécaniques ou des semi-remorques. Il sera réalisé en réutilisant au maximum les cheminements piétons en basalte déjà existants qui seront préalablement déposés. En tout point de la piste, le sol sera protégé par un géotextile couplé à une bande de roulement cloutée. Afin de la rendre carrossable par les gros engins, des matériaux d'apport seront ajoutés en partie supérieure.



Figure 189: Pistes d'accès aux zones d'intervention

En phase d'exploitation

Le projet aura pour effet d'améliorer l'aspect du paysage :

- Le mur de soutènement du belvédère à l'aspect peu qualitatif sera en partie démolit pour laisser place à un talus végétalisé dans la continuité des hauts de plage attenants au belvédère ;
- Le poste MNS, nouvelle construction sur le site, est prévue pour s'intégrer visuellement dans le paysage de par l'utilisation de matériaux naturels (bois, gabions constitués de basalte) et d'acier Corten qui se retrouveront dans les aménagements prévus dans le cadre de l'aménagement de l'arrière-plage.

Le projet est réalisé avec un architecte urbaniste et un paysagiste afin d'assurer une intégration du projet dans son environnement.

Le poste MNS sera construit avec une ossature légère afin de respecter le principe de réversibilité du projet. Les matériaux choisis pour la conception se retrouvent dans les aménagements de l'arrière-plage afin d'apporter une cohérence globale :

- L'acier Corten qui se retrouvera dans une partie du bardage du bâtiment, les mailles des gabions. Celui-ci a la particularité d'avoir un aspect naturel et sobre qui s'accorde avec le bois et la pierre. L'acier Corten est de couleur brun-orange, une patine lui permet de conserver aspect brut. Il est apprécié pour sa résistance aux conditions climatiques et aux pollutions diverses ainsi que pour son absence totale d'entretien.
- un peu de bois exotique et un habillage en gabions constitués d'une maille en Corten et remplie de pierres issues du recyclage des moellons du belvédère, mélangées avec un peu d'agrégats du site (galets, corail mort).
- Afin de casser la linéarité de la protection en enrochement, des îlots rocheux vont être aménagés dans le bassin. Les blocs rocheux seront de même type que ceux prévus pour l'enrochement afin de rendre le visuel le plus naturel possible.

L'effet du projet sur le paysage est positif.

4.8.2 Mesures d'évitement et de réduction

En phase chantier

- Concernant le stockage des matériaux / engins / bennes de déchets

Les matériaux et engins seront stockés proprement sur des plateformes dédiées à cet effet et dont l'emplacement respectera celui du Plan d'Installation du Chantier (PIC) qui devra être validé par le maître d'œuvre au cours de la période de préparation.

Dès la phase de préparation, des bennes pour le tri des déchets seront installées (conformément au PIC) et les entreprises devront effectuer quotidiennement un nettoyage de leur zone d'intervention afin d'éviter l'accumulation de découpes de matériaux ou de déchets sur l'emprise des travaux.

- Concernant la remise en état du site

A la fin du chantier, les zones d'installations du chantier ainsi que les emprises qui auront été décapées seront remises en état : évacuation des déchets, nettoyage des pistes et accès.

En phase d'exploitation

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'absence d'impact significatif.

4.8.3 Effets résiduels

L'impact résiduel est considéré comme négligeable.

4.8.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.9 Risques

4.9.1 Risques naturels

4.9.1.1 Analyse des effets

En phase chantier

Les travaux prévus n'augmenteront pas le risque inondation, ni le risque de mouvement de terrain.

Les travaux auront lieu dans une zone d'aléa fort submersion marine et recul du trait de côte. Ils ne sont toutefois pas de nature à aggraver le risque et seront temporaires.

En phase d'exploitation

1) Le poste MNS

Le projet imperméabilisera le sol au niveau du poste MNS, l'impact est très faible au vu de la surface concernée (62 m²).

Le poste MNS est situé en zone d'aléa fort de recul du trait de côte et est concerné par un aléa fort à faible submersion marine. Ces risques ont été pris en compte dès la conception du projet. La conception du bâtiment permet d'assurer une transparence hydraulique vis-à-vis de la submersion marine :

-

L'effet du bâtiment sur le risque submersion est considéré comme nul.

En raison des aménagements prévus, le projet aura pour effet l'augmentation de la fréquentation du site. Toutefois, le projet ne prévoit pas la création d'établissement recevant du public. Il s'agit essentiellement d'aménagement en plein air (bassin de baignade) et non utilisable en cas de submersion marine. L'effet sur l'exposition de la population au risque est donc faible.

L'ouvrage de canalisation du talweg se situe en zone rouge R1 du PPR multirisques. Le règlement du PPR précise que sont autorisés les « travaux, ouvrages et aménagements destinés à réduire les conséquences des différents risques recensés (...), sous réserve de mener une étude technique préalable qui précisera les conditions dans lesquelles le projet sera rendu compatible avec l'aléa considéré et ce sans préjudice du droit des tiers ».

334

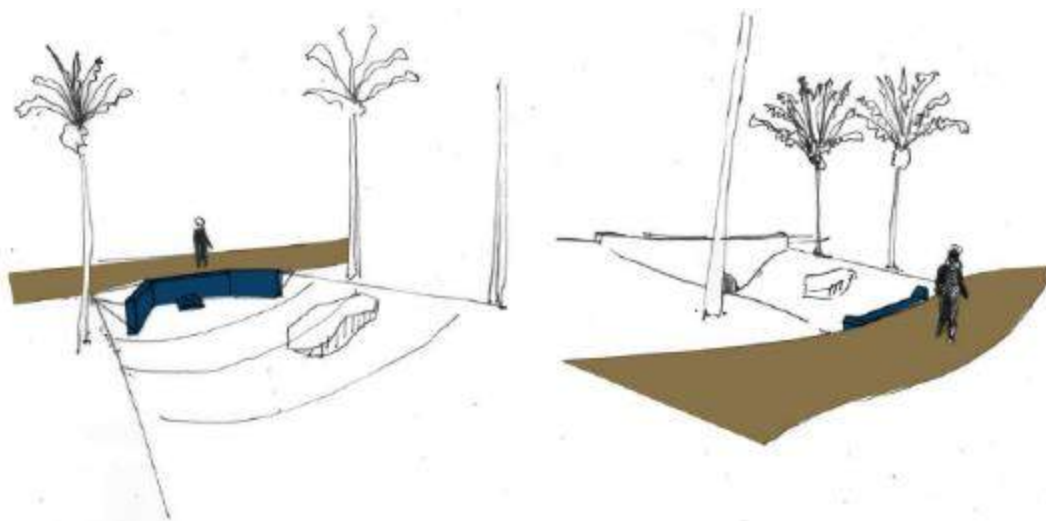


Figure 191: Insertion de l'ouvrage (depuis le ponceau (à Gauche) et depuis l'allée (à droite))

D'après la circulaire n° 426 du 24 juillet 2002 relative à la mise en œuvre du décret N° 2002-202 du 13 février 2002 du ministère de l'Écologie et du Développement durable / direction de l'Eau, un ouvrage est dit "transparent" d'un point de vue hydraulique lorsqu'il n'amplifie pas le niveau des plus hautes eaux, ne réduit pas la zone d'expansion des crues, n'allonge pas la durée des inondations ou n'augmente pas leur étendue, n'intensifie pas la vitesse d'écoulement des eaux...

Plusieurs arguments permettent de justifier de la neutralité de l'ouvrage vis-à-vis de l'aléa inondation :

a) L'ouvrage ne constituera pas un obstacle à l'écoulement supplémentaire par rapport à l'existant

Le bureau d'étude en charge de la conception des aménagements dispose de la topographie de la zone par le biais :

- de relevés topographiques de terrain menés par un géomètre expert
- des données lidar Litto3D.

D'après ces données topographiques, le talweg se matérialise sur le terrain par un chenal bien marqué dans la topographie de 7 à 10m de large. Certains ouvrages sont présents le long du chenal et celui-ci est traversé par un cheminement piéton en remblai.



Figure 192: Position du futur muret d'entonnement

D'après la cartographie de l'aléa inondation, l'aléa fort reste canalisé principalement dans ce chenal et ne s'étend pas à l'arrière-plage excepté au niveau du haut de plage en aval du cheminement piéton en remblai.

Le cheminement en remblai constitue donc un obstacle déjà pris en compte dans la cartographie de l'aléa.

Le positionnement du muret en amont direct de ce cheminement en remblai et à une côte similaire ne vient pas rajouter d'obstacle supplémentaire. Il peut être considéré comme une consolidation du talus du cheminement.

b) L'ouvrage ne s'oppose pas au libre écoulement des eaux

Il est rappelé que l'aléa inondation fort concerne des événements de période de retour centennale.

La canalisation du talweg est dimensionnée pour des événements de période de retour décennale.

Au-delà de la crue décennale, même si la canalisation n'est pas en mesure d'évacuer la totalité de la crue, les débordements du talweg se produiront de la même façon que dans la situation actuelle, par-dessus le cheminement piéton pour s'écouler vers la plage. L'ouvrage de par ces dimensions ne s'oppose pas au libre écoulement des eaux. Ses dimensions très limitées n'induiront pas d'exhaussement des hauteurs d'eau.

c) L'ouvrage contribuera à diminuer la durée des crues

La canalisation a pour but de détourner les écoulements du talweg jusqu'à une crue décennale. Au-delà de cette occurrence, les écoulements seront évacués en partie par la canalisation et par débordement au-delà du cheminement piéton. La présence de la canalisation permettra donc une évacuation plus rapide des crues.

3) La protection en enrochement

La protection en enrochement a pour objectif l'atténuation de l'agitation afin de répondre aux exigences de sécurité de baignade. L'ouvrage s'apparente donc à un brise-lame dont le rôle est généralement de limiter la submersion marine de la côte au droit de l'ouvrage. La côte de l'ouvrage repris en phase PRO sera située à +1,1m NGR contre de +0,8 à +1m NGR actuellement donc l'altimétrie générale de l'ouvrage sera donc très proche de la situation actuelle.

Sur la plage de Grande Anse, le mode de submersion est le franchissement par paquet de houle. Les impacts d'atténuation de la houle seront donc directs.

L'ouvrage final va occuper un linéaire de 170 m linéaire parallèle à la plage soit 37% du linéaire totale de la plage depuis la pointe rocheuse Ouest jusqu'à la zone de galet au sud. Le linéaire de plage nouvellement concerné par la présence de la protection en enrochement sera de 60 m.

Sur la porte Nord-Ouest de la plage, aucun ouvrage ne sera présent. Il n'est pas attendu d'effet sur le risque de submersion.

4.9.1.2 Mesures d'évitement et de réduction

En phase chantier

En ce qui concerne les risques de submersions, les bases de vie du chantier et les engins de chantier seront installés et stockés en arrière-plage hors d'atteinte des vagues en dehors des périodes de travaux.

En cas d'évènement météo-océanique exceptionnel, le chantier et le matériel seront évacués vers des zones hors d'atteinte. L'entreprise de travaux mettra en place un système d'alerte et des mesures de sauvegarde à destination du personnel de chantier et du matériel qui seront retranscrits dans le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé et le Plan d'Assurance Qualité et validé par le maître d'ouvrage.

En phase d'exploitation

Des mesures seront prises afin de ne pas exposer la population au risque de submersion :

- Des panneaux d'information et de signalisation sur le risque submersion destiné au public seront installés à proximité du poste MNS.
- En cas d'évènement majeur de submersion marine, la zone sera interdite d'accès au public par la municipalité.

4.9.1.3 Effets résiduels

L'impact résiduel est nul.

4.9.1.4 Mesures de compensation

Aucune mesure compensatoire n'est prévue.

4.9.2 Risques technologiques

Aucune ICPE classée SEVESO n'est présente dans le périmètre du projet, ni dans un rayon de 2 km alentour.

De plus, le projet n'est lié à aucune activité industrielle susceptible d'entraîner un risque technologique.

L'impact du projet tant en phase chantier qu'en phase exploitation est donc nul sur le risque technologique.

4.9.3 Risques sanitaires

4.9.3.1 Analyse des effets

En phase travaux

Les travaux ne sont pas de nature à favoriser la création d'eaux stagnantes. Toutefois, les installations de chantier peuvent constituer des zones favorables aux gîtes larvaires en période de forte pluie.

L'effet du chantier sur la création de gîte larvaire sera faible et temporaire.

En phase d'exploitation

Ces risques ont été pris en compte au stade de la conception du projet et les installations prévues ne sont pas de nature à favoriser la création d'eaux stagnantes :

- Le poste MNS en haut de plage prévoit l'installation de douches publiques mais les eaux des douches seront infiltrées via un puisard. Il n'y aura pas d'eaux stagnantes.
- Au niveau de la canalisation d'eau pluviale, le fond sera incliné pour assurer une vidange totale, sans stagnation d'eau .

4.9.3.2 Mesures d'évitement et de réduction

En phase travaux

Des mesures de lutte mécanique seront prises afin de ne pas contribuer à la création de gîtes larvaires et à la prolifération des moustiques.

Une attention particulière sera notamment portée sur les installations de chantier afin de ne pas favoriser et d'éliminer les gîtes larvaires:

- les déchets seront triés et stockés dans les bacs fermés et évacués régulièrement
- un contrôle hebdomadaire sera réalisé sur le chantier par l'entreprise de travaux pour le repérage, l'élimination et le traitement du matériel et autres objets susceptibles de constituer les gîtes larvaires conformément à l'article 1er de l'arrêté 470 du 21 Mars 2018.

En phase exploitation

Aucune mesure n'est à prévoir en raison de l'absence d'impact significatif.

4.9.3.3 Effets résiduels

L'impact résiduel est considéré comme négligeable.

4.9.3.4 Mesures de compensation

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

4.9.4 Vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeures

Le projet d'extension du bassin de Grande Anse n'est a priori pas soumis à un risque d'accident majeur. Un risque de collision entre deux véhicules de chantier, une chute de pierre lors du démontage de l'enrochement en place, un incendie, une fuite d'eau... sont néanmoins présents.

Pour rappel, aucun site proche du projet n'est classé ICPE ou SEVESO.

Pour limiter les risques, la formation du personnel au déclenchement d'une alerte incendie ainsi qu'à l'évacuation des visiteurs du site sera dispensée.

4.10 Effets cumulés avec d'autres projets

4.10.1 Méthodologie

Une procédure spécifique est à suivre pour établir une liste exhaustive des projets à considérer. La démarche proposée s'appuie sur 6 axes principaux avec :

- **La définition d'un territoire de référence**

Le choix du territoire dépend de l'aire d'influence du projet.

- **L'identification de tous les projets situés sur ce territoire**

Les projets sont répertoriés sur la base des avis rendus par l'Autorité Environnementale (AE) et de la connaissance du maître d'ouvrage. Un tableau exhaustif est ainsi établi recensant tous les projets existants sur le territoire de référence.

- **Le choix des projets à analyser**

Il s'agit, à ce stade, d'éliminer les projets abandonnés et de garder les projets réalisés de manière récente ou en cours de réalisation.

- **L'identification de la portée de chaque projet retenu**

Pour chaque projet, la portée de celui-ci et son interaction potentielle avec le projet sont vérifiées.

- **La réalisation d'une matrice d'analyse**

Cette matrice permet de présenter la liste des projets retenus pour l'analyse. Le tableau comprend les champs suivants : l'identification du projet, la localisation, la désignation du maître d'ouvrage voire du maître d'œuvre, la date de l'avis.

- **L'évaluation des effets cumulés**

Les effets cumulés sont soit le résultat d'une combinaison d'effets générés par un même projet ou par plusieurs projets dans le temps et dans l'espace, soit les effets cumulés portant plus spécifiquement sur les effets d'autres projets vis-à-vis du projet analysé.

A noter que le recensement des projets remonte jusqu'à l'année 2013. Il s'agit des projets dont les avis de l'Autorité Environnementale sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.reunion.pref.gouv.fr>

4.10.2 Identification des projets sélectionnés en première analyse

Les avis de l'Autorité Environnementale émis pour le département de la Réunion (974) sont consultables sur le site Internet suivant : <http://www.reunion.pref.gouv.fr>

Les projets identifiés autour de la plage de Grande Anse sont donnés dans le Tableau 54 ci-après.

Tableau 54 : Projet pouvant être concernés par les effets cumulés

Intitulé du projet	Désignation	Localisation	Date de l'avis	Distance	Impacts principaux	Interface potentielle avec le projet
Exploitation d'une carrière et d'une installation de traitement et de transit de matériaux - lieu-dit "Beau Rivage"	M. NASSIBOU Jimmy	Saint Pierre	02/08/2018	12km	Les principaux enjeux du projet sont l'environnement humain, notamment le trafic routier, le bruit, la qualité de l'air (poussières) et la remise en état agricole.	Non
Exploitation d'une carrière de matériaux alluvionnaires - Pierrefonds	Société TERALTA GRANULAT BETON REUNION	Saint Pierre	19/06/2018	12km	Les principaux enjeux du projet concernent les eaux souterraines, l'avifaune marine, l'environnement humain, notamment le trafic routier, le bruit, la qualité de l'air (poussières) et la remise en état agricole.	Non
Carrière de matériaux alluvionnaires - Pierrefonds	Société de Concassage et de Préfabrication de La Réunion (SCPR)	Saint Pierre	17/05/2018	12km	Les principaux enjeux environnementaux identifiés par l'AE sont les suivants : la ressource en eau, le milieu humain lié aux diverses servitudes, aux nuisances sonores et à la qualité de l'air	Non
Projet de centrale photovoltaïque au lieu-dit "Les Trois Cheminées"	Société FPV JANAR	Saint Pierre	21/03/2018	12km	Les principaux enjeux appréciés sont : l'hydrologie, le patrimoine paysager, l'avifaune endémique	Non
Traitement des crues de la rivière des Remparts	Communauté d'agglomération du sud - CASUD	Saint-Joseph	22/02/2019	25 km	Un risque inondation par débordement du cours d'eau au débit d'une part, au niveau du lit de la rivière qui peut être rehaussé à cause d'un dépôt de matériaux solides d'autre part, un	Non

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact
Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

					risque d'érosion et d'affouillement des berges, du fait de la puissance érosive des écoulements.	
Réalisation à l'accès du CTVD en passant sous le pont de la Rivière Saint-Etienne	CIVIS	Saint Pierre	11/09/2018	12km	Les principaux enjeux environnementaux identifiés par l'AE sont les suivants : → sécurité des usagers de l'infrastructure et exposition à des risques naturels ; → impact pour les riverains sur l'ambiance sonore et la qualité de l'air ; → préservation de la qualité du milieu aquatique ; → préservation du patrimoine naturel par rapport à la présence de colonies de chiroptères et de l'avifaune marine.	Non
Réalisation de la 3ème tranche et de l'extension de la ZAC de Cambrai	La commune de Petite-Ile	Petite-Ile	09/11/2017	2km	La topographie Les risques naturels La santé publique Le milieu naturel Le paysage et le patrimoine culturel	Non
Travaux d'aménagement de l'arrière-plage de Grand Anse	La CIVIS	Petite-Ile	12/09/2017	300m	La topographie Les risques naturels Milieu humain Le milieu naturel Le paysage et le patrimoine culturel	Oui

4.10.3 Evaluation des effets cumulés pour les projets concernés.

Les travaux d'aménagement de l'arrière-plage de Grande Anse sont les seuls à avoir une interaction potentielle avec le projet. Cependant les travaux ont été autorisés et ont déjà été réalisés.

Le projet n'est concerné par aucun effet cumulé.

4.11 Synthèse des effets et des mesures associées

Thématique	Sous-thématique	Phase du projet	Impact potentiel	Niveau d'impact	Mesures d'évitement et de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation	Coût en euros HT
Sol et sous-sol	Morphologie	Phase travaux	Des terrassements seront nécessaires pour la réalisation des travaux mais ils seront limités en profondeur. Le terrain sera remis à niveau après travaux et nivelé après destruction des murs du belvédère, du muret sur l'estran. Les nivellements en haut de plage et en pied de plage rendront à la plage une topographie plus harmonieuse et plus praticable.	Faible- temporaire	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
		Phase d'exploitation	Le projet aura un impact nul sur la morphologie de la plage.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
	Qualité du Sol	Phase travaux	Les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires induits par : - la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules), -la manipulation de produits polluants pour les besoins du chantier -la mise en œuvre de béton pour l'aménagement de l'écran de butée du fonçage avec risque de départ de laitance	Moyen- temporaire	Aménagement la zone de chantier Limitation des risques de pollution accidentelle Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Aucun effet du projet	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
Eaux	Eaux de surface	Phase travaux	Seuls les travaux au niveau du talweg sont susceptibles d'avoir une incidence sur les eaux de surface par déversement accidentel de produits polluants par les engins de travaux.	Faible – temporaire	Aucun travaux n'aura lieu en période de pluie. Limitation des risques de pollution accidentelle	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Aucune interaction entre le projet et les eaux de surface	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
	Eaux souterraines	Phase travaux	Les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires : - induits par la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules) polluant dans un premier temps le sol et par infiltration les eaux souterraines ; -départ de laitance de béton pour l'aménagement de l'écran de butée de la fosse de fonçage.	Faible – temporaire	Aucun travaux n'aura lieu en période de pluie. Limitation des risques de pollution accidentelle	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Le risque pollution accidentelle par les hydrocarbures dû à la présence de véhicule sur le site est nulle. Le site n'est pas accessible aux engins	Faible	Gestion des eaux usées du poste MNS Gestion des eaux des douches	Nul	Aucune	Sans objet

	Eaux marines et côtières	Phase travaux	La zone de projet en milieu marin est très localisée donc peu d'incidence sur l'état de la masse d'eau côtière. A la côte les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires induits par la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules) et par apport indirect via le ruissellement sur les sols.	Moyen - Temporaire	Limitation des risques de pollution accidentelle Adaptation des modalités d'exécution des travaux maritimes pour maintenir les engins hors d'eau Gestion des déchets (éviterment) Maîtrise de la qualité des eaux (réduction) Contrôle de la qualité des eaux (réduction)	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase exploitation	Les impacts du projet sont liés à : L'apport d'eau douce au débouché de la canalisation du talweg L'apport d'eau douce par les douches publiques La modification des conditions d'agitation dans le bassin par la modification de la protection en enrochement et notamment un renouvellement insuffisant des eaux.	Moyen	le projet intègre déjà dès le stade de conception les enjeux de la qualité des eaux côtières. En exploitation, les mesures de gestion des eaux prévues pour les eaux souterraines inhérentes à la gestion des eaux usées du poste MNS et des eaux des douches permettront également de garantir l'absence de pollution indirecte des eaux côtières.	Nul	Aucune	Sans objet
Océanographie		Phase travaux	Les travaux n'auront pas d'impact sur l'hydrodynamisme côtier. L'enrochement présent sera retiré à l'avancement de la mise en œuvre du nouvel enrochement.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
		Phase d'exploitation	Une fois le projet finalisé, la protection en enrochement aura un faible impact sur l'hydrodynamisme côtier au voisinage de l'ouvrage. La baignade dans le bassin sera sécurisée. Le renouvellement de l'eau sera assuré.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
Milieux naturels terrestres	Habitats, faune et flore terrestres	Phase travaux	Perturbation et/ou destructions des habitats et espèces végétales terrestres ((cas des communautés végétales des hauts de plage à Patates à Durand et Patates cochon) Perturbations et/ou destructions d'espèces faunistiques terrestres Développement des espèces végétales exotiques envahissantes	Moyen – Temporaire	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins Mesure R01 – Adaptation des modalités d'éclairage du chantier Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet	Faible	Aucune	Coût des mesures E01, R01, R05 intégré au projet

		Phase d'exploitation	Risque de piétinement de la végétation par les usagers	Faible	Les aménagements du haut de plage (boudin cocos) Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)	Faible	Aucune	Coûts intégrés au projet
Milieux naturels marins	Faune et Flore Marine	Phase travaux	Altération, destruction des communautés benthiques par recouvrement direct Risques de pollution de l'habitat marin Développement de colonies coralliennes dans le futur bassin Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau Dérangement sonore des cétacés Effets sur la fonctionnalité écologique locales	Fort – Temporaire	Mesure R02- Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux Mesure R04 – Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet Mesure R08 – Opération expérimentale de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin Mesure R09 : définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux) Enfin, selon cette même démarche ERC, en maximisant les démarches d'évitement et de réduction, il est également proposé une mesure d'accompagnement MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation) La séquence ERC est proposée pour limiter les effets du projet sur les mammifères marins, selon la déclinaison suivante : 1. Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux	Faible	Aucune	R02 : intégré au projet R03 : Coût à définir suivant la nature des travaux maritimes sensibles et leur durée : suivi hebdomadaire ou mensuel suivant la période visée. R04 : Coût intégré au projet pour la coordination environnementale Contrôle acoustique évalué à 40 k€ R05 : Coût intégré à la gestion des travaux par les entreprises (+ maîtrise d'œuvre et accompagnement environnemental) et dans la conception du projet R07 : Coût évalué sur la base de la durée du chantier : 40 000 € sur 12 mois R08 : évalué à 20 000€ R09 : intégré au projet

					écologiques terrestres et marins 2. Mesure E02 – Absence de travaux bruyants marins durant la saison des baleines à bosse 3. Mesure R09 : définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux) 4. Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux 5. Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier 6. Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet 7. MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)			
		Phase d'exploitation	Développement de biocénoses marines dans le nouveau bassin Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau Effets sur la fonctionnalité écologique locales	Moyen - Définitif	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Enfin, selon cette même démarche ERC, en maximisant les démarches d'évitement et de réduction, il est également proposé des mesures d'accompagnement, à savoir : ☐ MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation) ☐ MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)	Faible	MC1 : plan de gestion et mise en œuvre des actions prioritaires en faveur de la biodiversité pour le site littoral de grande anse	E01 : intégré au projet R06 : intégré au projet MA01 : Coût pour les suivis des biocénoses marines (substrat dur) : 80 000 € MA02 : Coût total de 30 000 € pour les 5 suivis en mer, comprenant 3 experts MMO (observateurs cétacés), rapports et bancarisation. MC1 : 30 000€ par an pour la mise en œuvre d'actions du plan de gestion, soit un total de 300 000 € sur 10 années.
					L'installation de la protection en sera favorable au maintien et au développement les peuplements coralliens.	Positif	Aucune	Coût intégré au projet
Air et Climat	Emission GES/poussière	Phase travaux	Augmentation des émissions de gaz à effet de serre et de poussière liée aux engins	Faible – Temporaire	Respect les normes anti-pollution en vigueur Respect de la limitation de vitesse Suivi et entretiens périodiques des engins Arrêt des moteurs des engins à l'arrêt	Nul	Aucune	Coût intégré au projet

		Phase d'exploitation	Aucun engin n'a accès au site	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
Environnement humain	Bruit	Phase travaux	Les travaux vont générer une augmentation de bruit, toutefois les habitations les plus proches sont situées à plus d'1 km du site.	Faible – Temporaire	Utilisation de matériel et engins de chantier conformes à la réglementation en vigueur	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Le bruit proviendra des visiteurs du site. L'impact sur le voisinage est négligeable	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
	Déchets	Phase travaux	Les travaux vont générer des déchets mais ceux-ci seront de faible volume et temporaire.	Faible – Temporaire	Mise en place d'une gestion des déchets sur le chantier.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	La production de déchets en phase exploitation se limite aux déchets des visiteurs et du poste MNS	Faible permanent	Site d'entreposage et de tri approprié. Evacuation des déchets par le service de ramassage et d'entretien du site.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
Paysage		Phase d'exploitation	La qualité paysagère du haut de plage sera améliorée avec la destruction du mur du belvédère et l'implantation du poste MNS intégré dans le paysage. L'aspect visuel de l'enrochement sera intégré au paysage. Des îlots d'enrochement volcanique seront installés dans le bassin afin de casser le visuel linéaire de l'enrochement.	Positif et permanent	Aucune mesure nécessaire. L'aspect paysager est pris en compte dès la conception du projet.	Nul	Aucune	Sans objet
Transport et trafic	Fréquentations du site et accès	Phase travaux	Les travaux nécessitent la présence d'engins/véhicule/personnel de chantier sur le secteur	Faible – Temporaire	La circulation est limitée aux heures de travail	Nul	Aucune	Sans objet
		Phase d'exploitation	L'accès au site se fera uniquement à pied. Des accès PMR seront installés. La fréquentations du site va augmenter avec les aménagements d'arrière-plage déjà réalisé.	Positif Le projet permet de proposer une zone de baignade surveillée et adaptée aux visiteurs du site.	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
Risques	Risque Inondation	Phase travaux	Les travaux n'auront aucun effet sur le risque inondation et mouvement de terrain. Toutefois ils auront lieux à proximité d'une ravine.	Faible - Temporaire	Les travaux seront stoppés en cas de forte pluie.	Nul	Aucune	Sans objet
	Risques littoraux	Phase travaux	Les travaux auront lieux en zone d'aléa fort submersion marine et recul du trait de côte. Etant donné la courte durée des travaux, le risque pour le chantier est faible.	Faible-Temporaire	Installations et engins de chantier installés/stockés hors d'atteinte des vagues hors période de travaux. Mise en sécurité du personnel et des engins en cas d'évènement météo-océanique exceptionnel. L'entreprise mettra en place un système d'alerte et des mesures de sauvegarde décrit dans le PPSPS et le PQA.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet

		Phase d'exploitation	La zone d'implantation du poste MNS est concernée par un aléa fort recul du trait de côte ainsi que des aléas faible, moyen et fort submersion marine. Toutefois la conception du bâtiment assure une transparence hydraulique. Le projet contribue aussi au retrait des points durs sur le trait de côte. Le projet contribuera à diminuer l'érosion du haut de plage. La fréquentation du secteur sera augmentée.	Faible – Permanent	Des panneaux d'information et de signalisation sur le risque submersion destiné au public seront installés à proximité du poste MNS. En cas d'évènement majeur de submersion marine, la zone sera interdite d'accès au public par la municipalité.	Nul	Aucune	Sans objet
	Risque cyclonique	Phase travaux Phase d'exploitation	L'île de la réunion est exposée au risque cyclonique.	Moyen	En cas de cyclone, les travaux seront interrompus. Le matériel sera mis à l'abris. Durant la phase d'exploitation le site sera fermé	Nul	Aucune	Sans objet
	Risque technologique	Phase travaux Phase d'exploitation	Les travaux et l'exploitation associés à la création du bassin de baignade n'ont pas d'effet sur les risques technologiques et industriels	Nul		Nul	Aucune	Sans objet
	Risque sanitaire	Phase travaux	Les zones d'installation de chantier peuvent constituer des zones favorables à la création d'eau stagnantes en cas de pluie.	Faible - Temporaire	Stockage des déchets et matériaux dans des bacs fermés. Une lutte mécanique sera mise en place avec un contrôle hebdomadaire et une élimination manuelle des potentiels gîtes larvaires.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Les douches publiques et la canalisation du talweg peuvent constituer des zones favorables à la création d'eau stagnante en cas de pluie.	Faible - Permanent	L'eau des douches publiques sera infiltrée dans un puisard. La conception de la canalisation du talweg permet une vidange de celle-ci et ne permet pas la création de gîtes larvaires.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet

5 DESCRIPTION DES VARIANTES ET JUSTIFICATION DES SOLUTIONS RETENUES

5.1 Historique du projet

Le bassin de baignade de la commune de Petite-Ile a été construit aux alentours de 1985 avec des roches volcaniques.

Il permet à la population se trouvant dans le sud de pouvoir se baigner en sécurité dans l'océan. En effet le bassin protège des attaques de requins et des courants important se trouvant dans cette zone.

La plage de Grande-Anse est un lieu de rendez-vous incontournable pour les locaux qu'on retrouve les week-ends pour les pique-niques. Considérée comme une des plus belles plages de l'île, elle est le passage obligatoire pour de nombreux touristes.

La commune de Petite-Ile a souhaité augmenter le dynamisme et le potentiel de la plage avec de nombreux travaux en arrière-plage.

- Réaménagement du parking,
- Aménagement de barbecue en béton,
- Stabilisation des berges,
- Revégétalisation de l'arrière-plage.

Ces aménagements permettent d'augmenter la capacité d'accueil sur le site. La taille du bassin de baignade n'est donc plus adaptée au nombre de visiteurs sur le site. De plus celui-ci ne confère pas une sécurité de baignade adapté au public familiale du site dû au manque d'un poste de surveillance.

La réhabilitation du bassin de baignade de la plage de Grande Anse avec l'aménagement d'un poste de secours et un accès PMR à la plage renforcera l'attractivité du site vis-à-vis de la population de la commune de Petite-Ile et répondra à la volonté politique de la commune d'attirer les résidents des communes aux alentours et ainsi valoriser le potentiel touristique de la commune.

5.2 Démarche entreprise par la commune de Petite-Ile

En raison de l'absence de zone de baignade en mer sécurisée dans le secteur Sud-Ouest de l'île de La Réunion, la commune de Petite-Ile souhaite offrir à la population une ouverture vers l'océan via la réhabilitation du bassin de la plage de Grande Anse.

Sur la base de cette volonté portée par la mairie de Petite-Ile, les alternatives étudiées ont porté sur :

- Les installations du poste MNS,
- Les solutions techniques sanitaires (garantir la qualité sanitaire de l'eau dans le bassin),
- Les solutions techniques liées à la sécurité et au visuel (démolition du muret, aspect de l'enrochement),
- Les solutions techniques liées à l'accès au bassin.

5.3 Présentation des alternatives étudiées et de la solution retenue

5.3.1 Poste MNS

5.3.1.1 Solutions envisagées

Les réflexions sur l'aménagement du poste MNS ont porté sur différents aspects : l'agencement du local, son architecture et son implantation.

L'agencement du local

L'agencement du local a fait l'objet d'une concertation avec les représentants des sauveteurs de Saint Pierre et les gestionnaires (service Equipements Communautaires de la CIVIS, section Plages) en prenant en compte les retours d'expérience acquis par les équipes en place.

Le local présentait initialement une surface au sol de 32 mètres carrés (hors terrasse) et permettait de rassembler l'ensemble des fonctionnalités requises dans un local compact afin de diminuer l'emprise visuelle du bâtiment au regard des enjeux paysagers du site.

Il comprenait des zones surveillance - bureau – kitchenette (espace de vie), infirmerie, sanitaires et rangements.

Deux accès étaient prévus, l'un coté front de mer réservé au personnel et l'autre côté arrière-plage pour l'évacuation des blessés.

L'infirmerie était installée dans une pièce close pour garantir l'intimité des soins et la sécurisation de la pharmacie.

Les sanitaires (douche et toilettes) étaient mixtes et dissimulés en fond de local. Une production d'eau chaude était prévue mais sans chauffe-eau solaire compte tenu de la faible consommation et de l'ombrage des arbres environnants.

La zone rangements comprenait des casiers muraux et des racks en partie haute (mezzanine pour la RESCUE BOARD) dont les dimensions sont adaptées à l'ergonomie du matériel mis en œuvre.

Suite au souhait exprimé par les Elus de Petite Ile de doter la zone de baignade des équipements requis par le label Handiplage, une extension au local initial accolée au bâtiment a été envisagée. Elle représente 13 mètres carrés supplémentaires et comprend un vestiaire adapté aux personnes à mobilité réduite (table de change, bancs, lavabo, casiers) et un local de stockage des tiralos.

La labellisation Handiplage suggère des WC accessibles à moins de 100m, ce qui sera le cas dans le cadre des sanitaires prévus dans l'aménagement de l'arrière-plage (distance 65m).

De même une douche accessible est conseillée : il est prévu plusieurs douches publiques extérieures sur le belvédère, l'une d'elle sera également équipée d'un flexible (à sécuriser). Il conviendra de s'assurer auprès de l'association Handiplage (douche publique extérieure) que cette disposition convienne.

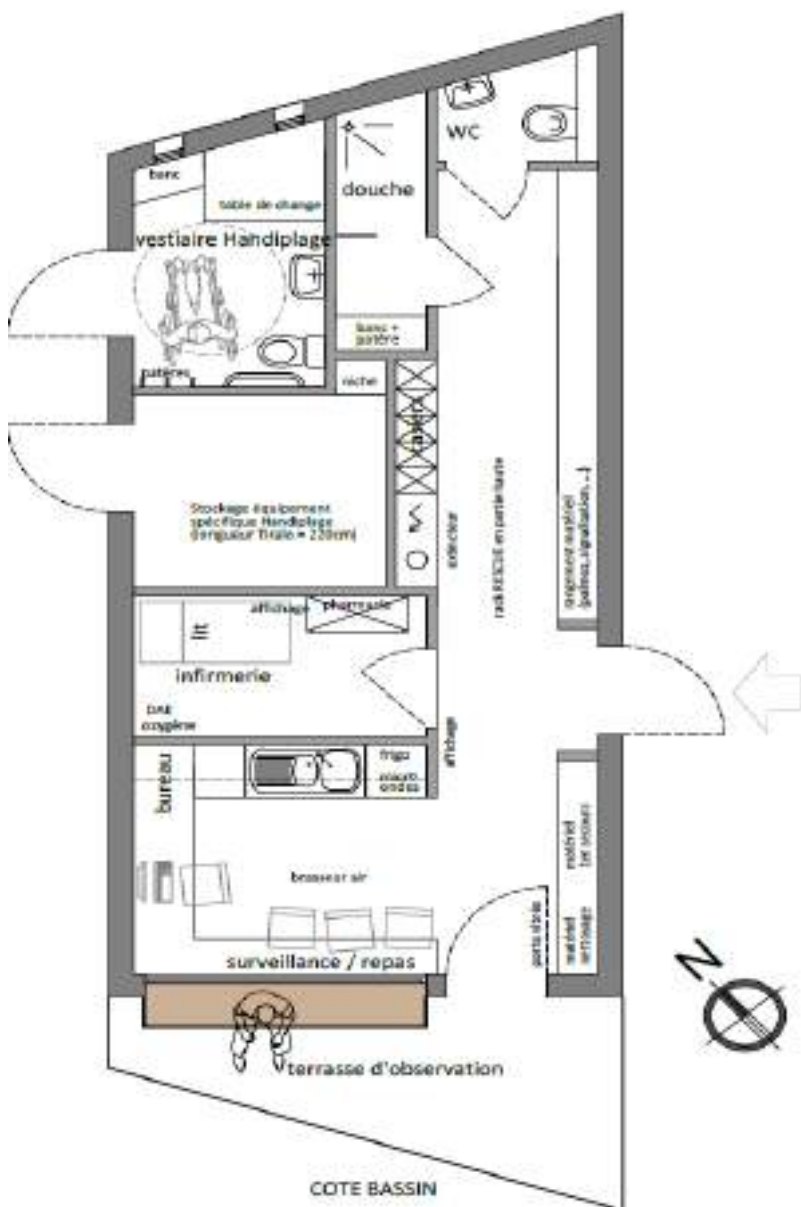


Figure 193 : Plan de masse du poste MNS – solution originale

Son architecture

Compte tenu des spécificités environnementales du site et de la proximité de la plage, le traitement architectural initialement envisagé visait à se détacher de la notion classique de "bâtiment", en explorant plutôt du côté du design d'un "objet".

Aussi l'ouvrage ne s'apparentait pas aux postes MNS habituels : la forme architecturale s'inspirait davantage du "Land Art", avec un édifice qui s'apparente à un "bloc rocheux" échoué sur la plage, posé en équilibre sur le belvédère (Figure 194).

Ce "bloc rocheux" aurait fait écho avec les blocs utilisés pour la délimitation du bassin de Grande Anse.



Figure 194: Visuel de l'architecture initiale du poste MNS

Son implantation

La réflexion sur l'implantation du poste MNS s'est basée sur les principes suivants :

- il doit s'inscrire au mieux dans le site, et particulièrement avec le contexte topographique et végétal. En particulier, il doit trouver sa place entre deux formations végétales qui sont impérativement à préserver :
 - Le peuplement de vacoas, qui joue un rôle majeur pour la préservation du gecko vert de Manapany
 - Le badamier, dont le port en parasol lui confère un intérêt paysager réel et permet de créer une zone ombragée stratégique, à l'entrée sur la plage.
- son implantation doit être judicieuse afin qu'il sécurise au mieux l'activité de baignade. Cela nécessite une réflexion globale afin que toutes les composantes s'articulent avec fluidité notamment : le belvédère, le chemin d'accès PMR, la descente tout public sur la plage, la descente PMR sur la plage conformément au label Handiplage, les douches publiques.

La Figure 195 montre les emplacements qui ne sont pas envisageables au regard de la situation paysagère.

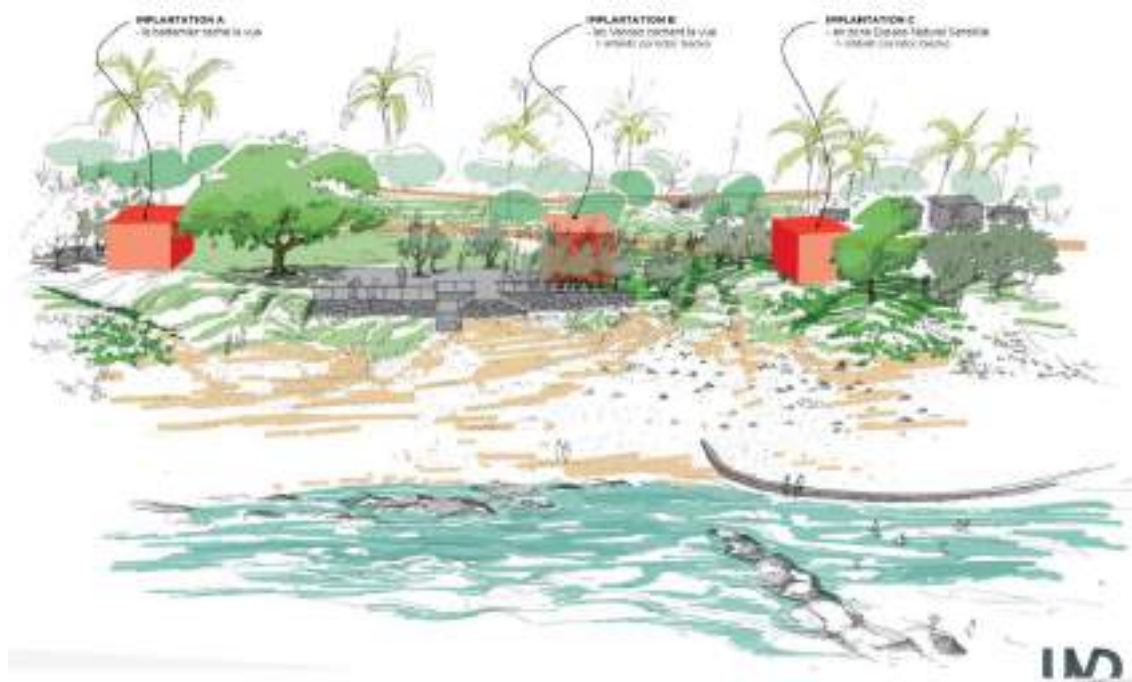


Figure 195: Implantations rejetées pour l'implantation du poste MNS

En réponse à ces deux principes, deux hypothèses d'aménagement ont été initialement étudiées pour l'implantation du poste MNS :

○ Hypothèse A : affirmer l'accès

La première proposition d'implantation affirmait le belvédère et l'escalier en tant que point dur et central construit en amont du bassin. Il confortait le statut qu'il a actuellement et va donc dans le prolongement des usages actuels et de la perception du site (Figure 196).

L'escalier été reconstruit et redimensionné afin qu'il soit très clairement identifié et qu'il soit à l'échelle du futur bassin et de la fréquentation.

Le poste MNS était positionné entre l'escalier et le badamier. Il profitait idéalement d'une situation de belvédère pour la surveillance. Un accès direct sur la plage était indépendant et réservé aux maîtres-nageurs.

Cette hypothèse nécessitait de reprendre toute la maçonnerie pour créer l'escalier frontal, ce qui permettait de redonner une unité à l'ensemble.

Les douches auraient été conservées à l'implantation prévue au chantier de l'arrière-plage.

Dans cette proposition le statut de belvédère perdait de sa force puisqu'il s'agissait plus un lieu de passage, un seuil d'accès, qu'un balcon sur l'océan.

○ Hypothèse B : intégrer l'accès

La deuxième proposition proposait une image plus naturelle du site et cherche à retrouver une continuité d'ambiance dans le prolongement du reste de la plage (Figure 196). La principale intervention était de réduire considérablement la perception du mur de soutènement en réensablant le pied de mur par la mise en place de boudins cocos et le bouturage en continuité avec ceux mis en place dans le chantier de l'arrière-plage.

Le poste MNS était situé au niveau de l'escalier existant, ce qui permettait de dégager de l'espace pour étendre l'esplanade sous le badamier et de profiter de sa présence et de ses qualités d'ombrage.

Le chemin d'accès au bassin était moins formel et profitait d'une ligne qui s'était spontanément créée là où la pente est la moins forte. Dans le prolongement du chemin on accédait au bassin.

Les douches étaient repositionnées sur l'esplanade afin de concentrer les usages au centre.
Le poste MNS avait son accès direct sur la plage.

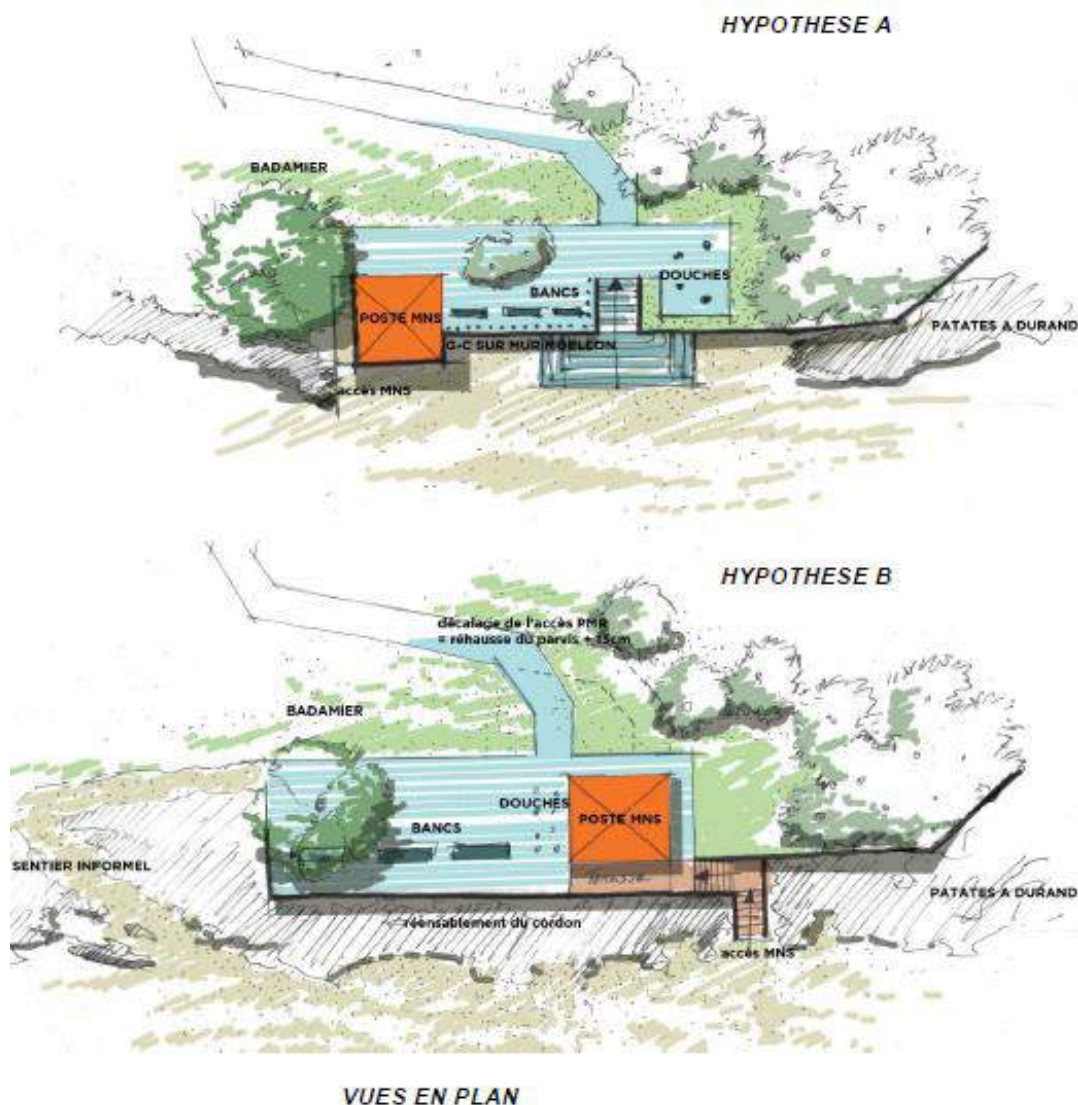


Figure 196: Hypothèses étudiées pour l'implantation du poste MNS

Lors de la concertation publique du 10 juillet 2019, l'aspect visuel du poste MNS a été discuté : il a été estimé trop imposant et pas suffisamment intégré au paysage.

A la présentation des 2 hypothèses en réunion de travail du 27 juillet 2018, c'est l'hypothèse A qui a été choisie.

5.3.1.2 Solution retenue

Suite aux réunions avec la DEAL et aux réactions du public lors des réunions de concertation publiques du 10 juillet 2019 et du 13 novembre 2019, l'équipe de maîtrise d'œuvre a été chargée d'envisager une alternative reposant sur un principe de suppression du mur de soutènement et de l'escalier existants, avec un parti architectural pour le poste de surveillance que l'on peut qualifier de plus consensuel.

Ainsi la solution retenue est la suivante :

L'architecture du poste MNS a été retravaillé afin de s'inspirer des constructions neuves projetées pour l'aménagement de l'arrière-plage de Grand' Anse, avec ses poteaux bois en "V", sa sur-toiture en zinc, etc... On retrouve également l'acier Corten en bardage et en garde-corps (Figure 199).

En l'absence de belvédère il s'agit d'un ouvrage sur pilotis, pour absorber la déclivité du nouveau talus.

Le volume "poste de surveillance" est détaché des "locaux handiplage", par un couloir ouvert qui vient se connecter avec le cheminement existant (Figure 198).

L'intérêt de ce couloir est d'y concentrer toutes les portes d'accès : elles sont ainsi peu exposées aux vues et aux embruns et surtout le soir on peut fermer le couloir avec une grille de part et d'autre, renforçant ainsi la sécurisation de ce site potentiellement exposé au vandalisme.

Thermiquement, le bâtiment bénéficie de la sur-toiture avec larges débords et d'une ventilation naturelle pour les locaux du poste de secours. La proximité du badamier participe aussi à la protection solaire. La sur-toiture permet aussi, si besoin ultérieur pour l'infirmerie, de caler en dessous une unité de clim, qui serait ainsi bien cachée. Comme évoqué, une partie du bardage du bâtiment sera en acier Corten (pour son côté durable, sans entretien, résistance à la corrosion, teinte "naturelle", etc...), un peu de bois exotique également, et pour les locaux handiplage nous proposons un habillage en gabions constitués d'une maille en Corten et remplie de pierres issues du recyclage des moellons du belvédère, mélangées avec un peu d'agrégats du site (galets, corail mort). Ce gabion participera à l'insertion dans le site (puisque matériaux du site...) tout en rappelant les matériaux des constructions anciennes du site (four à chaux, etc...), mis en œuvre avec les techniques d'aujourd'hui, sans béton, tel que l'impose la réglementation de la zone.

Concernant la zone d'implantation du poste elle se fera au sud de la zone définie.

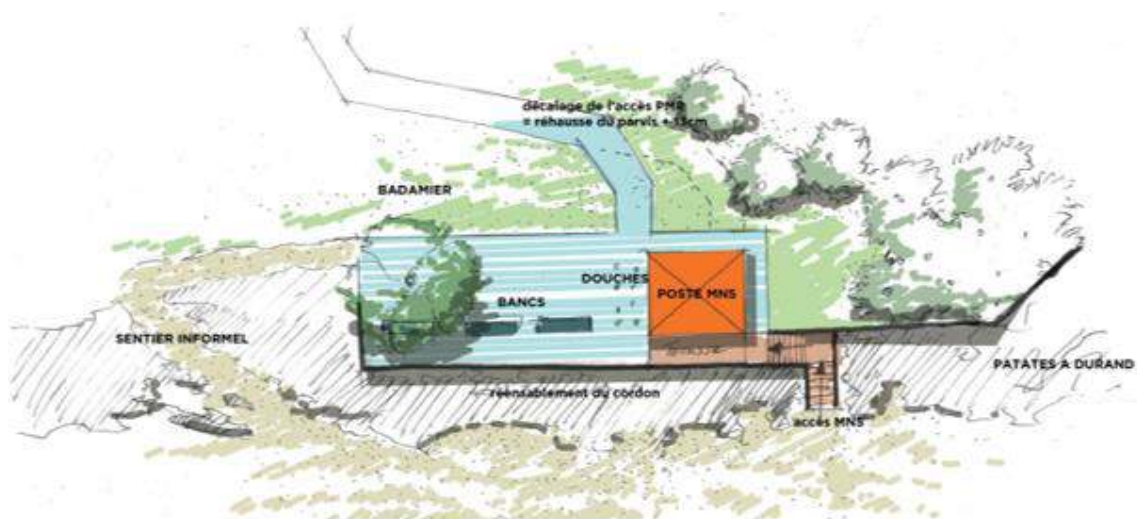


Figure 197 : Implantation du poste MNS



Figure 198 : Solution retenue pour l'agencement du local de surveillance

Vue avant



Vue arrière



Figure 199: Solution retenue pour l'architecture du local de surveillance.

5.3.2 Accès

5.3.2.1 Solutions envisagées

La réflexion de l'accès au bassin depuis la plage a été faite avec la volonté de diriger la population afin d'éviter le piétinement des berges. Pour cela plusieurs solutions d'escaliers ont été proposées.



Figure 200 : Propositions initiales de design de l'escalier d'accès

Le projet initial comprenait un escalier d'accès à la plage depuis le belvédère relativement imposant afin d'orienter les flux à cet endroit, et ainsi protéger le corridor biologique mis en œuvre sur l'ensemble du talus d'arrière-plage (protection en génie végétal de type boudin coco) et limiter les effets du piétinement. Un accès à la plage depuis le belvédère via un escalier maçonné restait dans l'esprit de l'aménagement existant.

En réunion de concertation publique du 10 juillet 2019, l'escalier a été jugé trop volumineux. Il a été suggéré d'utiliser des matériaux plus naturels tel que le bois. Cependant, la maîtrise d'œuvre a estimé qu'un escalier en bois, sans fondation ne répondrait pas au principe de résistance aux conditions météorologiques extrêmes.

De plus, la possibilité de supprimer le mur du belvédère a été soulevé en raison de son caractère potentiellement aggravant dans l'érosion du haut de plage en période de forte houle.

5.3.2.2 Solution retenue

La solution retenue suite à la concertation publique est de supprimer en partie le mur du belvédère et de reconstituer à la place un talus conforté par des boudins cocos et revégétalisé.

Compte tenu de la présence de ce talus, la liaison bâtiment / plage s'effectuera par un cheminement en pente douce qui contourne le badamier. Il s'agit en outre du cheminement "handiplage" pour les tiralo. Ceci permettra aux sauveteurs de remonter les blessés en brancards avec une déclivité raisonnable. Par contre pour une intervention rapide, libre aux sauveteurs de descendre le talus au niveau du badamier, où la pente est plus marquée, mais reste franchissable.

5.3.3 Extension du bassin

5.3.3.1 Solutions envisagées

La réflexion sur l'extension du bassin de baignade a porté sur deux aspects : la surface d'extension et l'aspect visuel de l'enrochement.

○ Surface du bassin

Le projet prévoyait d'augmenter la surface du bassin actuel, passant de 3500 m² à 6500 m². Cependant plusieurs zones à enjeu ont été identifiées dans l'emprise de la future extension dû à la présence de peuplement corallien. Le retour à la côte à l'extrémité nord-ouest de la future extension recoupait cette zone à fort enjeux.

La réflexion autour de cet enjeu a porté sur l'intégration ou non de cette zone à fort enjeux dans l'emprise du bassin ce qui aurait fait varier la surface de celui-ci entre 6000 m² (zone à enjeux hors du bassin) et 9000 m² (zone à enjeux dans le bassin).

○ Visuel de l'enrochement

L'enrochement doit être rallongée dans la continuité de celle existante. Lors de la présentation du projet en concertation publique, le problème de l'aspect visuel considéré comme trop linéaire a été soulevé.

L'aspect visuel du projet a été considéré comme trop anthropique au vu de la linéarité trop marquée de l'enrochement.



Figure 201 : Visuel initial de la protection en enrochement depuis le Piton Grande Anse

5.3.3.2 Solution retenue

○ Surface du bassin

Afin de limiter l'extension du bassin vis-à-vis du linéaire de la plage, il a été décidé d'exclure la zone à fort enjeu située au nord-ouest de l'emprise du bassin. Ainsi, la surface finale du bassin est de 6500 m².

Après le complément d'inventaire réalisé par Biotope et la précision de la cartographie fine des habitats marins, il est apparu que le retour à la côte de l'enrochement est localisé dans un secteur qui empiètera sur (i) un platier à colonies coralliennes dispersés avec un recouvrement corallien inférieur à 5%, et (ii) un platier à colonies coralliennes dispersés avec un recouvrement corallien supérieur à 50%. Au vu de la répartition de ces colonies, un évitement total de recouvrement par

le retour à la côte de la protection en enrochement n'est pas envisageable. La solution retenue représente donc

○ Visuel de l'enrochement

Après réflexion il a été décidé d'installer des îlots d'enrochement volcanique du même type que l'enrochement dans le bassin afin de casser cet aspect linéaire.

Le nouveau visuel du projet après extension est visible dans la figure ci-dessous.



Figure 202 : Visuel final du projet d'extension depuis le piton Grande-Anse

5.3.4 La protection en enrochement

Le bassin de baignade de Grande-Anse se présente sous la forme d'un plan d'eau enclôturé par une protection en enrochement franchissable par les vagues et qui par conséquent doit permettre des conditions d'agitation permettant la baignade. Au fil des années, les conditions ainsi créées par la présence de l'enrochement ont permis le développement de colonies coralliennes à l'intérieur du bassin avec une biodiversité et une richesse exceptionnelle.

5.3.4.1 Solutions envisagées

5.3.4.1.1 Approche initiale de conception de la protection en enrochement

5.3.4.1.1.1 Principe de l'approche

Un des critères pour la sécurité de la baignade concerne les franchissements par paquets de mer (vagues qui passent par-dessus l'ouvrage). Bien que ce phénomène soit documenté pour une grande diversité d'ouvrages côtiers dans le guide Eurotop (2018), les valeurs de débits franchissants demeurent très sensibles en fonction des spécificités du site (i.e. caractéristiques de l'ouvrage, conditions de vagues en pied d'ouvrage dépendantes des morphologies de fond environnantes). D'autre part, il n'existe pas, dans la littérature scientifique ou technique, de valeurs seuil de débits franchissants (à ne pas dépasser) dans le cas d'un bassin de baignade ou de méthodologie formellement établie permettant de le déterminer.

Au stade AVP, la démarche a consisté à dire d'expert à fixer une valeur de débit franchissant admissible dans le bassin et garantissant des conditions de baignade sécurisée. Cette interprétation était basée sur les considérations suivantes :

- Le Rock Manual du CETMEF indique une limite de cheminement pour les piétons à 0.1 l/m/s. On imagine que cette valeur a été validée par des retours d'expérience relatifs à des ouvrages portuaires.
- Une valeur maximum de débit franchissant a été fixée à 1l/m/s sans justification spécifique, si ce n'est qu'elle représente une valeur intermédiaire entre ce qui est admissible pour un piéton lambda sur l'enrochement qui ne verrait pas arriver les vagues et serait déstabilisé à partir de 0.1 l/m/s, et une valeur de 10 l/m/s à partir de laquelle on considère qu'il faut constituer une crête de digue et un talus arrière ou que des dégâts peuvent être occasionnés pour des véhicules stationnés sur l'enrochement ou des bateaux amarrés immédiatement en arrière de l'enrochement. Le débit franchissant évoluant de façon logarithmique cette valeur de 1l/m/s équivaut à une augmentation d'un facteur 10 par rapport à la valeur de 0.1l/m/s. Elle a donc été considérée comme valeur limite pour la baignade.
- Il paraissait également intéressant d'évaluer la praticabilité du bassin pour une valeur sécuritaire intermédiaire. Une augmentation du débit franchissant d'un facteur 3 sur l'échelle logarithmique (à mi-chemin entre 0.1 et 1l/m/s) donne un débit franchissant de 0.03l/m/s.

Tableau 4: Débit franchissant critiques

Débit de franchissements admissible (l/m/s)	Dégâts encourus
$q < 0,03$	Aucun danger
$q < 0,1$	Dangereux pour les piétons qui chemineraient sur le mur de soutènement, mais baignade possible dans le bassin.
$q < 1,0$	Baignade interdite

5.3.4.1.1.2 Design initial de la protection en enrochement envisagée

En considérant un seuil de débit franchissant de 1l/m/s, le dimensionnement de la protection en enrochement donnait les caractéristiques suivantes :

Altimétrie de la berme

L'altimétrie de la berme en haut de talus a été fixée arbitrairement à +1,5mNGR. Actuellement le haut de l'enrochement est variable autour de 1,0mNGR.

- Altimétrie de la berme : + 1,50mNGR (+ 2,05mCM)

Largeur minimale de la berme

Selon le Rock Manual, pour une carapace en enrochements naturels, la berme en haut de talus est constituée d'enrochements de même catégorie que ceux de carapace et est composé au minimum de 3 blocs.

Donc dans notre cas : Berme de minimum 2,80m.

Caractéristiques de la berme en fonction du franchissement

Il est constaté par période de fortes houles (événements cycloniques) des franchissements importants sur l'enrochement existante entraînant des projections de matériaux.

D'après le tableau des débits franchissant moyens et limites, en fonction des dégâts encourus par l'ouvrage, donné par le CETMEF dans son Rock Manual (tableau 5.4), nous définissons les valeurs limites données dans le tableau suivant.

Tableau 55: Débit franchissant critiques

Débit de franchissements admissible (l/m/s)	Dégâts encourus
$q < 0,03$	Aucun danger
$q < 0,1$	Dangereux pour les piétons qui chemineraient sur le mur de soutènement, mais baignade possible dans le bassin.
$q < 1,0$	Baignade interdite

Les mesures de franchissements ont été réalisées par la formule tirée du manuel Eurotop II. Le débit statique moyen par mètre linéaire de digue est estimé suivant la formule déterministe, comme suit :

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.1035 \cdot \exp \left[- \left(1.35 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta} \right)^{1.3} \right] \text{ for steep slopes 1:2 to 1:4/3} \quad 6.6$$

Avec :

- H_{m0} : hauteur significative spectrale : $H_{m0} = H_s$
- q : le débit moyen franchissant la crête du talus par mètre
- γ_f : un facteur de correction prenant en compte la rugosité du talus
- γ_β : un facteur de correction prenant en compte l'angle d'incidence de la houle β :
- $\gamma_\beta = 1 - 0.0063|\beta|$
- R_c : la hauteur de la crête depuis le niveau d'eau au repos

Un facteur de réduction correction (C_r) prenant en compte la présence de la berme en crête de talus est utilisé :

$$C_r = 3.06 \exp \left(\frac{-1.5G_c}{H_{m0}} \right)$$

Avec (G_c) la largeur de la berme

Remarque : Le débit franchissant « q » étant directement lié aux caractéristiques de houle et au niveau d'eau, la détermination précise des caractéristiques de l'ouvrage (altimétrie et largeur de la berme en tête de talus) en fonction du débit nécessiterait une étude très précise de propagation des houles fréquentes au droit de l'ouvrage associée à une étude statistique définissant la probabilité d'occurrence d'une houle associée à un niveau d'eau.

Une telle étude n'est pas disponible, mais le rapport Actimar (Annexe 3) donne les caractéristiques de la houle annuelle d'Alizés et Australes au large.

De plus, en moyenne au large de l'ouvrage, 80% des houles sur l'année sont inférieures à 1,80m avec des périodes en majorité avoisinant les $T_p = 12$ à 13s. Nous considérerons ces houles comme fréquentes (avec une atténuation de 50% sur H_s pour la propagation jusqu'à l'ouvrage)

et nous les associerons à un niveau d'eau « pleine mer » : $N_v = 0,14\text{mNGR}$ et considérerons une incidence frontale par rapport à l'ouvrage.

Tableau 56: Résultats des calculs de franchissement

	Berge à 1,0mNGF	Berge à 1,5mNGF
Houle annuelle ($H_s = 1,29\text{m}$; $T_p = 16\text{s}$; Dir = SO ; $N_v = 0,49\text{mNGR}$)	$q = 19,12 \text{ l/s par m}$	$q = 19,12 \text{ l/s par m}$
Houle fréquente ($H_s = 0,9\text{m}$; $T_p = 72\text{s}$; Dir = SO ; $N_v = 0,14\text{mNGR}$)	$q = 1,83 \text{ l/s par m}$	$q = 0,55 \text{ l/s par m}$

Pour rappel :

$q < 0.03 \text{ l/s/m}$: aucun danger

$q > 0.1 \text{ l/s/m}$: dangereux pour les piétons qui chemineraient sur le mur de soutènement, mais baignade possible dans le bassin.

$q > 1.0 \text{ l/s/m}$: baignade dangereuse

Ainsi, le bassin de baignade sera accessible sur 90% des houles par an. Le bassin sera toutefois franchissable lors des épisodes de fortes houles annuelles. Ces franchissements n'auront pas d'enjeux de sécurité à l'intérieur du bassin qui sera inoccupé.

Coupe type de la protection en enrochement

Avec une hypothèse de porosité à 30%, un volume de 4000 mètres cubes d'enrochements est nécessaire, soit environ 7 500 tonnes d'enrochements correspondant à environ 2500 blocs à mettre en place.

A ce stade, il est envisagé une réutilisation des blocs existants en sous-couche (gamme 100 – 300 kg) et partiellement sur la carapace.

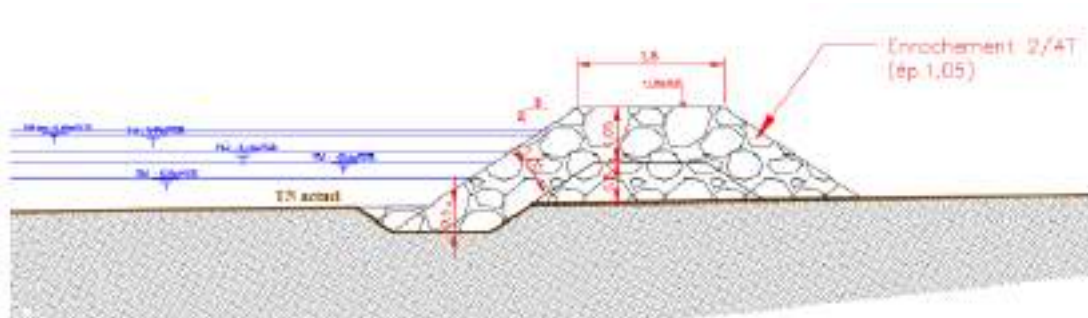


Figure 203: Coupe type de l'enrochement de protection

5.3.4.1.2 Recherche d'une configuration optimisée de la protection en enrochement

5.3.4.1.2.1 L'apport des études australiennes récentes dans la reconsidération de l'approche de conception

Plus récemment, des études australiennes menées par l'Université de Sydney (Carley et al., 2018, 2019) sont parues après la finalisation de la phase d'AVP. Les retours d'expérience sur les bassins de baignade Australien (Ocean Pools) ont permis de préciser des valeurs seuils de débit franchissant sécuritaire pour la conception de ce type de projet dans la mesure où les conditions hydrodynamiques sont comparables (exposition aux vagues, régime de marée microtidal).

En particulier, les travaux menés sur le bassin de *South Curl* (littoral Nord de Sydney) et de *Wyllies Baths* (littoral Sud de Sydney) fournissent des estimations pertinentes de débits franchissant. Dans le cas du bassin de *South Curl*, les débits franchissants (moyens) à marée haute sont de l'ordre de 50 l/m/s pour des conditions vagues moyennement énergétiques, soit la condition la plus fréquente sur le site d'étude, et les conditions de baignade y sont considérées comme «generally acceptably safe».

Ces études, bien qu'elles ne fournissent pas de valeur seuil applicable aux conditions du bassin de Grande Anse, ont montré que les valeurs de débits franchissants sécuritaire peuvent aller au-delà des 1 l/m/s fixé en première approche et qu'une approche par extrapolation comme celle privilégiée au stade AVP n'est pas suffisante.

Ces études récentes ont ainsi amené à reconsidérer l'approche adoptée sur le bassin de Grande Anse pour la détermination du débit franchissant et donc de la détermination de la hauteur de protection du futur ouvrage.

5.3.4.1.2.2 Approche par modélisation hydrodynamique des conditions de débit franchissant

L'apport des études australiennes a conduit à développer une approche par les bureaux d'étude Actimar et BW-CGC afin de déterminer une valeur de débit franchissant sécuritaire pour le bassin de Grande Anse et étudier d'éventuelles optimisations de l'ouvrage de protection en enrochement.

La méthodologie mise en œuvre repose sur l'étude des conditions de débits franchissants pour la configuration existante du bassin, à partir de l'analyse croisée d'images Google Earth, de simulations numériques réalisées avec le modèle à résolution de phase SWASH et des formules empiriques disponibles dans le guide Eurotop déjà décrite en §1.4.6.1.

Les conditions de débits franchissants et les taux de renouvellement des eaux ont été étudiés pour un premier projet d'extension du bassin (Figure 204). Le linéaire d'ouvrage exposé directement aux vagues est approximativement de 274 m. En se référant à l'isobathe 0 m NGR la surface du bassin est de 8 870 m². Pour ce premier projet d'extension, l'arase de l'enrochement est fixée en premier lieu à la cote +1.5 m NGR et mesure environ 3 m de largeur. L'effet d'un ajustement de la cote d'arase de l'ouvrage sur les débits franchissants est analysé ci-après.

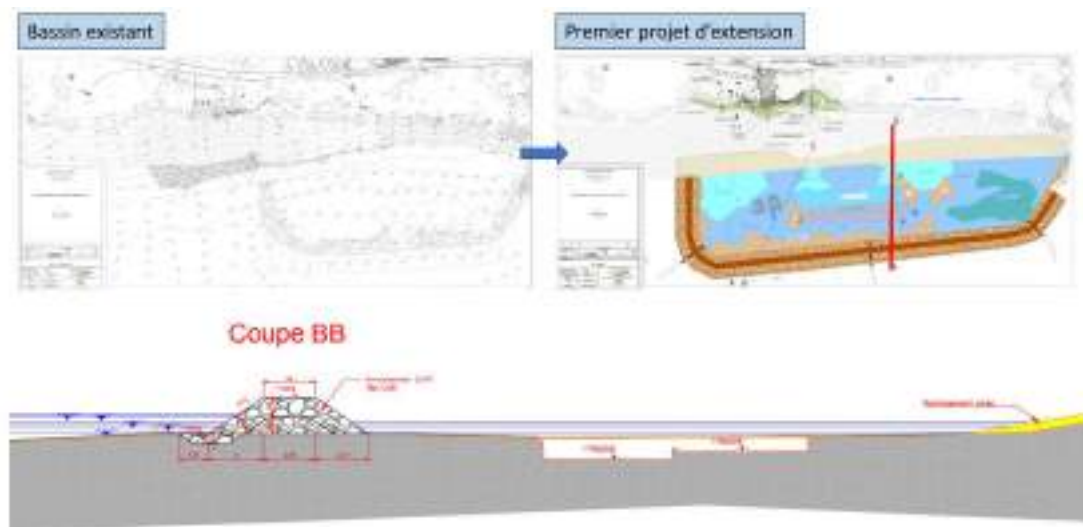


Figure 204 : Premier projet d'extension du bassin de baignade et coupe-type sélectionnée (B-B') pour la mise en place du modèle 1DH SWASH.

Pour l'analyse de franchissements par paquets de mer, les mêmes outils de calcul basés sur le modèle SWASH et l'outil Eurotop ont été appliquées à une coupe type représentative de l'ouvrage projeté telle que représentée sur la Figure 204 (coupe B-B').

La localisation et la bathymétrie du modèle 1DH SWASH mis en place sont représentées sur la Figure 205.

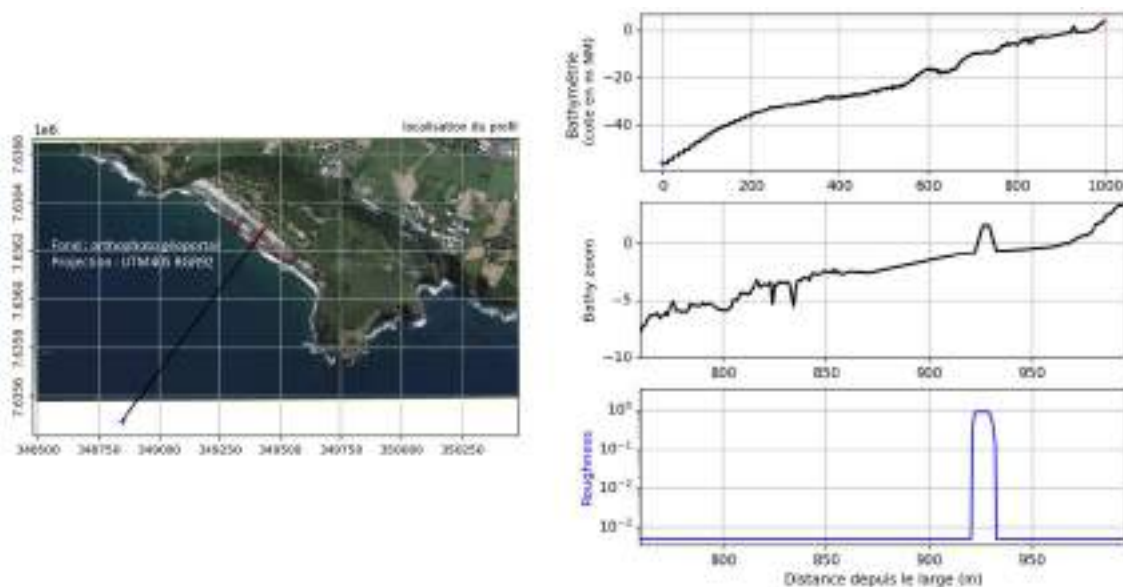


Figure 205 : Modèle 1DH SWASH mis en place pour le premier projet d'extension du bassin, avec une configuration d'ouvrage avec une arase initialement prévue à la cote +1.5 m NGR : localisation du profil, bathymétrie (en m par rapport au niveau moyen, i.e. -0.044 m NGR), et rugosité prescrite afin de tenir compte de l'effet de l'enrochement en enrochement sur les franchissements par paquets de mer.

Les conditions de débits franchissants ont été simulées avec le modèle SWASH et estimées avec la formule de l'Eurotop pour différentes conditions hydrodynamiques et 3 configurations d'ouvrage :

- 3 cotes d'arase testées :
 - +1.5 m NGR (cote de référence pour ce premier projet d'extension)
 - +1.3 m NGR
 - +1.1 m NGR
- 4 niveaux d'eau :
 - BMinf (-0.354 m NGR)
 - NM (-0.044 m NGR)
 - PMsup (+0.146 m NGR)
 - PHMA (+0.366 m NGR)
- 4 conditions de vagues incidentes correspondant à différents percentiles de hauteurs significatives de vagues et à leurs périodes de pic représentatives (percentiles P ; sorties MARC IFREMER)
 - P10 (Hs=1.23 m ; Tp=12.03 s) -> pour les 4 niveaux
 - P50 (Hs=1.78 m ; Tp=12.78 s) -> pour les 4 niveaux
 - P90 (Hs=2.57 m ; Tp=13.27 s) -> pour les 4 niveaux
 - P99 (Hs=3.61 m ; Tp=14.72 s) -> NM uniquement

Les résultats de débits franchissants simulés avec le modèle SWASH et déduits de la formule de l'Eurotop pour les différentes conditions hydrodynamiques et les 3 configurations d'ouvrage sont synthétisés sur la Figure 206. Les débits franchissants sont représentés en fonction de la revanche relative (R_c/H_{m0}), des niveaux d'eau et des hauteurs de vagues incidentes, ou encore de la vitesse des lames d'eau franchissantes. Les résultats mettent à nouveau en évidence une bonne cohérence entre les estimations de débits franchissants issues de SWASH et de l'Eurotop.

Synthèse des résultats de débits franchissants (Q) et de vitesses maximales associées (V_{max}), obtenus pour les différentes configurations le long du profil sur la partie projetée du bassin

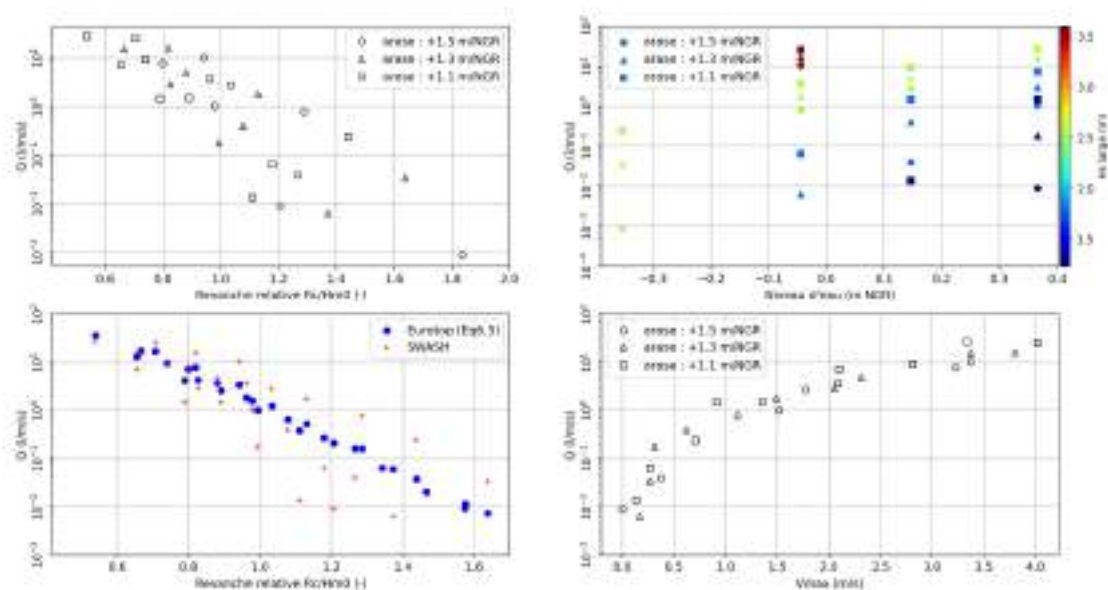


Figure 206 : Synthèse des débits franchissants obtenus avec le modèle SWASH pour les 3 configurations d'ouvrage caractérisées par différentes cotes d'arase, représentés en fonction de la revanche relative R_c/H_{m0} , du niveau d'eau et des hauteurs de vagues incidentes, ou de la vitesse maximale des lames d'eau franchissantes au niveau de l'arase (graphes du haut et en bas à droite).

En bas à gauche : comparaison des débits franchissants SWASH et de l'Eurotop pour l'ensemble des configurations d'ouvrage testées, représentés en fonction de la revanche relative.

En considérant les niveaux d'eau issus de l'atlas de marée FES2014 et les sorties du modèle de vagues MARC IFREMER, un rejeu de débits franchissants a été réalisé sur la période 2017-2021 à partir de la formule de l'Eurotop pour les 3 configurations d'ouvrage (Figure 207). Un zoom sur une période d'environ 10 jours (i.e. environ un cycle ME-VE) caractérisée par des conditions moyennes de vagues (Hs proches du percentile 50) est présenté sur la Figure 208. Les volumes franchissants à l'échelle de l'ouvrage intégrés sur chaque cycle de marée successif sont notamment représentés et mis en regard par rapport au volume du bassin projeté pour les 3 configurations.

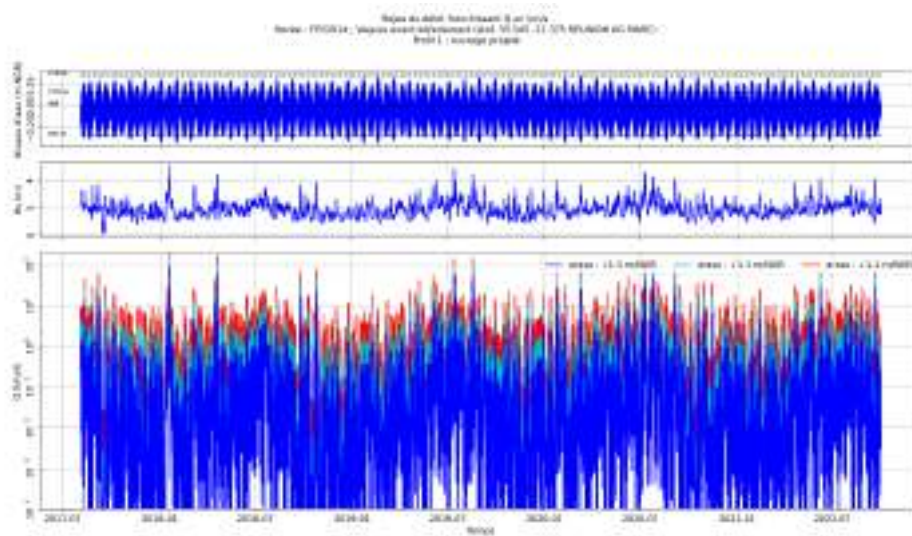


Figure 207 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s) réalisé à partir de la formule de l'Eurotop sur la période 2017-2021 pour les 3 configurations d'ouvrage caractérisées par différentes cotes d'arase. Les données d'entrée de niveaux d'eau (atlas FES2014) et de vagues (Hs extraits du modèle MARC IFREMER) sont également présentées.

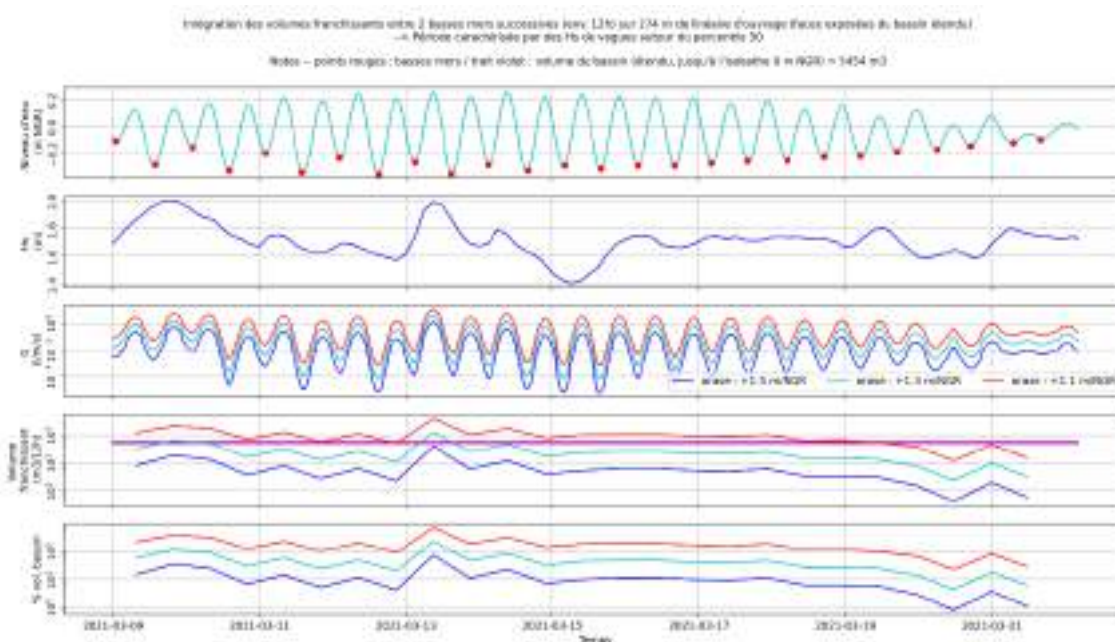


Figure 208 : Rejeu de débit franchissant (Q en l/m/s), réalisé à partir de la formule de l'Eurotop, présenté sur une période caractérisée par des hauteurs de vagues moyennes (H_s proches du percentile 50), pour les 3 configurations d'ouvrage caractérisées par différentes cotes d'arase. Sur les 2 graphes du bas, les volumes franchissants sont intégrés entre 2 basses mers successives sur l'ensemble du linéaire de l'ouvrage directement exposé à la houle (en $m^3/12h$), et ces volumes sont mis en regard avec le volume du bassin (trait violet). Note : % vol. bassin = (volume franchissant / volume bassin) $\times 100$.

Tableau 57 : Débit franchissants moyen en l/m/s en fonction des niveaux d'eau, de la cote d'ouvrage et de la méthode de calcul (formule Eurotop ou modèle SWASH)

	Débit franchissant moyen (l/m/s)					
	+1.5 m NGR		+1.3 m NGR		+1.1 m NGR	
	Eurotop	SWASH	Eurotop	SWASH	Eurotop	SWASH
NM	0.021	0.032	0.1	0.18	0.41	0.63
PMsup	0.32	0.44	1.1	1.12	3.86	2.83
PHMA	2.55	2.39	7.8	5.4	20.4	12.51

Les résultats de débits franchissants obtenus confirment la pertinence d'abaisser l'arase de l'ouvrage projeté à +1.1 m NGR (au lieu de +1.5 m NGR initialement prévu) vis-à-vis :

- De la sécurité de la baignade, avec un respect du seuil de 10 l/m/s plus de 95% du temps. Par exemple, le débit franchissant est estimé à 7.15 l/m/s pour un niveau d'eau exceptionnel (PHMA) et des conditions moyennes de vagues (Figure 209). La combinaison de conditions de vagues médianes et d'un niveau de pleine mer peu fréquent représente bien une durée cumulée (en moyenne par an) faible. De plus, la sécurité sera renforcée par rapport à la configuration existante étant donné que la section exposée de l'ouvrage ne présentera pas de singularités (points bas) et que le muret sur lequel se réfléchissent les vagues (à pleine-mer) sera supprimé.
- Des volumes franchissants à l'échelle d'un cycle de marée, proches du volume du bassin lui-même pour des conditions de vagues médianes, qui semblent optimales pour répondre aux critères de renouvellement des eaux.

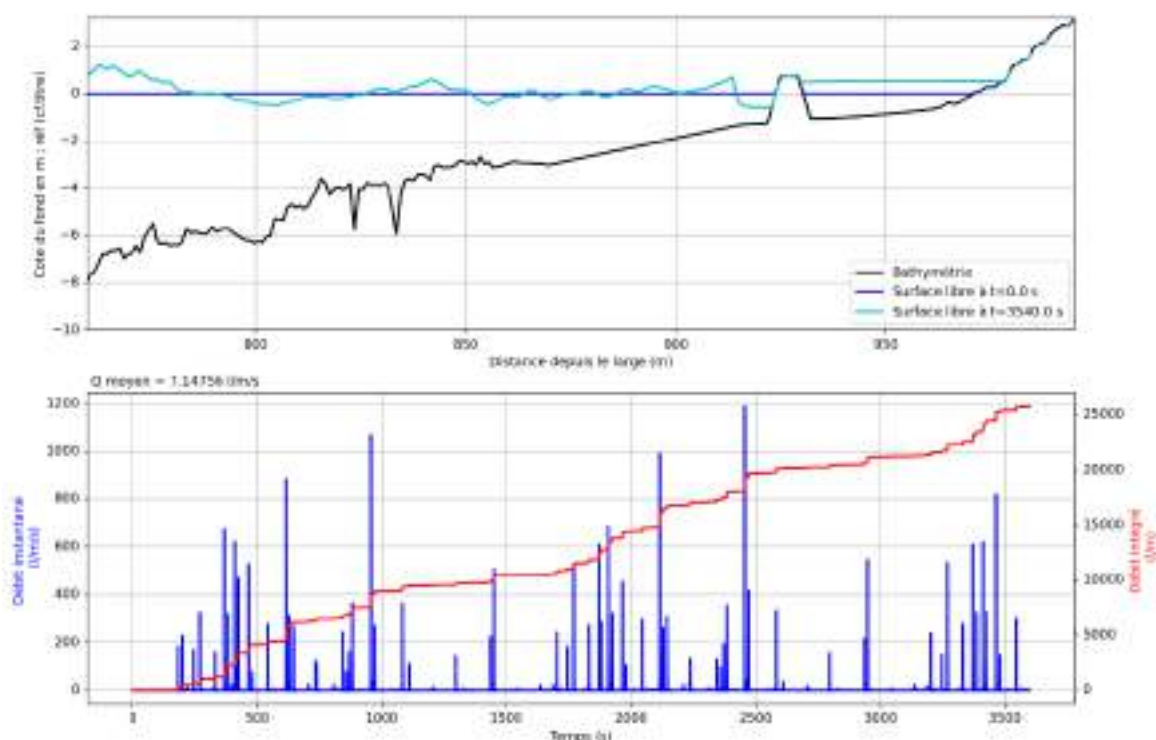


Figure 209 : Résultats du modèle SWASH (débits franchissants instantanés et intégrés au cours du temps) obtenus pour le premier projet d'extension du bassin avec une cote d'arase à +1.1 m NGR pour des conditions de vagues moyennes ($H_s=1.78$ m, $T_p=12.78$ s) et un niveau d'eau de référence de PHMA (i.e. « 0 » sur le graphe du haut = +0.366 m NGR). Le débit franchissant moyen obtenu sur l'heure simulée est de 7.15 l/m/s.

5.3.4.2 Solution retenue

Suite aux résultats des modélisations numériques, la conception de l'ouvrage a ainsi été modifiée afin de prendre en compte :

- Un abaissement de la cote de l'ouvrage à +1.1m NGR afin de favoriser le franchissement
- La nécessité de création d'une butée de pied intérieure suite aux recommandations du géotechnicien (G2PRO – Géolithe). Ainsi la largeur de l'enrochement augmente d'environ 0.8m (max)
- Le dimensionnement de la carapace par le biais de la formule de Van Der Mer grâce aux paramètres d'entrée fournis par l'étude hydrodynamique des débits franchissants par Actimar et BW-CGC. En première approche, le dimensionnement avait été réalisé grâce à la formule de Hudson qui est utilisé pour un prédimensionnement des digues et qui donne généralement des valeurs un peu sur-dimensionnantes.

Un atelier organisé avec les services de l'Etat, la commune, ainsi que l'association Vie Océane en date du 08/06/2022 a permis d'acter les principales adaptations du projet pour un meilleur fonctionnement et un impact moindre. Dans cette optique, la maîtrise d'œuvre a proposé un raccourcissement de l'ouvrage de 25m pour s'arrêter au niveau de P03, les blocs existants étant uniquement remaniés dans la portée de l'engin. Ainsi, la zone sud-est du bassin ne sera que très peu voire pas remaniée afin de conserver une bonne pénétration des eaux du large dans ce secteur où se concentre la biodiversité récifale.

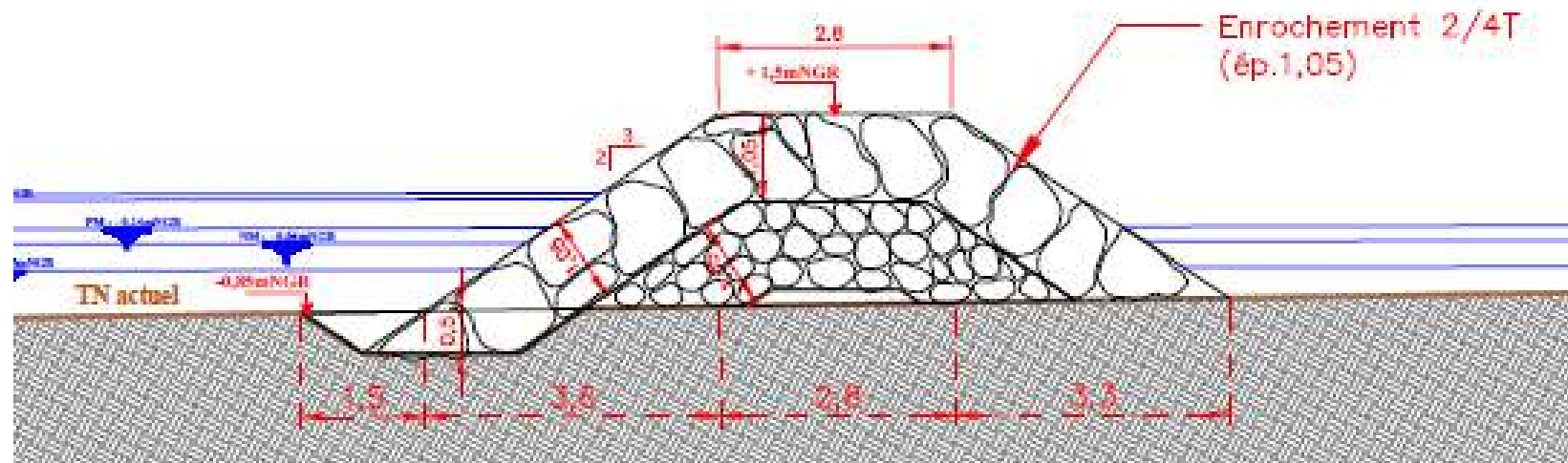


Figure 210 – Coupe type de la protection en enrochement initialement envisagé

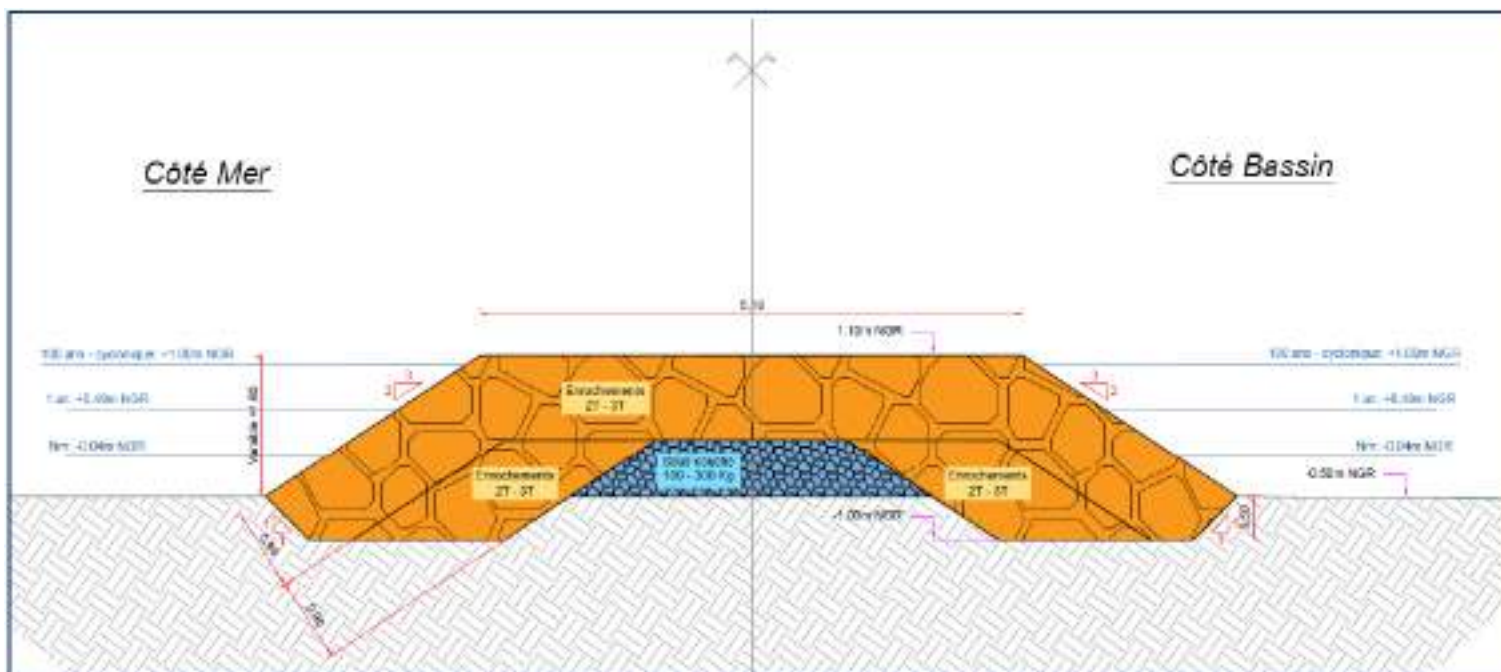


Figure 211 : Coupe type de la protection en enrochement retenue sur le tronçon principal

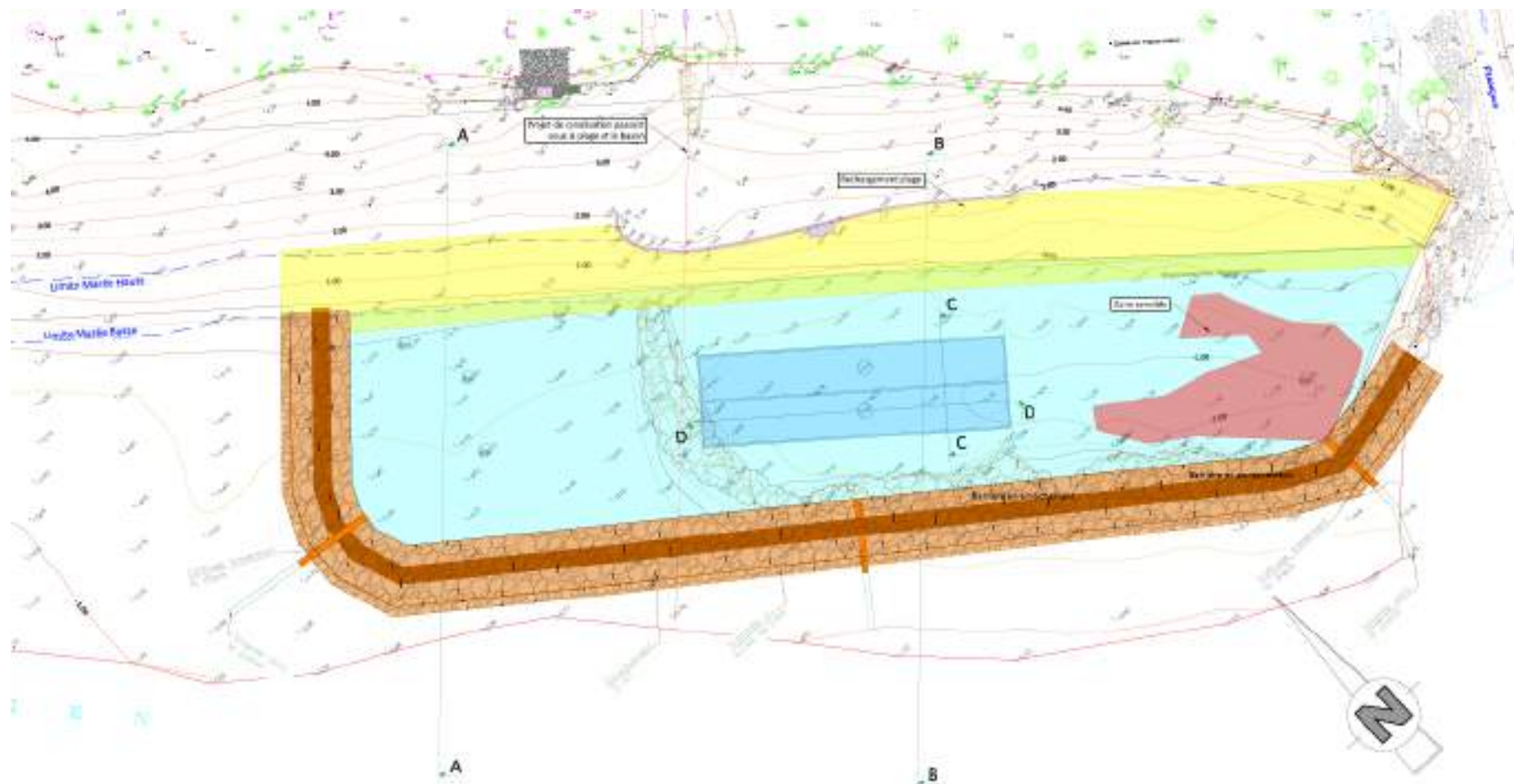


Figure 212 : Vue en plan du projet initial envisagé pour la protection en enrochement

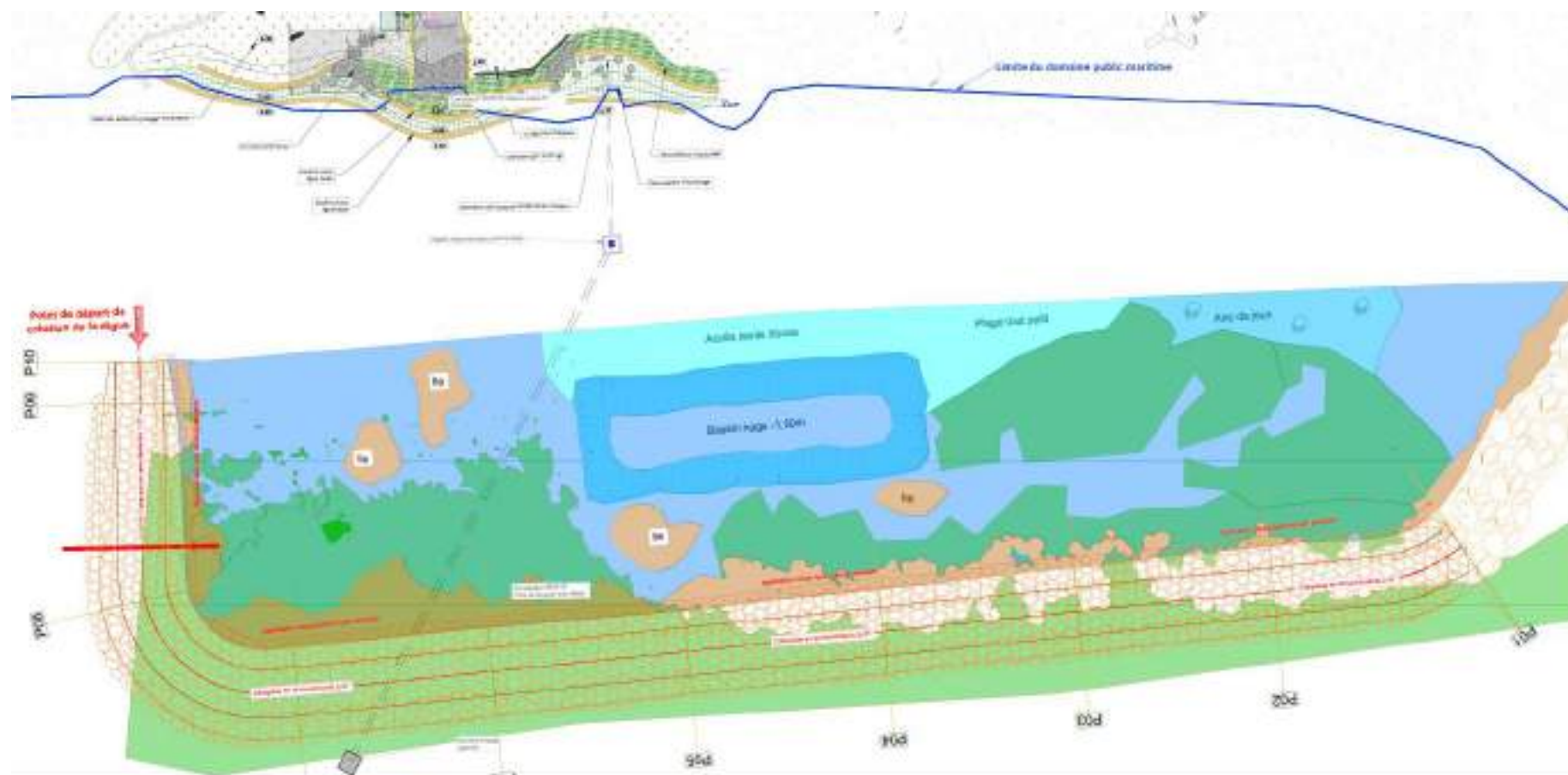


Figure 213: Vue en plan de l'aménagement du bassin retenu

5.3.5 L'aménagement hydraulique du talweg

5.3.5.1 Solutions envisagées

La stratégie proposée d'aménagement hydraulique au niveau de l'exutoire du talweg vise à limiter les risques d'interdiction de baignade pour cause de pollution de l'eau en raison de l'occurrence de crue fréquentes (autour de 3 à 6 mois). En effet, la ravine ne recueille pas d'exutoire aménagé de réseau humide mais est susceptible de capter des polluants et contaminations anthropiques sur son parcours, en particulier dans la traversée de l'arrière-plage ou plus en amont au niveau de l'hôtel.

Différentes solutions ont été envisagées pour limiter le déversement des eaux pluviales dans l'emprise du bassin de baignade et sont présentées ci-dessous (Figure 214).



Figure 214: Solutions envisagées pour l'aménagement de l'exutoire du talweg

○ **Solution 0 : Aucun aménagement**

Dans ce cas il existait un risque de piégeage des sédiments et des polluants éventuels dans le bassin étendu. Ce projet d'extension du bassin conduit en effet à intégrer l'exutoire de la ravine dans la zone de baignade et constitue un risque avéré pour la qualité des eaux de baignade.

○ **Solution 1 : Dérivation de la ravine centrale dans la ravine des Français à l'Est du site**

Cette solution était probablement la plus efficace pour la gestion du bassin de baignade mais présentait de nombreux inconvénients :

- Impact sur le milieu naturel terrestre de l'arrière-plage lié aux travaux de pose d'un ouvrage enterré de type cadre (abattage d'arbres en zone sensible) ;
- Impact hydraulique sur le fonctionnement de la ravine des Français nécessitant des aménagements complémentaires.

○ **Solution 2** : Endiguement de la ravine sous la plage et dans la traversée du bassin de baignade (séparation du bassin en deux espaces)

Cette solution permettrait de constituer un débouché pour la ravine en essayant de contrôler l'espace dédié à ce débouché. Elle nécessiterait :

- Environ 75 mètres linéaires d'enrochement supplémentaire soit une augmentation du linéaire d'environ 20% ;
- La pose d'un ouvrage enterré de type cadre sur environ 65 mètres linéaires sous la plage
- Un déroctage en aval du cadre pour assurer une continuité des écoulements.

Cette solution présentait également des inconvénients significatifs :

- L'organisation de la baignade en 2 bassins séparés
- L'ensablement du chenal créé entre les 2 zones de baignade
- Le profil en long de l'ouvrage cadre qui impose une faible charge sous la plage pour permettre un débouché direct dans le chenal.

○ **Solution 3** : Canalisation de la ravine sous la plage et sous le bassin

Cette solution est une adaptation de la solution n°2 avec un prolongement de l'ouvrage cadre sous le bassin ; elle nécessite donc :

- La pose d'un cadre sur environ 65 mètres sous la plage et 40 mètres en mer (sous une profondeur de l'ordre de 1,50 mètres)
- Un déroctage en aval du cadre pour assurer une continuité des écoulements.

Cette solution permet d'optimiser la surface de baignade, tout en laissant une grande marge de manœuvre pour l'aménagement de la plage.

Toutefois cet aménagement présente l'inconvénient de réaliser des travaux en mer et les interventions en cas de dépôts sédimentaires en sortie de cadre seront plus contraignantes.

5.3.5.2 Solution retenue

A l'issue des Etudes Préliminaires, la solution n°3 a été retenue au regard des contraintes environnementales et sédimentaires. L'exutoire du talweg sera en mer en dehors de l'emprise du bassin de baignade (Figure 215).

L'idéal aurait été de pouvoir avoir une pente constante pour la canalisation afin de limiter le risque de création de zones de dépôts. Mais compte tenu du profil en long de l'existant (pente forte au niveau de la plage et pente faible du fond marin un changement de pente est impératif pour ne pas avoir des profondeurs jugées excessives (supérieures à 5m). La canalisation sera toutefois relativement profonde en amont, sur le profil de plage (de l'ordre de 3 mètres) ce qui permettra de la protéger sous la plage lors des grandes houles.

Au niveau de la sortie, l'idéal aurait été d'un point de vue hydro-sédimentaire de pouvoir déboucher à gueule bée dans la pente. La canalisation sera à environ 1.50 m sous le niveau du fond (pour passer sous l'endiguement). Pour déboucher à gueule bée, il faudrait prolonger la canalisation de plusieurs dizaines de mètres au-delà de l'enrochement projetée, pour aller chercher le tombant, qui plus est dans la zone de déferlement à des cotes de l'ordre de -2m NGR. Compte tenu de la difficulté à réaliser ces travaux il est envisagé de faire déboucher la canalisation dans une fosse remplie de matériaux drainants et résistants à la houle (Figure 216).

Figure 216: Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique

6 ANALYSE DES METHODES ET DIFFICULTES

6.1 Cadre réglementaire

L'article R122-5 du code de l'environnement fixe le contenu des études d'impact et précise en particulier que l'étude d'impact devra présenter :

« [...] »

8° Une présentation des méthodes utilisées pour établir l'état initial et évaluer les effets du projet sur l'environnement et, lorsque plusieurs méthodes sont disponibles, une explication des raisons ayant conduit au choix opéré ;

9° Une description des difficultés éventuelles, de nature technique ou scientifique, rencontrées par le maître d'ouvrage pour réaliser cette étude.

[...] »

6.2 Préambule

La description détaillée du projet et la connaissance optimale de l'état initial de l'environnement sur le site et ses abords constituent le préalable indispensable à l'évaluation des impacts générés par le projet d'extension du bassin de Grande-Anse.

Dans le cadre du projet, SAFEGE a réalisé sa mission en s'appuyant sur les données produites par le maître d'ouvrage, sur des reconnaissances de terrain et sur la collecte de l'ensemble des données utiles à la démarche.

Le recueil des informations disponibles et la phase d'observation sur le terrain mais également d'enquêtes ont été réalisés dans un souci d'objectivité et d'exhaustivité.

La démarche et le raisonnement consistant à estimer les impacts attendus sont caractérisés par :

- une démarche inductive qui part des faits, observations et mesures, qui critique ses résultats et tient compte de l'expérience ;
- un souci d'objectivité pour les prévisions, tout en laissant une part de subjectivité aux appréciations évaluées non mesurables ;
- une incertitude des résultats escomptés qui sont relatifs (et jamais absolus) et sous-entendent le rôle non négligeable de l'imprévisible et du hasard ;
- un raisonnement rigoureux et scientifique, méthodique, à l'inverse d'une approche basée sur une opinion, caractérisée pour cette dernière par une appréciation ou basée sur des sentiments, des impressions et des goûts.

Ainsi l'étude d'impact est le résultat d'une succession d'études techniques et de phases de concertation permettant d'affiner progressivement la consistance et les caractéristiques générales de l'opération.

À chacune des phases et avec une précision croissante, les études d'environnement comportent :

- l'établissement d'un état initial,
- l'identification et l'évaluation des effets des différents partis ou variantes envisagées,
- la comparaison de ces partis ou variantes au plan de l'environnement,
- la définition des mesures d'insertion à envisager.

L'identification et l'évaluation des effets tant positifs que négatifs ont été effectués chaque fois que possible par des méthodes officielles ou éprouvées.

L'évaluation est effectuée thème par thème puis de façon systémique. Cette évaluation est quantitative chaque fois que possible, compte tenu de l'état des connaissances, ou qualitative.

6.3 Analyse des méthodes et difficultés pour l'étude de l'état initial

Les méthodes d'analyses et d'études utilisées pour caractériser l'environnement de ce projet et le projet lui-même, sont déterminées dans un premier temps par une démarche exploratoire visant à identifier, a priori, les sensibilités et les enjeux les plus évidents, en fonction :

- d'une première appréciation fondée sur des visites de terrains (recherches sur le terrain même et dans son environnement proche).
- d'enquêtes effectuées auprès des services administratifs, des acteurs économiques et des résidents installés dans cette zone afin d'établir un inventaire des contraintes environnementales :
 - INSEE,
 - Commune
 - SDAGE
 - SAGE
 - Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM)
 - Office de l'Eau
 - DEAL

À partir de ces premières données, est fixé un canevas de collecte et d'analyses d'informations concernant les différents thèmes à traiter en fonction de leur "priorité" en termes de sensibilité. Le choix, le poids et la finesse de la méthode retenue pour traiter chaque thème de l'état actuel, sont donc variables et ajustés aux réalités locales ; ces méthodes et les moyens d'investigation mis en œuvre sont susceptibles d'évoluer en cours d'étude si apparaissent des sensibilités nouvelles ou des sensibilités particulières plus importantes que leur estimation de départ.

6.3.1 Sol et sous-sol

La connaissance géologique et hydrogéologique du secteur a été établie à partir de la carte géologique au 1/50 000 et les données du BRGM, de la DEAL et des études antérieures.

6.3.2 Eau

Les données disponibles sont les suivantes :

- Plan de localisation
- Carte IGN
- Photographies

Les couches SIG ainsi que les rapports fournis par la DEAL ont permis d'analyser les différentes masses d'eau.

6.3.3 Océanographie

La connaissance des conditions hydrodynamiques dans la zone du projet provient de l'étude réalisée par Actimar en Octobre 2019.

6.3.4 Air et climat

Les données climatologiques proviennent de Météo-France.

6.3.5 Milieux naturels

Une analyse faunistique et floristique a été réalisée par le bureau d'étude BIOTOPE en mars 2019 dans le cadre du projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse.

6.3.6 Environnement humain

Le Plan Local d'Urbanisme de la ville de Petite-Ile a été étudiés afin de vérifier sa compatibilité avec le projet.

L'inventaire des captages d'alimentation en eau potable et leurs périmètres de protection ont été déterminés à partir des bases de données SIG fournis par la DEAL.

6.3.7 Paysage

Une étude spécifique a été réalisée par les cabinets d'architecture UniVertDurable et Altitude 80 dans le cadre des études d'Avant-Projet. Elle a permis de réaliser l'analyse paysagère fondée sur des observations de terrain et sur le constat des effets visuels.

6.3.8 Risques naturels et technologiques

Les données concernant les risques inondations et mouvement de terrain ont été obtenus à partir du Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de la commune de Petite-Ile.

Le risque technologique a été évalué par l'analyse de la base de données des ICPE aux abords du site.

6.4 Analyse des méthodes et difficultés pour l'évaluation des effets

Aucune difficulté technique ou scientifique particulière n'a été rencontrée dans l'évaluation des effets de ce projet sur l'environnement. L'expérience de l'équipe de projet sur ce type de dossier et la collaboration du Maître d'Ouvrage ont été mises à profit pour son élaboration.

6.4.1 Effets sur le sol et le sous-sol

Le contexte a été appréhendé à partir des données existantes (Carte géologique du BRGM, Banque de données du sous-sol, BSS du BRGM), de diverses études réalisées par le BRGM.

Une étude hydrodynamique et sédimentaire a été réalisée par Actimar. Celle-ci se trouve en annexe 3.

6.4.2 Effet sur les eaux

La gestion des eaux de l'ensemble du projet a été étudiée par SAFEGE.

6.4.3 Effet sur l'air et le climat

L'étude des effets possibles du projet sur la qualité de l'air a été réalisée par SAFEGE.

6.4.4 Effet sur les milieux naturels

L'étude faune flore a été réalisée par le bureau d'études BIOTOPE.

Cette partie a été appréhendée à partir de :

- Des relevés de terrain ;
- Une analyse des données bibliographiques ;

- Une analyse des inventaires mis à disposition par la DEAL (ZNIEFF, Zones humides, sites classés et sites inscrits).

L'étude mise en œuvre a porté sur l'ensemble des chapitres de l'étude d'impact. Elle s'est basée sur des reconnaissances de terrain sur la faune et la flore, sur les fonctions écologiques du secteur. Elle a permis de déterminer les impacts sur le milieu naturel.

6.4.5 Effet sur le paysage

La notice sur l'insertion urbaine et le paysage a été réalisée par les Cabinets d'Architecture UniVertDurable et Altitude 80.

Le volet paysager de l'étude d'impact a été mené à partir d'un travail détaillé de terrain, d'analyse photographique depuis les points de vue terrestre.

6.5 Difficultés éventuelles rencontrées

6.5.1 Sur le plan technique

La difficulté dans l'évaluation résulte de l'avancement des études techniques. Il est donc parfois difficile d'apprécier finement les impacts concernant tous les thèmes développés dans le corps de l'étude d'impact. Par exemple, la gêne pendant la phase travaux est fonction du mode opératoire et de la réalité des contraintes techniques.

Les retours d'expériences permettent, toutefois, de proposer des mesures adaptées à ce jour pour supprimer ou réduire les impacts du projet sur l'environnement naturel et humain, mais qui peuvent évoluer.

6.5.2 Sur le plan scientifique

L'objectif du projet est de concevoir un bassin de baignade permettant d'atteindre les objectifs de performance suivants :

- assurer les conditions de renouvellement d'eau imposés par l'Agence Régionale de Santé: "La totalité du volume de la zone de baignade artificielle doit être renouvelée en moins de 12 heures [...]. Ce renouvellement est permanent et assuré par un apport d'eau neuve" (cf. Article D. 1332-51 du Code de la Santé publique créé par Décret n° 2019-299 du 10 avril 2019 relatif à la sécurité sanitaire des baignades artificielles)
- assurer la sécurité des baigneurs vis-à-vis des conditions d'agitation et vis-à-vis du risque requin, tout en assurant le maximum de jours d'ouverture à la baignade ;
- garantir la pérennité de l'ouvrage dans les conditions hydrodynamiques normales et extrêmes.

Il n'existe pas de design formel pour les bassins de baignade dans la mesure où ceux-ci sont implantés dans une grande diversité de contexte environnementaux. Leur conception dépend ainsi de nombreux facteurs à prendre en compte:

- -nature de la côte et des fonds: en fonds meubles, sur fond rocheux...
- -localisation du bassin: situés en avant plage en zone intertidale ou sur une plateforme rocheuse...
- -mode d'apport et de renouvellement de l'eau: alimenté par le franchissement des vagues, la marée ou des systèmes de pompage...

- -mode de clôture du bassin: les bassins peuvent être partiellement ou totalement clôturer par un ouvrage de protection maçonné ou des enrochements libres...
- -conditions d'agitation du milieu: hauteur, direction et période des vagues, sollicitations induites par ces conditions sur les ouvrages...

En conséquence, il existe peu de bibliographie technique sur les bassins de baignade (Carley et al., 2019). En effet nombres de ces ouvrages ont été construit de façon informelle durant les 50 dernières années. Des études récentes en Australie s'intéressent aux bassins de baignade construit en nombre sur les côtes rocheuses à la fin des années 1800 jusqu'aux années 1930 : environ 70 bassins de baignade sont recensés uniquement dans l'état de New South Wales (Carley et al. 2018).

D'autres bassins de baignade, également appelés "piscine d'eau de mer" ou "tidal pool" ont pu être recensés:

- • En France métropolitaine: des bassins de baignade sont recensés (Saint-Quay-Portrieux en Côtes d'Armor, Granville en Normandie, la piscine d'eau de mer de la plage de Bon-secours à Saint Malo, le bassin Dombret aux Sables d'Olonne...)
- • En Afrique du Sud dans la région du Cap (Camps Bay à Cape Town, St James et Dale Brook dans la région de False Bay...)

Ces bassins sont toutefois situés en contexte macrotidal où le marnage est suffisant pour assurer un renouvellement de l'eau. Ces exemples ne sont pas transposables au contexte du littoral de La Petite-Ile où le bassin de baignade doit s'implanter dans un contexte microtidal donc avec un renouvellement d'eau assuré principalement par le franchissement des vagues.

Dans le cadre du bassin de Grande Anse, l'ouvrage de clôture du bassin de baignade s'apparente à un ouvrage de protection maritime. L'ouvrage technique de référence en ingénierie côtière est le Rock Manual (Guide enrochements ou Rock Manual on the use of rock in costal and shoreline engineering – CIRIA, 2005). Ce guide technique de référence fixe toutes les règles de dimensionnement des ouvrages (géométrie, blocométrie...) en fonction des sollicitations du milieu.

En particulier, la côte altitudinale de l'ouvrage apparait comme une valeur déterminante pour le fonctionnement du bassin: elle doit permettre d'assurer un franchissement suffisant des vagues pour l'apport d'eau neuve tout en garantissant des conditions d'agitation sécuritaire pour les baigneurs.

Or, le Rock Manual ne propose que des conditions liant franchissabilité des vagues et conditions de sécurité pour des piétons, véhicules, bâtiment en arrière de l'ouvrage. Aucun état de l'art scientifique ne permet d'établir ces conditions pour les conditions typiques de la zone d'étude .

Une approche spécifique couplant une approche empirique d'estimation des débits franchissants sur site à partir d'images Google Earth et la modélisation numérique 1DH a dû être mise en œuvre spécifiquement pour le projet.

7 COMPATIBILITE AVEC LES DOCUMENTS DE PLANIFICATION DU TERRITOIRE

7.1 Le Schéma d'Aménagement Régional (SAR)

Le Schéma d'Aménagement Régional de la Réunion, souvent appelé SAR de La Réunion, est le document d'urbanisme et d'aménagement régional de La Réunion. A La Réunion, un premier SAR a été approuvé en 1995 dont la dernière modification a été approuvée par arrêté préfectoral N°2020-1993/SG/DCL/BU du 10 juin 2020.

Le SAR fixe les grandes orientations en matière d'aménagement du territoire et dégage 4 grandes priorités :

- Répondre aux besoins d'une population croissante et protéger les espaces naturels agricoles;
- Renforcer la cohésion de la société réunionnaise dans un contexte de plus en plus urbain ;
- Renforcer le dynamisme économique dans un territoire solidaire ;
- Sécuriser le développement du territoire en anticipant les changements climatiques.

Le site de Grande Anse est concerné par :

- la prescription N°1 du SAR – Prescriptions relatives aux espaces naturels de protection forte :

- 1) **Prescription générale applicable à tous les espaces naturels de protection forte.**
Les espaces naturels de protection forte identifiés dans la « Carte de destination générale des sols » doivent être maintenus dans leur vocation. En conséquence, ils recevront dans les documents d'urbanisme locaux un classement approprié, faisant obstacle à tout changement d'affectation non compatible avec le maintien de leur vocation naturelle. Quelle que soit leur vocation, toutes les constructions et tous les aménagements dont la réalisation a été autorisée doivent être conçus et implantés de façon à minimiser leur impact écologique et paysager, notamment dans leur localisation et leur aspect. Il revient aux documents d'urbanisme locaux de fixer les règles qui mettront en œuvre l'obligation de principe faite aux constructions nouvelles et aux aménagements d'avoir un impact écologique et paysager très réduit notamment dans leur localisation et leur aspect.
- 2) **Prescriptions applicables aux espaces naturels remarquables du littoral à préserver :** Les espaces naturels remarquables du littoral qui présentent un intérêt régional, en application de l'article R.146-1 du code de l'Urbanisme, sont répertoriés dans un inventaire qui figure aux pages 148 à 155 dans le chapitre valant SMVM et sont identifiés en tant que tels dans les 23 cartes de ce chapitre, pages 184 à 231. Il revient aux SCOT et aux PLU de procéder à leur échelle à une délimitation précise, fondée sur la présence des éléments qui contribuent à leur donner un caractère remarquable ; il leur appartient également d'identifier les espaces naturels remarquables du littoral de moindre taille. Les dispositions qui sont applicables dans ces espaces sont celles des articles L.121-23 à 26 et R.121-35 du code de l'Urbanisme.

L'article L121-24 du Code de l'Urbanisme précise que « Des aménagements légers, dont la liste limitative et les caractéristiques sont définies par décret en Conseil d'Etat, peuvent être implantés dans ces espaces et milieux lorsqu'ils sont nécessaires à leur gestion, à leur mise en valeur notamment économique ou, le cas échéant, à leur ouverture au public, et qu'ils ne portent pas atteinte au caractère remarquable du site. »

L'article R121-5 du Code de l'Urbanisme Modifié par Décret n°2019-482 du 21 mai 2019 - art. 1er fixe de façon exhaustive les aménagements légers autorisés. Le projet est concerné par l'alinéa 1 :

« Seuls peuvent être implantés dans les espaces et milieux mentionnés à

l'article L. 121-24, dans les conditions prévues par cet article, les aménagements légers suivants, à condition que leur localisation et leur aspect ne dénaturent pas le caractère des sites, ne compromettent pas leur qualité architecturale et paysagère et ne portent pas atteinte à la préservation des milieux :

*1° Lorsqu'ils sont nécessaires à la gestion ou à l'ouverture au public de ces espaces ou milieux, **les équipements légers et démontables nécessaires à leur préservation et à leur restauration, les cheminements piétonniers et cyclables et les sentiers équestres ni cimentés, ni bitumés**, les objets mobiliers destinés à l'accueil ou à l'information du public, les postes d'observation de la faune ainsi que les équipements démontables liés à l'hygiène et à la sécurité tels que les sanitaires et les postes de secours lorsque leur localisation dans ces espaces est rendue indispensable par l'importance de la fréquentation du public.*

2° Les aires de stationnement indispensables à la maîtrise de la fréquentation automobile et à la prévention de la dégradation de ces espaces par la résorption du stationnement irrégulier, sans qu'il en résulte un accroissement des capacités effectives de stationnement, à condition que ces aires ne soient ni cimentées ni bitumées et qu'aucune autre implantation ne soit possible ;

3° La réfection des bâtiments existants et l'extension limitée des bâtiments et installations nécessaires à l'exercice d'activités économiques ;

4° A l'exclusion de toute forme d'hébergement et à condition qu'ils soient en harmonie avec le site et les constructions existantes :

a) Les aménagements nécessaires à l'exercice des activités agricoles, pastorales et forestières dont à la fois la surface de plancher et l'emprise au sol au sens de l'article R. 420-1 n'excèdent pas cinquante mètres carrés ;

b) Dans les zones de pêche, de cultures marines ou lacustres, de conchyliculture, de saliculture et d'élevage d'ovins de prés salés, les constructions et aménagements exigeant la proximité immédiate de l'eau liés aux activités traditionnellement implantées dans ces zones, à la condition que leur localisation soit rendue indispensable par des nécessités techniques ;

c) A la condition que leur localisation dans ces espaces corresponde à des nécessités techniques, les canalisations nécessaires aux services publics ou aux activités économiques, dès lors qu'elles sont enfouies et qu'elles laissent le site dans son état naturel après enfouissement, et que l'emprise au sol des aménagements réalisés n'excède pas cinq mètres carrés.

5° Les aménagements nécessaires à la gestion et à la remise en état d'éléments de patrimoine bâti reconnus par un classement au titre de la loi du 31 décembre 1913 ou localisés dans un site inscrit ou classé au titre des articles L. 341-1 et L. 341-2 du code de l'environnement.

6° Les équipements d'intérêt général nécessaires à la sécurité des populations et à la préservation des espaces et milieux.

Les aménagements mentionnés aux 1°, 2° et 4° et les réfections et extensions prévues au 3° du présent article doivent être conçus de manière à permettre un retour du site à l'état naturel. »

- **la prescription n°5 : Prescriptions applicables aux sites classés et inscrits :** Ce sont des monuments naturels et des sites dont la conservation ou la préservation présente, au point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, un intérêt général qui ont fait l'objet d'une décision de classement ou d'inscription dans les conditions prévues par les articles L.341-1 à L.341-15 du code de l'Environnement. Pour les sites classés, ces dispositions interdisent la destruction des sites et toute modification de leur état ou de leur aspect, sauf autorisation spéciale du ministre chargé des sites.

Pour les sites inscrits, il est fait obligation aux propriétaires de ne pas procéder à des travaux autres que ceux d'exploitation courante en ce qui concerne les fonds ruraux et d'entretien normal en ce qui concerne les constructions sans avoir avisé, quatre mois d'avance, l'administration de leur intention.

Remarque : Le SAR a valeur de prescriptions. Les schémas directeurs et les PLU doivent être compatibles avec leurs dispositions.

7.2 Le Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM)

D'après la typologie des projets pouvant être autorisés au titre du SMVM, « les projets d'aménagement balnéaire que constituent les bassins de baignade qui sont des bassins artificiels aménagés dans le but de diversifier l'offre de baignade tout en limitant la pression sur les sites sensibles ne peuvent, être envisagés, à l'exception de celui de Sainte-Rose, :

- que dans les ZALM,
- sous réserve de s'inscrire dans le cadre d'un projet d'aménagement global de la ZALM,
- et dans le respect de la vocation de ces espaces. »

Le bassin de baignade de Grande Anse est situé dans la ZALM de Grande Anse et se situe dans la continuité des aménagements de l'arrière-plage. Son extension respecte la vocation balnéaire et touristique de la zone de Grande Anse.

Les projets de réaménagement du bassin de baignade ainsi que la création du poste MNS sont également situés en Espace Remarquable du Littoral. L'article R121-5 du Code l'urbanisme modifié par Décret n°2019-482 du 21 mai 2019 - art. 1er autorise dans son alinéa 6° « Les équipements d'intérêt général nécessaires à la sécurité des populations et à la préservation des espaces et milieux ». Le bassin de baignade répond à un besoin d'intérêt général de sécurisation de la baignade dans un contexte de baignade dangereuse sur le site (courants et risque requin). La délibération du 12 décembre 2019 conseil municipal de la commune de Petite-Ile a déclaré le projet d'intérêt général (cf. Annexe 4 – Pièce E du dossier d'autorisation environnementale unique).

En ce qui concerne le poste MNS, l'article mentionne à l'alinéa 1° que sont autorisés « les équipements démontables liés à l'hygiène et à la sécurité tels que les sanitaires et les postes de secours lorsque leur localisation dans ces espaces est rendue indispensable par l'importance de la fréquentation du public ».

Conformément à l'article R.421-22 du Code de l'Urbanisme, les aménagements envisagés dans les ERL doivent faire l'objet d'un permis d'aménager, soumis à l'avis du CDNPS.

De plus, la circulaire du 15 septembre 2005⁹ précise que les sanitaires et les postes de secours pourront, par exemple, être maintenus sur les sites d'une année sur l'autre, à condition que cela n'entraîne pas de rajouts successifs pouvant conduire à un « durcissement » de l'équipement. Par ailleurs, la notion de « retour à l'état naturel du site » implique les éventuelles fondations puissent, si nécessaire » disparaître de manière à ce que le site puisse retrouver son aspect antérieur à la construction d'un point de vue paysager.

La mention à l'alinéa 1° de l'article R.121-5 « d'équipement démontables » ne s'oppose pas ici à la réalisation d'une poste de surveillance sur fondations.

L'aménagement d'un poste de surveillance dans l'Espace Remarquable du Littoral répond à l'ensemble de ces exigences.

⁹ Circulaire UHC/PS1 n° 2005-57 du 15 septembre 2005 relative aux nouvelles dispositions prévues par le décret n° 2004-310 du 29 mars 2004 relatif aux espaces remarquables du littoral et modifiant le code de l'urbanisme

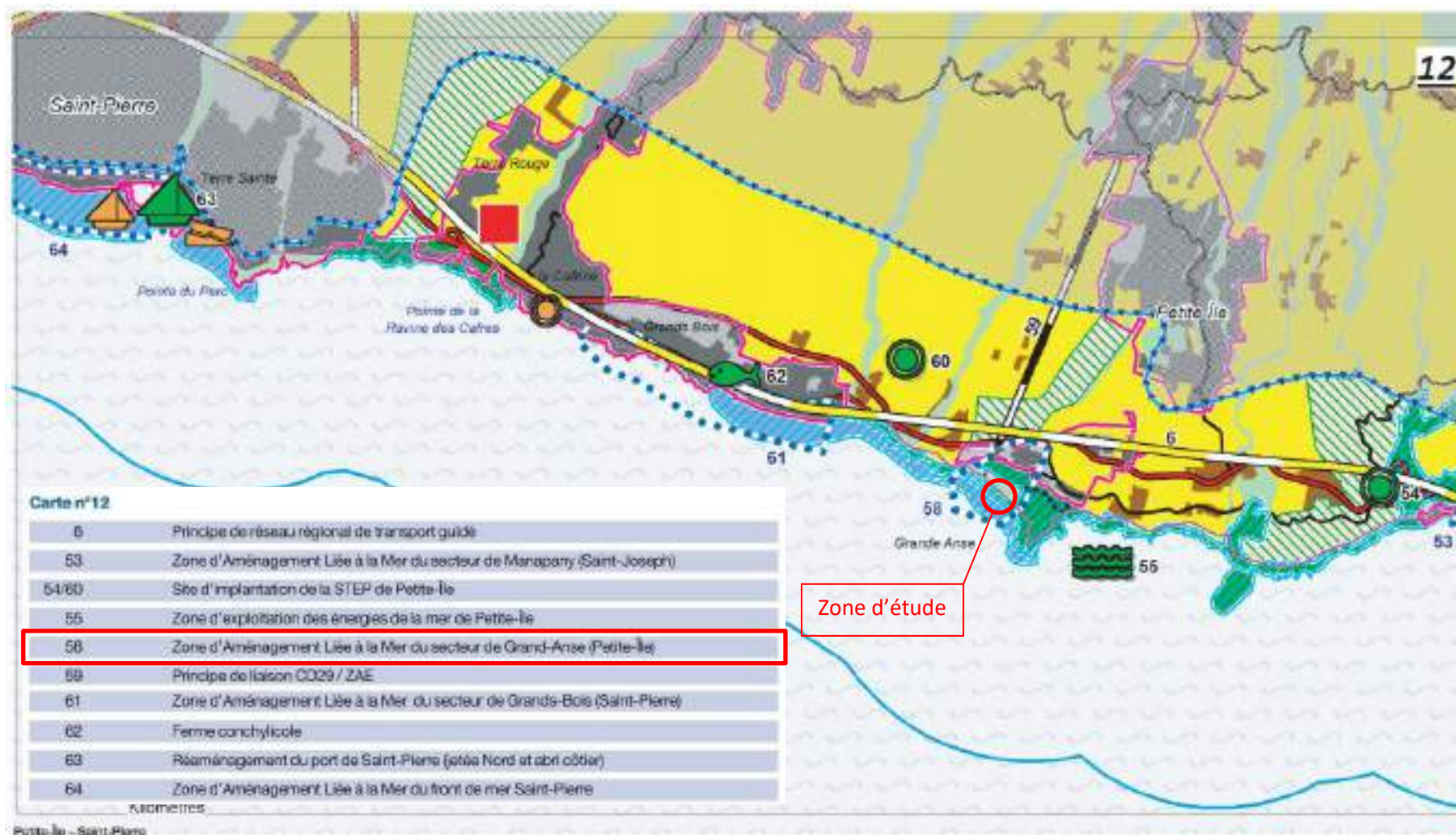


Figure 217: Extrait de Schéma de Mise en Valeur de la Mer sur le secteur Petite-Ile (SAR, 2020)



Figure 218 : Localisation du projet vis-à-vis de l'Espace remarquable du littoral

7.3 Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT)

Le SCoT Grand Sud en cours d'approbation couvre 10 communes dont celle de Petite-Ile. Quatre grands axes ont été défini dans le SCoT :

- Préserver et valoriser l'espace et les ressources
- L'équipement du territoire pour un bassin de vie de 400 000 habitants à long terme
- Un développement économique affirmant le rayonnement du Grand Sud
- Un développement au profit du citoyen sudiste garant de la cohésion sociale et territoriale

Ce qu'il faut retenir...

Le projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse est compatible avec les orientations du SCoT Grand-Sud en valorisant le territoire.

7.4 Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)

La SDAGE Réunion en vigueur (2016-2021) a été approuvé par arrêté le 08 décembre 2015.

Le SDAGE est un document public avec lequel doivent être compatibles les programmes et décisions administratives. Il doit être pris en compte par les autres décisions administratives.

Le SDAGE Réunion définit 7 orientations fondamentales :

- Préserver la ressource en eau dans le respect des usages et le respect de la vie aquatique en prenant en compte le changement climatique ;
- Assurer la fourniture en continu d'une eau de qualité potable pour les usagers domestiques et adapter la qualité aux autres usages ;
- Rétablir et préserver les fonctionnalités des milieux aquatiques ;
- Lutter contre les pollutions ;
- Favoriser un financement juste et équilibré de la politique de l'eau, notamment au travers d'une meilleure application du principe pollueur payeur ;
- Développer la gouvernance, l'information, la communication et la sensibilisation pour un partage des enjeux amélioré
- Reprise des objectifs et des dispositions du PGRI visant la prévention des inondations au regard de la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau.

Ces 7 orientations fondamentales sont organisées en sous-chapitres dans lesquels sont précisées des dispositions.

OF 1 : Préserver la ressource en eau dans l'objectif d'une satisfaction en continu de tous les usages et du respect de la vie aquatique en prenant en compte le changement climatique

PA1	Économiser les ressources pour tous les usages	Non concerné par le projet
PA2	Mobiliser la ressource de manière équilibrée pour tous les usages en préservant le milieu naturel	Préservation et protection des coraux présents dans le bassin
PA3	Sécuriser l'approvisionnement pour tous les usages	Non concerné par le projet
PA4	Gérer la solidarité entre tous les usages en période de crise	Non concerné par le projet
PA5	Améliorer la connaissance	Non concerné par le projet

OF 2 : Assurer la fourniture en continu d'une eau de qualité potable pour les usagers domestiques et adapter la qualité aux autres usages

PA1	Protéger la qualité de la ressource destinée à la production d'eau potable	Non concerné par le projet
PA2	Sécuriser la distribution d'eau potable et soutenir sa production	Non concerné par le projet
PA3	Adapter la qualité de l'eau aux usages	Non concerné par le projet
PA4	Améliorer la connaissance	Non concerné par le projet

OF 3 : Rétablir et préserver les fonctionnalités des milieux aquatiques

PA1	Restaurer les milieux altérés ; veiller à la conformité des aménagements existants et à venir, et empêcher toute nouvelle dégradation des milieux	La protection en enrochement permet de protéger le corail de la houle et favorise ainsi son développement et sa régénérescence
PA2	Préserver et maintenir en bon état les milieux aquatiques	Les rejets du talweg s'effectueront dans l'océan et non dans le bassin

PA3	Favoriser le rétablissement des populations de poissons migrateurs et d'espèces menacées	<i>La protection de la houle permet au corail de se régénérer</i>
PA4	Intégrer les fonctionnalités des milieux aquatiques dans les documents de planification	<i>Non concerné par le projet</i>
PA5	Améliorer la connaissance	<i>Non concerné par le projet</i>
OF 4 : Lutter contre les pollutions		
PA1	Réduire les pollutions à la source	<i>Non concerné par le projet</i>
PA2	Traiter les pollutions	<i>Absence de rejet non contrôlé ou non traité dans les sols</i>
PA3	Améliorer la connaissance	<i>Non concerné par le projet</i>
OF 5 : Favoriser un financement juste et équilibré de la politique de l'eau notamment au travers d'une meilleure application du principe pollueur-payeur		
PA1	Vers un équilibre de la mise en œuvre du principe pollueur-payeur	<i>Non concerné par le projet</i>
PA2	Vers une conditionnalité et une territorialisation des aides financières dans le domaine de l'eau	<i>Non concerné par le projet</i>
PA3	Vers une priorisation des travaux par une analyse multicritère hiérarchisée	<i>Non concerné par le projet</i>
PA4	Asseoir le rôle de l'Office de l'Eau	<i>Non concerné par le projet</i>
PA5	Inciter à une gestion économe de la ressource en eau pour focaliser la mobilisation financière sur les besoins objectifs	<i>Non concerné par le projet</i>
OF 6 : Promouvoir la gestion territoriale des eaux pour une meilleure cohérence et efficacité		
PA1	Lutter contre les pollutions qui affectent certains milieux aquatiques à préserver	<i>Non concerné par le projet</i>
PA2	Contribuer à la gestion de crise en y intégrant les enjeux de préservation de la ressource en eau	<i>Non concerné par le projet</i>
PA3	Développer la coopération zonale et internationale	<i>Non concerné par le projet</i>
PA4	Améliorer la connaissance	<i>Non concerné par le projet</i>
Orientation fondamentale de liaison avec le Plan de Gestion du Risque d'Inondation : gérer le risque d'inondation		
PA1	Mettre en œuvre le PGRI dans le respect de la ressource aquatique de La Réunion	<i>Non concerné par le projet</i>



Ce qu'il faut retenir...

Le projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse est compatible avec le SDAGE de l'île de la Réunion

7.5 Le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE)

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux Sud a été approuvé par arrêté préfectoral du 19 juillet 2006 est actuellement en cour de révision.

Il dresse un constat de l'état de la ressource en eau et du milieu aquatique et recense les différents usages. Il doit prendre en compte les documents d'orientation, y compris la politique de gestion globale de l'eau, relayée entre autres par le Département, et les programmes en vigueur.

Il énonce ensuite les priorités pour atteindre les objectifs généraux, compte tenu de la protection du milieu naturel aquatique, des nécessités de mise en valeur de la ressource en eau, de l'évolution prévisible de l'espace rural, de l'environnement urbain et économique et de l'équilibre à assurer entre les différents usages de l'eau.

Orientation 1	Répondre aux besoins en eau pour tous	
Objectif 1.1	Optimiser la gestion des usages et la répartition des ressources	<i>Non concerné</i>
Objectif 1.2	Fiabiliser la qualité de la ressource distribuée	<i>Non concerné</i>
Objectif 1.3	Ancrer une gestion quantitative solide	<i>Non concerné</i>
Objectif 1.4	Promouvoir les actions permettant une économie d'eau	<i>Non concerné</i>
Orientation 2	Gérer et protéger les milieux	
Objectif 2.1	Améliorer la qualité de l'eau	<i>Non concerné</i>
Objectif 2.2	Maintenir un débit biologique minimum	<i>Non concerné</i>
Objectif 2.3	Respecter l'intégrité physique des milieux	<i>Non concerné</i>
Objectif 2.4	Protéger les milieux remarquables	<i>La création de la protection en enrochement permettra la protection de la berge ainsi que de la population du corail</i>
Objectif 2.5	Gérer les données de l'eau et des milieux	<i>Les vérifications de la qualité de l'eau dans le bassin de baignade pourront donner des indications sur la qualité du milieu</i>
Orientation 3	Se préserver du risque d'inondation	
Objectif 3.1	Mieux évaluer les risques	<i>Non concerné</i>
Objectif 3.2	Ne pas aggraver les risques identifiés, voire réduire le débit de point de la crue à l'aval des cours d'eau	<i>Non concerné</i>
Objectif 3.3	Maintenir de bonnes conditions d'écoulement	<i>Non concerné</i>



Ce qu'il faut retenir...

Le projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse est compatible avec le SAGE SUD.

7.6 Plan Local d'Urbanisme (PLU)

Le PLU en vigueur a été arrêté par délibération du Conseil Municipal en date du 23 février 2017, modifié le 1er septembre 2017

Le poste MNS et la canalisation du talweg se trouvent dans la zone N et la partie sud du bassin se trouvant dans le sous-secteur Nce.

La zone N couvre les espaces naturels à protéger en raison de la qualité de leurs sites ou des risques naturels. Le sous-secteur Nce correspond aux corridors écologiques ou réservoirs de biodiversité où toute constructions, quelle qu'elle soit est interdite.

En zone N sont autorisés sous conditions :

« 2 - Les constructions et installations à condition qu'elles soient liées au bon fonctionnement des services publics ou d'intérêt collectif excepté en zone Nce, Ncu et Np où toute construction est interdite. »

⇒ **Le poste MNS est une construction nécessaire à l'organisation de la surveillance de la zone de baignade ouverte par la commune de Petite-Ile.**

« 7 - Les travaux de confortement et d'extension du bassin de baignade situé sur le site de Grande Anse. »

⇒ **Les travaux du bassin de baignade sont compatibles avec le PLU.**

La portion de l'enrochement en zone NCE sera retravailler de façon mineure pour améliorer la qualité de l'enrochement présent mais les blocs ne seront pas retirés en raison de la présence des coraux dans cette zone.



Figure 219 : Cartographie du Plan d'Urbanisme

7.7 Domaine Public Maritime

Le Domaine Public Maritime est, selon la définition du Code de Général de la Propriété des Personnes Publiques, l'espace comprenant « le sol et le sous-sol de la mer entre la limite extérieure de la mer territoriale et, côté terre, le rivage de la mer ».

L'article définit également la notion de rivage de la mer, « constitué par tout ce qu'elle couvre et découvre » jusqu'à la montée des plus hautes eaux (hors phénomène météorologique exceptionnel).

Le DPM est :

- Inaliénable : l'État ne peut pas en céder la propriété ou la gestion (sauf cas particulier de concession du DPM) ;
- Imprescriptible : une installation prolongée, même pendant plusieurs dizaines d'années, d'un particulier sur cette zone ne lui confère aucun droit de propriété.

Dans les DOM, la Zone des 50 pas Géométriques, constitue une bande littorale terrestre de 81,20 m propriété de l'État inaliénables et imprescriptibles dès leur mise en place au XVIIème siècle en tant que réserve stratégique de protection du littoral. Elle est calculée à partir de la ligne des plus hautes marées.

Les projets de réaménagement du bassin de baignade ainsi que la création du poste MNS sont situés dans le Domaine Public Maritime.

Un dossier de demande de concession d'utilisation du DPM devra être également réalisé pour permettre l'exploitation du site. Il sera réalisé conformément aux dispositions des articles L.2124-3 et R.2124-1 à 2127-12 du CG3P.

L'article 2124-3 du CG3P précise que « Pour l'application des articles L.2124-1 et L.2124-2 et sans préjudice des articles L.2124-27 à L.2124-30, des concessions d'utilisation du domaine public maritime comportant maintien des terrains concédés dans le domaine public peuvent être accordées. Un décret en Conseil d'Etat fixe les conditions d'instruction et de délivrance de ces concessions. Les concessions d'utilisation du domaine public maritime en dehors des ports font l'objet, avant leur approbation, d'une enquête publique réalisée conformément au chapitre III du titre II du livre Ier du code de l'environnement. »

La concession d'utilisation du DPM autorise la réalisation des travaux, en lieu et place d'une Autorisation d'Occupation Temporaire (AOT), ainsi que l'occupation du DPM sur une durée de 30 ans (article R2123-19 du CG3P) dans une même procédure.

Une enquête publique conjointe sera réalisée.

Compte tenu de la délimitation du DPM fournis par vos services, il apparaît que l'ensemble des aménagements prévus ne se situent pas totalement sur le DPM comme il était initialement considéré.

Avec la limite du DPM retenue ici il apparaît que seuls les aménagements projetés suivants se situeront sur le DPM (cf. Figure 220):

- Une partie de la terrasse du poste MNS (le reste étant hors DPM) ;
- Une partie du talus reconstitué au pied du poste MNS en boudins coco et enrochements libres ;
- Une partie de la canalisation pour la dérivation des eaux pluviales du talweg ;
- Le bassin de baignade, y compris les ouvrages de protection et aménagements divers à l'intérieur (fosse d'apprentissage de la natation, buses pour le renouvellement de l'eau, îlots en enrochement côté bassin).



8 AUTEURS DES ETUDES

8.1 Auteurs des pièces du dossier d'autorisation environnementale

Auteurs	Société	Fonction	Spécialité
Organisation et gestion générale du dossier			
Gérald L'HOSTETTE	SAFEGE	Directeur commercial	Expert hydrogéologue – environnement – grands projets
Identification et cadre réglementaire			
Maëlla DREAN	SAFEGE	Responsable du pôle hydraulique réglementaire	Hydraulique - Réglementaire
Myriam MAHABOT	SAFEGE	Ingénieur de projet	Réglementaire
Dossier de plan			
Maëlla DREAN	SAFEGE	Responsable du pôle hydraulique réglementaire	Hydraulique - Réglementaire
Clémence MANTEAU	SAFEGE	Projeteur - Contrôleur	Dessinatrice – infographiste, spécialiste SIG
Myriam MAHABOT	SAFEGE	Ingénieur de projet	Réglementaire
Étude d'impact			
Gérald L'HOSTETTE	SAFEGE	Directeur commercial	Expert hydrogéologue – environnement – grands projets
Fabien NEX	SAFEGE	Chef de projet	Réglementaire
Candice ROUSSE	SAFEGE	Ingénieur de projet	Réglementaire
Myriam MAHABOT	SAFEGE	Ingénieur de projet	Réglementaire

8.2 Auteurs des études techniques

8.2.1 Cabinet d'architecture Altitude 80

Intervenant	Fonction
Julien GEMEHL	Directeur

8.2.2 Cabinet d'architecture UniVertDurable

Intervenant	Fonction
Jérôme LEMEZ	Directeur
David ABDERRAHMANE	Ingénieur projet

8.2.3 Biotope

Intervenant	Fonction
Jean-Sébastien PHILIPPE	Chef de projet
Yves CAPON	Responsable de qualité

8.2.4 Actimar

Intervenant	Fonction
Jean-Pierre MAZE	Directeur d'agence

8.2.5 SAFEGE

Intervenant	Fonction
Sébastien BOUAT	Directeur d'agence
Gérald L'HOSTETTE	Directeur commercial
Maëlla DREAN	Responsable du pôle hydraulique et environnement

9 BIBLIOGRAPHIE

9.1 Document réglementaire

- SDAGE de l'Ile de la Réunion
- SAR de l'Ile de la Réunion
- Code de l'environnement :
 - Article R122-2
 - Article R214-1

9.2 Etudes complémentaires au projet

- Maîtrise d'œuvre relative aux travaux d'extension du bassin de Grande-Anse : Phase 1 - Diagnostic volet faune et flore, Mars 2019, Biotope
- Maîtrise d'œuvre relative aux travaux d'extension du bassin de Grande-Anse : Phase 2 – Impacts & mesures : volet faune et flore, Septembre 2019, Biotope
- Extension du bassin de baignade de Grande-Anse – La Réunion Etudes hydrodynamiques et sédimentaires, Rapport final, Octobre 2019, Actimar
- Extension du bassin de baignade de Grande Anse : Avant-Projet, Décembre 2018, SAFEGE

9.3 Etudes et rapports

- Synthèse morphodynamique des littoraux de La Réunion, RP-53307-FR, Décembre 2004, BRGM
- Morphodynamique des littoraux de La Réunion – phase 3, RP-57431-FR, Septembre 2009, BRGM
- Morphodynamique des littoraux de La Réunion – phase 4, RP-60714-FR, Février 2012, BRGM

9.4 Sitographie

- BRGM: <http://infoterre.brgm.fr/page/cartes-geologiques>
- Office de l'eau : <https://www.eaureunion.fr/accueil/>
- DEAL: <http://www.reunion.developpement-durable.gouv.fr>
- Commune de Petite Ile : <https://www.petite-ile.re/>
- Météo France : <http://www.meteofrance.re/>

10 RESUME NON TECHNIQUE

10.1 Contexte et objectif du projet

La création de zones de loisirs structurées autour de bassins de baignade est une orientation prioritaire pour l'attractivité touristique de l'île de la Réunion (décision prise en 2013 par le Comité d'Orientatation Stratégique du Tourisme - COST, associant l'État, le Département de la Réunion et la Région Réunion).

Dans le cadre de la mise en œuvre d'une offre de baignade sécurisée, la Commune de Petite-Ile s'est positionnée avec le site touristique exceptionnel de Grande Anse, à très fort potentiel, réputé notamment pour son bassin de baignade. Actuellement, la baignade dans le bassin n'est pas autorisée du fait de l'absence de structure permettant la surveillance. La baignade à Grande Anse est dangereuse du fait des forts courants, des vagues qui se cassent sur la plage et l'observation à plusieurs reprises de requins. Le bassin est une alternative mais il n'est plus adapté à l'augmentation de la fréquentation du site.

Le projet de la commune, qui consiste à étendre et à rénover le bassin de baignade existant et à créer un poste de surveillance de la baignade, constitue un équipement d'intérêt général nécessaire à la sécurité des populations en raison du risque requin, et participe à la préservation des espaces et des milieux. En outre, ce projet d'extension du bassin de baignade est également développé par la Commune afin d'assurer la « compétence communale du savoir nager en classe de primaire » et de proposer un service HANDIPLAGE – accès à tous (Petite Ile – Une VILLE pour Tous).

Le programme des études et des travaux pour l'extension du bassin de baignade a été approuvé lors du conseil municipal du 19 septembre 2017.

Ce projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse s'inscrit dans la rubrique Loi sur l'eau 4.1.2.0 du code de l'environnement. Au vu du montant des travaux, le projet est soumis à la procédure d'autorisation « loi sur l'eau ». L'arrêté n°2019-2629/SG/DRECV du 23 juillet 2019 portant décision d'examen au cas par cas stipule que le projet est soumis à évaluation environnementale.

10.2 Identité du demandeur

La présente demande est établie par la Commune de la Petite-Ile.

Tableau 58 : Identité du demandeur

Maitre d'Ouvrage	Commune de Petite-Ile
Représentant	Mr HOAREAU Serge (maire en exercice)
Forme juridique	Collectivité territoriale
Numéro SIRET :	219 740 057 00019
Adresse	192, rue Mahé de Labourdonnais 97429 Petite-Ile
N° de téléphone	02 62 56 79 79
Logo	

La SPL Maraina est le mandataire agissant pour le compte de la Commune de la Petite-Ile.

Tableau 59 : Mandataire agissant pour le compte du demandeur

Mandataire agissant au nom du MOA	SPL MARAINA
Forme juridique	SA à Conseil d'administration
Numéro SIRET :	520 664 004 00030
Adresse	38 rue Colbert 97460 SAINT PAUL
N° de téléphone	02 62 91 91 60
N° de télécopie	02 62 91 91 69
Nom de la personne en charge du suivi du dossier	Pasquin PARADIS (Chef du service Aménagement) pasquin.paradis@spl-maraina.com Redha MANSERI (Responsable d'Opérations Aménagement) redha.manseri@spl-maraina.com
Logo	

10.3 Localisation du projet

10.3.1 Situation géographique

Le projet se situe sur le site de la plage de Grande Anse sur la commune de Petite-Ile au sud de La Réunion. La plage de Grande Anse s'étend sur 500 m entre le Cap de l'Abri à l'ouest et le Piton Grande Anse à l'est.



Figure 221 : Localisation de la zone d'étude

10.3.2 Maitrise foncière

Sur la partie terrestre, le projet s'étend sur les parcelles cadastrales AX 85, AX 82 et sur le Domaine Public maritime.

La commune de la Petite-Ile a la maitrise foncière des parcelles concernées (les justificatifs de maitrise foncière sont en annexe pièce D. En ce qui concerne le Domaine Public Maritime, les services de la DEAL ont fourni une délimitation du DPM sur la zone du projet. Il apparaît que seuls les aménagements projetés suivants se situeront sur le DPM :

- Une partie de la terrasse du poste MNS (le reste étant hors DPM) ;
- Une partie du talus reconstitué au pied du poste MNS en boudins coco et enrochements libres ;
- Une partie de la canalisation pour la dérivation des eaux pluviales du talweg ;
- Le bassin de baignade, y compris les ouvrages de protection et aménagements divers à l'intérieur (fosse d'apprentissage de la natation, îlots en enrochement côté bassin).

La maîtrise foncière sera donc assurée suite à une demande de concession d'occupation du Domaine Public Maritime en dehors des ports conformément aux dispositions des articles L.2124-3 et R.2124-1 à 2124-12 du Code Général de la propriété des personnes publiques définissant les modalités d'utilisation et les concessions d'utilisation du Domaine Public Maritime.

Le dossier réalisé permettra l'autorisation de l'exploitation du bassin de baignade et ses équipements pendant une durée de 30 ans en intégrant les travaux d'entretien. Ainsi, aucune formalité administrative ne sera nécessaire pour permettre l'entretien de l'ouvrage.

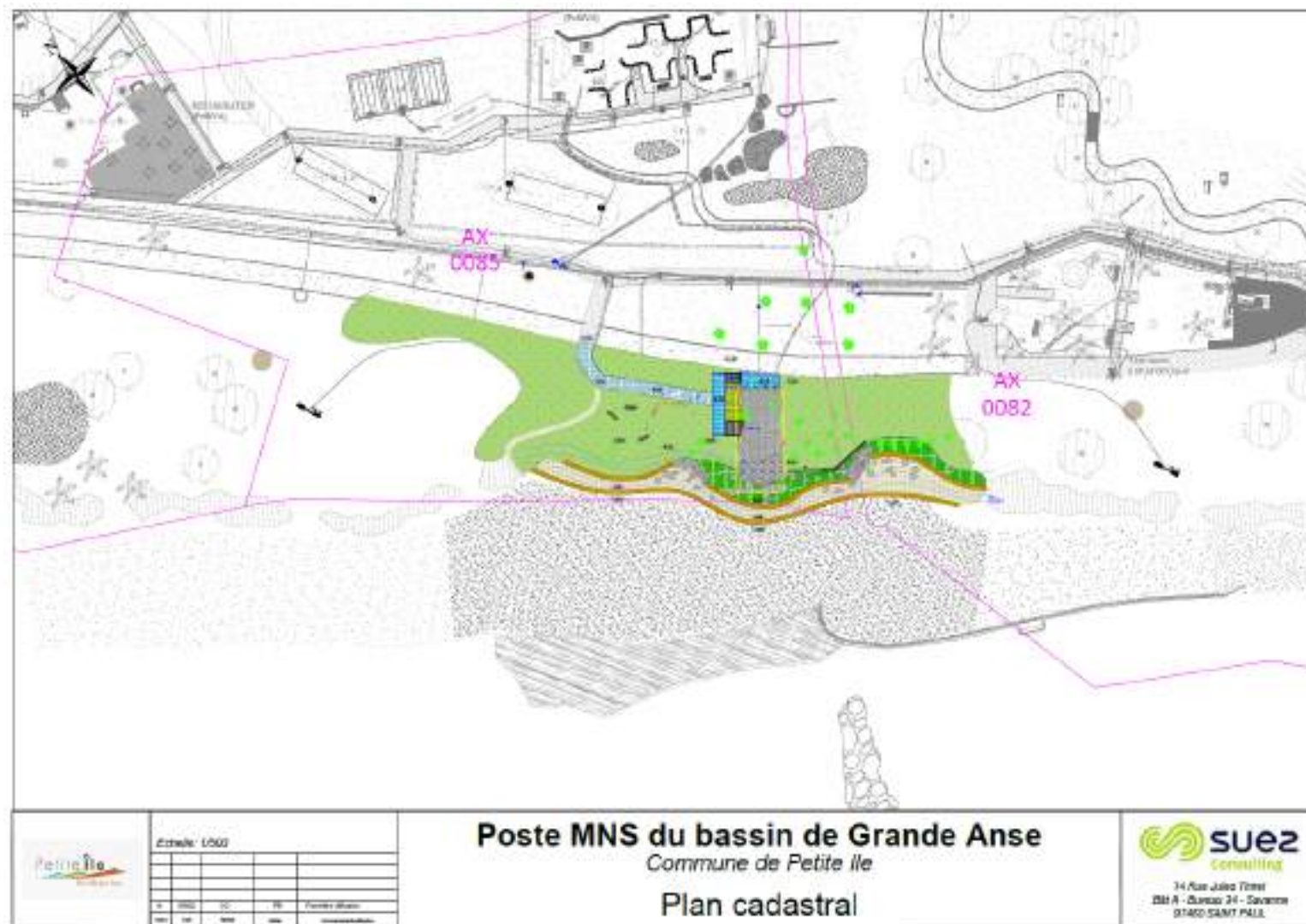


Figure 222: Situation cadastrale du projet

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce C : Etude d'impact Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

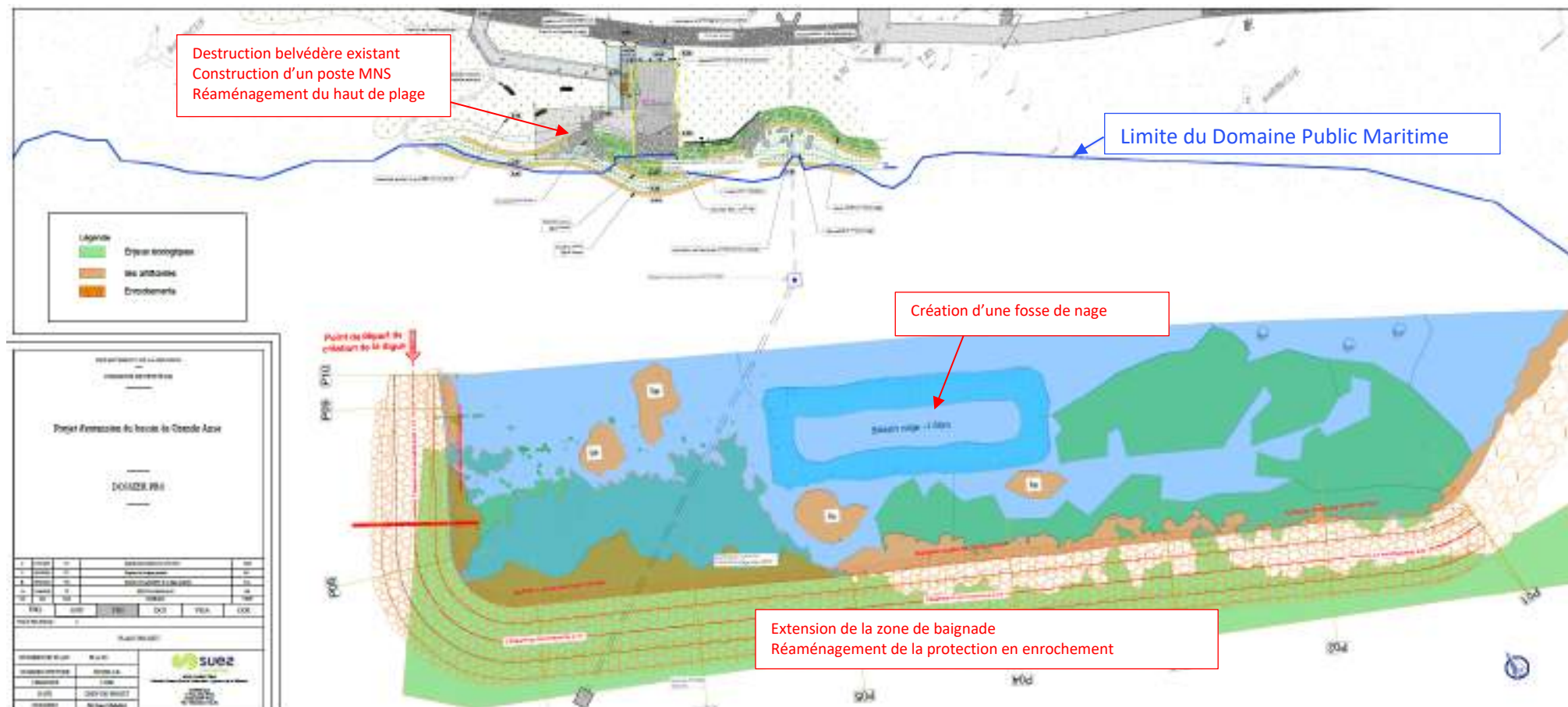


Figure 223: Situation du projet vis-à-vis du Domaine Public Maritime

10.4 Caractéristiques principales du projet

Le projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse comporte les différents aménagements suivants :

- Sur la partie terrestre :
 - Un local de surveillance de la baignade sera construit en haut de plage avec une partie réservée aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR) ;
 - Le mur de soutènement du belvédère sera en partie détruit et remplacé par un talus végétalisé ;
 - L'accès au bassin est actuellement perturbé par la présence d'un muret au niveau de l'estran, rendant le cheminement glissant et parfois dangereux. Il sera démoli lors des travaux afin d'en faciliter l'accès ;
 - L'exutoire d'un talweg débouchant directement sur la plage au droit du bassin de baignade, et pouvant potentiellement être une source de dégradation de la qualité des eaux de baignades en cas d'écoulement, sera redirigé directement en mer par l'aménagement d'une canalisation sous la plage et sous le bassin;
- Sur la partie maritime :
 - La protection en enrochements délimitant le bassin sera renforcée et étendue vers l'ouest pour atteindre un linéaire final de 170m. Ainsi, la capacité d'accueil du bassin sera quasiment doublée pour atteindre une surface de 6400 m² ;
 - Une zone d'apprentissage à la baignade sera creusée dans le bassin d'une surface de 650m² environ et de profondeur variant de 0,00 à 1,50m ;
 - La canalisation permettant de diriger l'écoulement du talweg sera implantée sous le bassin et un exutoire sera créé côté mer de la protection en enrochement du bassin de baignade.

10.4.1 Le local de surveillance de la baignade

Le local de surveillance sera aménagé sur l'actuel emplacement du belvédère afin de permettre une bonne visibilité sur l'ensemble de l'emprise du futur bassin de baignade pour les MNS (Figure 4 et Figure 5).

Le poste MNS aura une superficie de 62 m². Le bâtiment de forme cubique sera composé :

- D'un local principal dédié aux MNS comprenant :
 - ▷ Un espace de vie avec kitchenette
 - ▷ Sanitaires
 - ▷ Infirmerie
 - ▷ Local de stockage
- D'un local PMR comprenant une douche et un vestiaire réservé aux PMR
- De douches publiques à l'arrière.

Le haut de plage sera modifié pour accueillir le local. En effet, le mur de soutènement du belvédère sera démoli à hauteur du sable, la base du mur enfoui sera conservée pour stabiliser le talus.

Le poste MNS sera posé sur pilotis avec une surface de plancher réhaussé de 50cm par rapport au terrain naturel (TN).

Le local sera équipé d'un système d'assainissement autonome de type une fosse toutes eaux de 3 m² équipé d'un Filtre à Sable Vertical Non Drainé de 20 m².

Vue avant



Vue arrière



Figure 224: Vues en perspectives du local de surveillance.



Figure 225: Vue panoramique sur le futur talus végétalisé au pied du local de surveillance



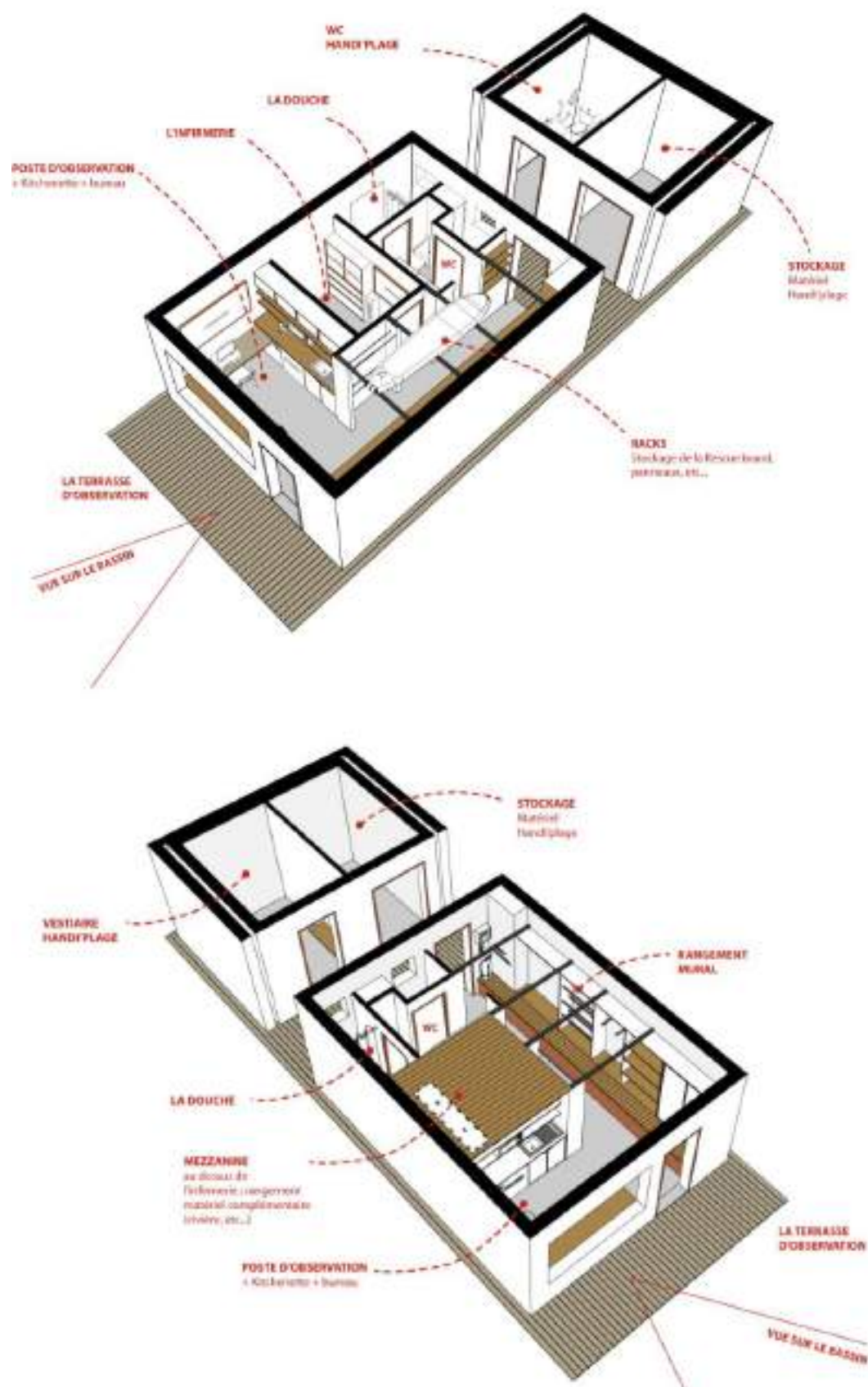


Figure 227: Vues de détails de l'organisation du poste de surveillance

10.4.2 Le bassin de baignade

10.4.2.1 Consistance générale des travaux

Le projet de travaux d'extension du bassin comprend :

- Le nettoyage du bassin par l'enlèvement de blocs rocheux;
- Le réarrangement des blocs rocheux pour la réhabilitation de l'enrochement à l'extrémité sud-est du bassin où se concentrent de forts enjeux écologiques (présence de coraux et d'oursins) ;
- La refaçon de la protection en enrochement et son extension dans le prolongement de l'ouvrage existant (qui représente la limite du platier récifal) pour atteindre une surface protégée globale de 6400 m² ;
- La réalisation de butées de pied ensouillées sur fond rocheux à la base de l'ouvrage pour garantir un soutien de l'ouvrage. En effet, le sol de fondation de l'ouvrage étant rocheux, il n'y a donc aucune cohésion ni encastrement au niveau du soubassement. La stabilité est alors uniquement pesante et flottante ;
- Le déroctage d'une surface d'environ 650 m² environ et de profondeur variant de 0,00 à 1,50m ; à l'intérieur du bassin afin de créer une fosse d'apprentissage de la baignade à destination des scolaires (primaire et collège) ;
- La création d'îlots rocheux par la réorganisation de blocs existants à l'intérieur du bassin afin de diminuer la rectitude de l'ouvrage et d'améliorer son aspect visuel ;
- La destruction du muret maçonné présent sur l'estran et le reprofilage de la plage afin de faciliter l'accès au bassin ;
- Le ré-ensablement et le nivellement de la plage pour assurer un confort d'accès au bassin.

10.4.2.2 La protection en enrochement

Afin de sécuriser la baignade, il est envisagé la réalisation d'une protection en enrochement constituée d'un talus en blocs naturels (Figure 230).

Les éléments de dimensionnement de l'ouvrage sont synthétisés ci-après :

- La protection en enrochement peut être divisé en deux tronçon :
 - **Tronçon principal** : parallèle à la côte d'une longueur de 165 ml.
 - **Tronçon de retour (secondaire)** : d'une longueur de 30 ml, qui permet le retour de l'enrochement vers la côte. C'est le tronçon qui permet de se protéger des houles réfléchies sur le tronçon principal. Les houles sont donc moins importantes selon l'angle de la houle choisie.
- **Caractéristiques de l'ouvrage**

Tableau 60 : Caractéristiques de l'ouvrage

Caractéristiques	Nomenclature	Valeur
Altimétrie du couronnement	R _c	1,10m NGR
Bathymétrie en pied d'ouvrage	h	-0,5m NGR
Pente des fonds	φ	~5%
Masse volumique de l'enrochement naturel	ρ _r	2600 kg/m ³
Masse volumique de l'eau de mer	ρ _w	1025 kg/m ³

Pente talus	α	3H/2V

- La cote de la crête de l'enrochement a été définie pour permettre une baignade dans des conditions de sécurité satisfaisantes 90% de l'année (Cf. rapport de BW-CGC).
- Le sol de fondation de l'enrochement est rocheux. Il n'y a donc aucune cohésion ni d'encastrement au niveau du soubassement. La stabilité est alors uniquement pesante et flottante. La réalisation d'une butée de pied doit permettre de garantir un soutien contre le glissement de la carapace de l'ouvrage.

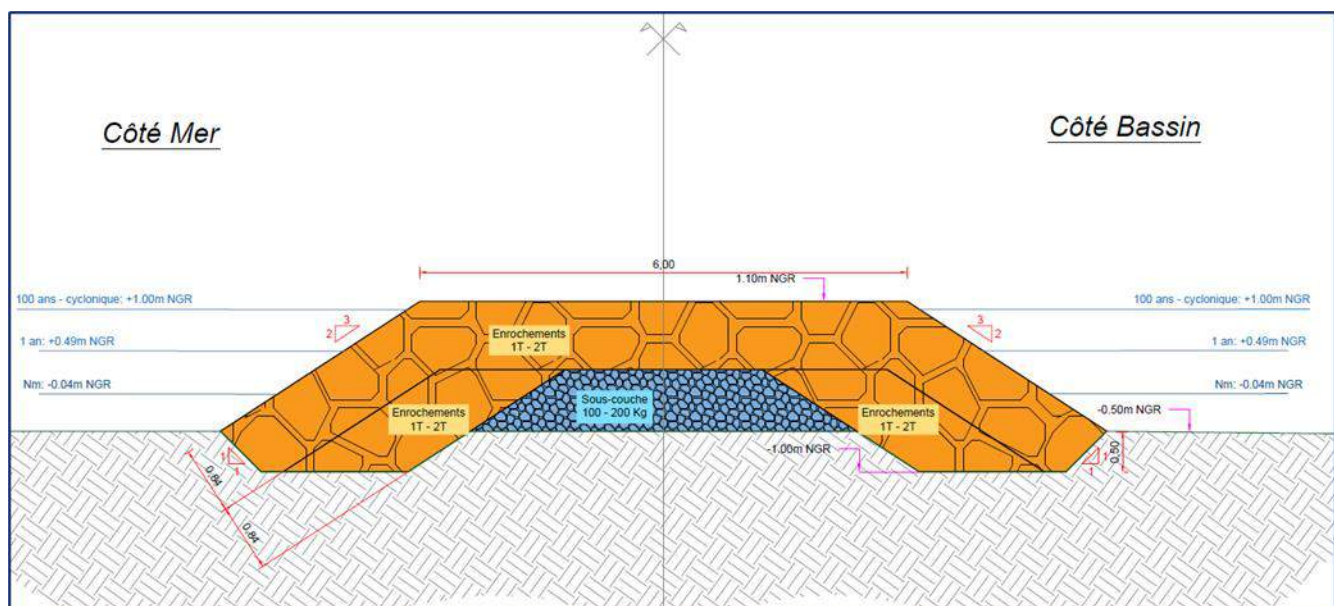


Figure 228 : Coupe type de l'enrochement – Tronçon de retour

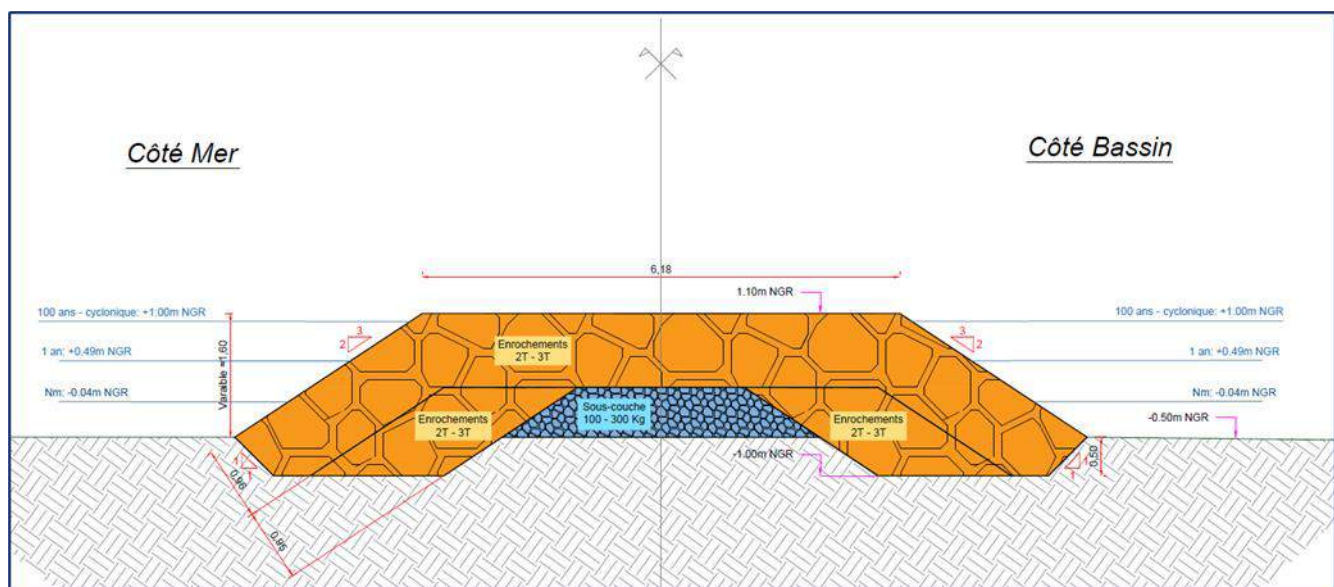
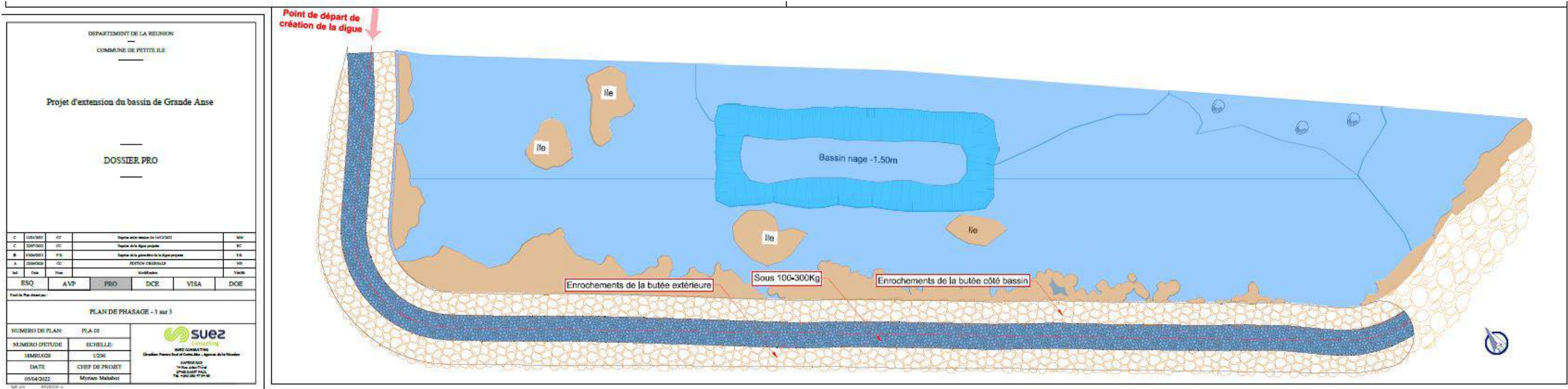


Figure 229 : Coupe type de l'enrochement – Tronçon Principal



Structure finalisée :

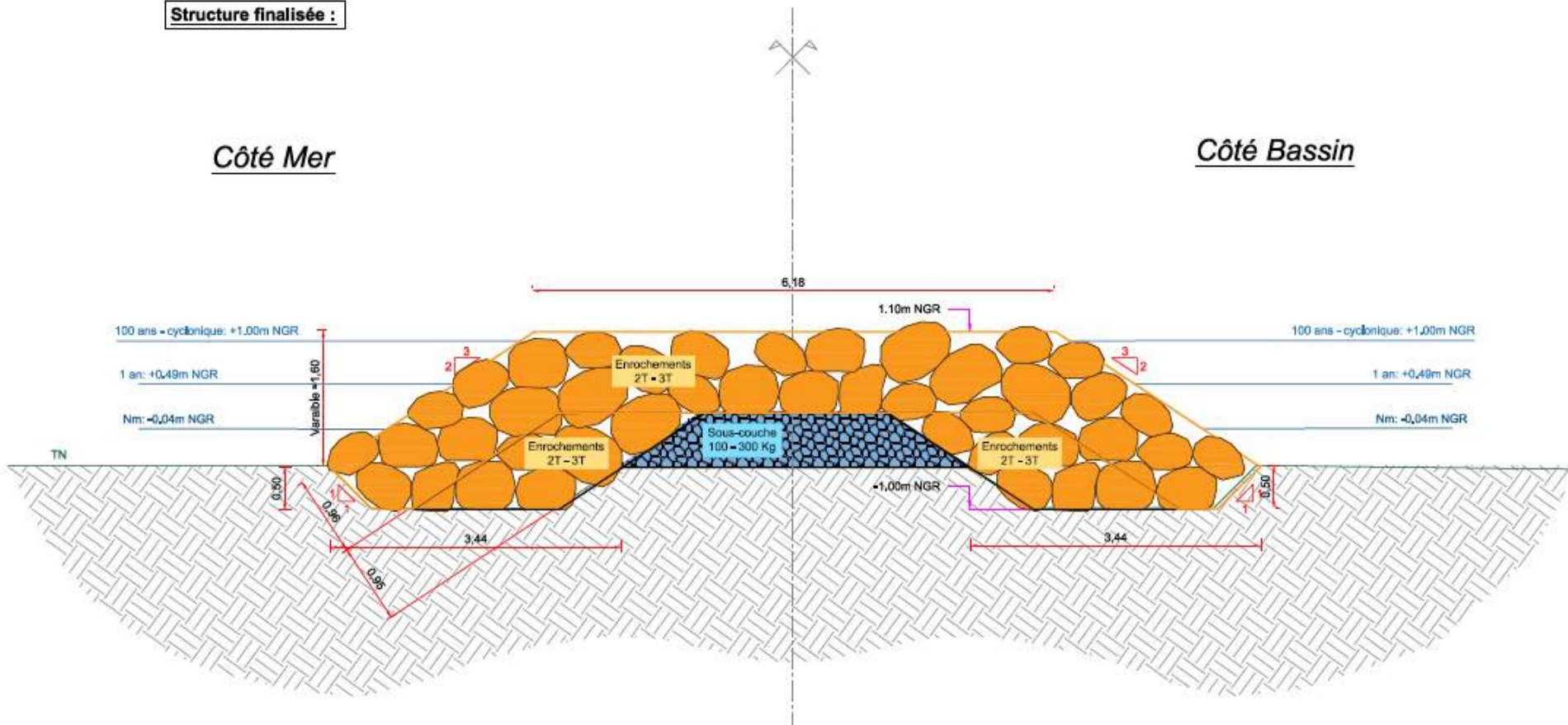


Figure 230: Plan de masse de la protection en enrochement

Afin d'atténuer la rectitude de l'enrochement, il est proposé d'aménager des ilots dans le bassin et des circonvolutions à l'aide d'enrochements installés du côté protégé du bassin (Figure 231). Des blocs de dimensions similaires à ceux utilisés pour la carapace seront mis en place de manière non uniforme à l'intérieur du bassin. Les blocs seront placés, un à un, par la pelle située sur le cheminement de l'enrochement, durant la seconde phase de réalisation, ainsi que par un autre engin depuis la plage.



Figure 231: Vue depuis le Piton de Grande Anse sur le futur bassin de baignade

10.4.2.3 La fosse de natation

La municipalité a souhaité l'aménagement, au sein du bassin de baignade, d'une zone propice à l'apprentissage de la natation. Il est donc prévu d'approfondir le platier par déroctage sur une surface d'environ 650 m² afin d'obtenir des profondeurs d'environ 1.50m à marée très basse, jusqu'à près de 2m en marée haute annuelle (cote de fond -1.50mNGR).

Les dimensions de ce bassin seront d'environ 45m de long par 15m de large, incluant des pentes douces (pente d'environ 5H/1V) pour atteindre le fond de la fosse.

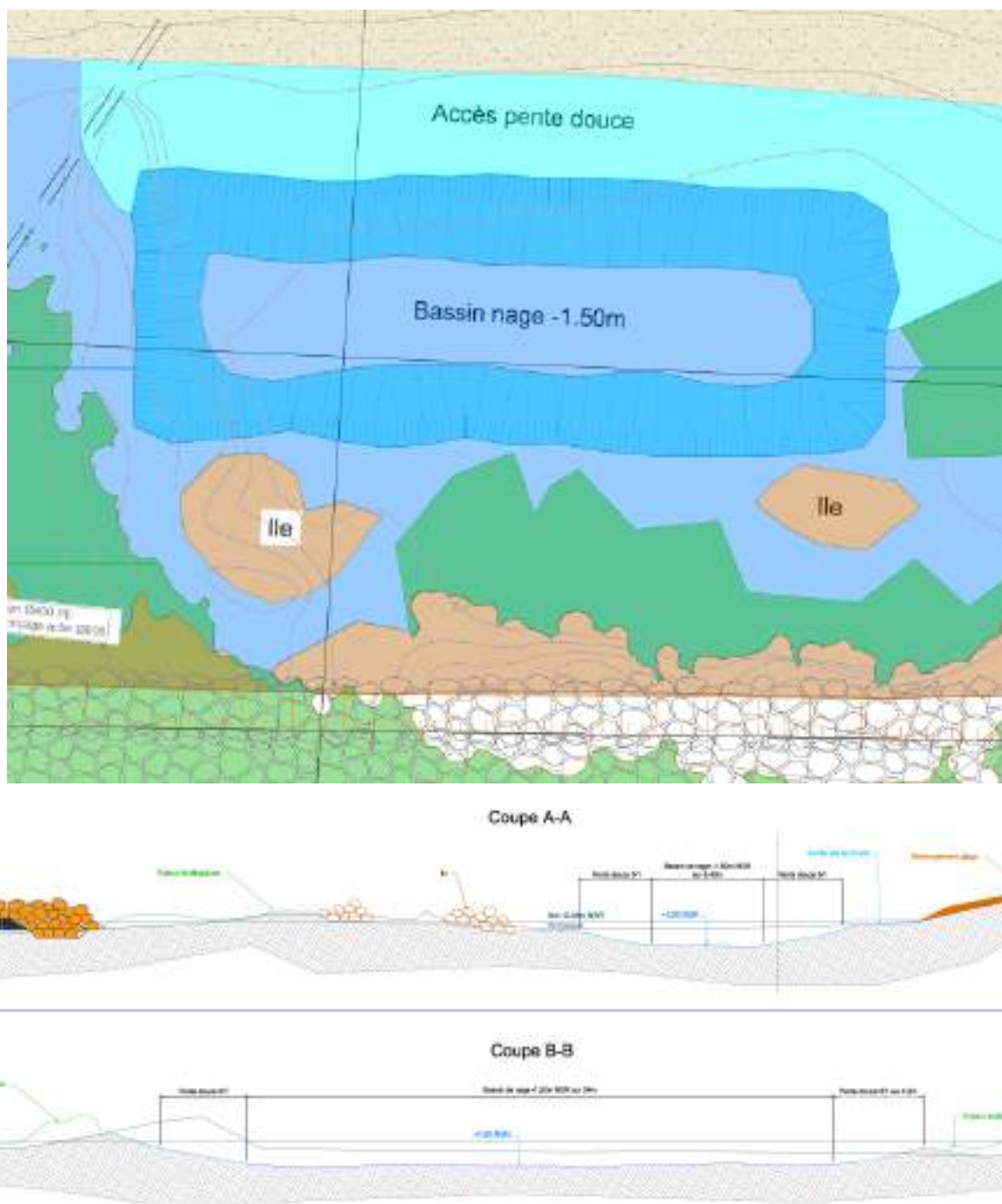


Figure 232 – Vue en plan + coupe de la fosse d'apprentissage

N.B : La fosse étant créée par déroctage, les cotes sont données à titre indicatif. Les plans de masses entiers sont fournis dans la pièce B éléments graphiques

Un muret est présent sur l'estran au droit du bassin de baignade actuel et s'étend sur un linéaire d'environ 71m (Figure 233). Il a été construit a priori pour contenir le sable en contre-haut de celui-ci. La présence de ce muret crée un talus avec en contrebas du muret une plage érodée, tandis que la partie haute de la plage reste bien ensablée et se retrouve « suspendue ».

Ce muret constitue actuellement un danger pour l'accès au bassin en raison du caractère glissant.



Figure 233: Photographie du muret au droit du bassin de baignade.

Une fois le muret démolì, un reprofilage de plage à la pelle mécanique sera effectué autant que nécessaire pour répartir le sable accumulé en amont du muret. Il n'y a pas d'apport extérieur de sable prévu. Le but est d'assurer une pente faible et confortable pour faciliter l'accès au bassin. Le pente de la plage sera identique aux zones adjacentes.

10.4.3 Aménagement hydraulique du talweg

L'analyse de l'état initial a mis en évidence la présence d'un talweg dont le débouché est situé à l'heure actuelle sur la plage au droit de l'extrémité nord-ouest du bassin et qui se situera après les travaux d'extension dans l'emprise du futur bassin de baignade. Compte tenu de la présence potentielle de rejets d'eaux usées (traces de pollutions bactériennes identifiées par les services de la CIVIS) et des enjeux de qualité des eaux de baignade, le maintien du rejet direct de la ravine dans le bassin a été écarté. Un scénario canalisant le talweg sous la plage et sous le bassin a été privilégié.



Figure 234: Vue du ponceau sur la petite ravine

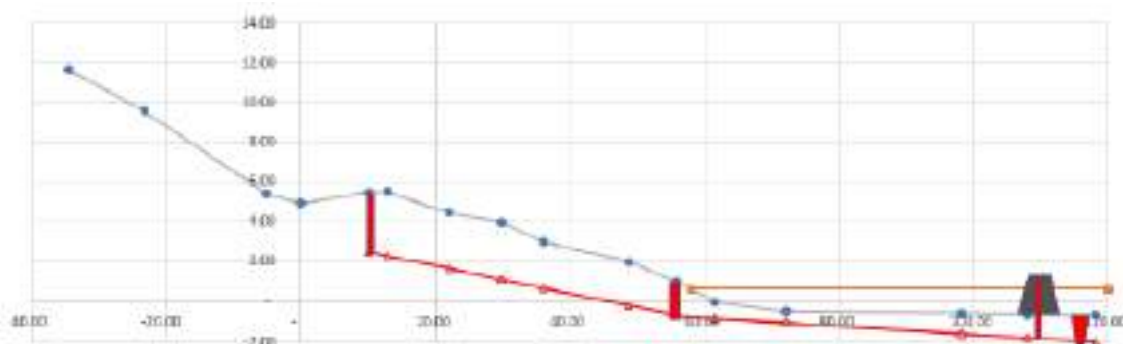


Figure 235: Schéma d'implantation de la canalisation sous la plage et le bassin

Compte tenu de la difficulté à réaliser ces travaux il est donc envisagé de faire déboucher la canalisation dans une fosse remplie de matériaux drainants et résistants à la houle.

Il est possible de créer un regard au niveau de l'enrochement afin de pouvoir procéder à un curage si nécessaire.

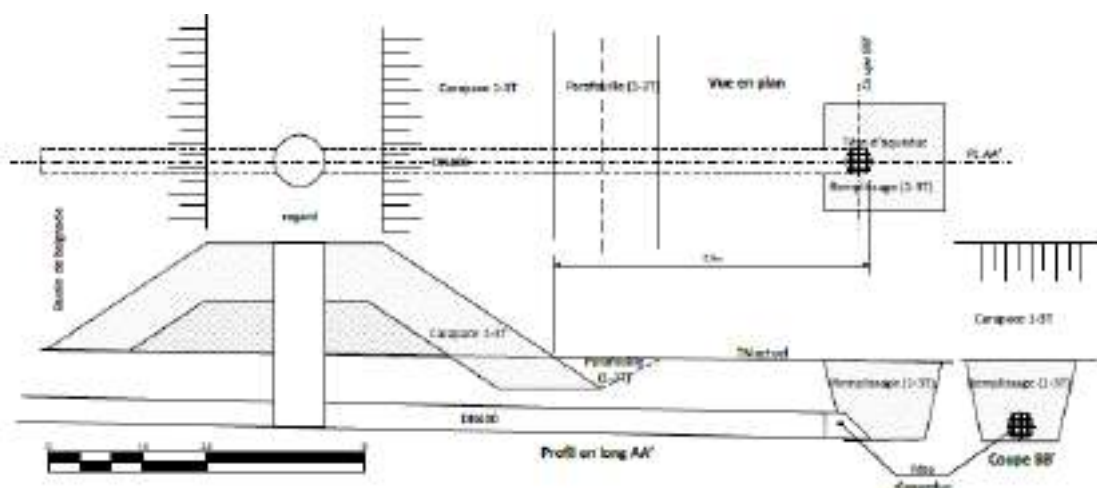


Figure 236: Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique

10.4.4 Conditions hydrodynamiques

Les résultats de débits franchissants obtenus montrent que pour l'arase de l'ouvrage projeté à +1.1 m NGR :

- La sécurité de la baignade, avec un respect du seuil de 10 l/m/s, est assurée plus de 97% du temps.
- En comparant le volume franchissant moyen (en m³/m linéaire d'ouvrage) intervenant pour des conditions de vagues médianes sur l'ensemble d'un cycle morte-eau/vive-eau, ce volume est de **37 m³/m/12h**. On peut souligner que ce volume franchissant moyen par cycle de marée reste supérieur au volume du bassin lui-même (21.35 m³/m en considérant une profondeur d'eau moyenne de 0.61 m), ce qui indique une contribution très satisfaisante des franchissements par paquets de mer au renouvellement des eaux.

Pour la configuration projetée, on obtient donc les taux de renouvellement suivants.

Tableau 61 : Temps nécessaires au renouvellement de 50%, 80%, et 98% des eaux du bassin projeté.

Taux de renouvellement des eaux	Temps (T2)
50%	6.8 h
80%	12.9 h
98%	24.3 h

10.4.5 Modalités d'exécution particulières des travaux

10.4.5.1 Zone d'installation de chantier et accès

Les installations de chantier devront être mises en place à proximité de la zone d'exécution des travaux. Voici les emplacements qui pourront potentiellement être utilisés à cet effet sur le site.



Figure 237 – Zones potentiellement disponibles à proximité du site des travaux

La réalisation des travaux nécessitera l'accès et la circulation d'engins sur la plage. Un accès par la plage de galets à l'extrémité sud-est de la plage sera privilégié pour limiter l'impact sur le haut de plage.

10.4.5.2 La protection en enrochement

Pour la réalisation des travaux de réfection de la protection en enrochement du bassin, les travaux par voie terrestre seront privilégiés.

Afin de minimiser l'impact des travaux sur les fonds marins et pour optimiser l'accès des engins à l'enrochement, sans les exposer à la houle, la solution la plus appropriée semble être de créer un cheminement sur l'enrochement existante avec une progression des engins à l'avancement.

Les travaux débuteront à l'extrémité nord-est. Les travaux de réfection de l'enrochement seront décomposés en deux phases : la première et la seconde passe.

Pour la première passe, une pelle mécanique cheminera sur l'enrochement depuis l'extrémité Nord-Ouest jusqu'à l'autre extrémité de l'enrochement. La piste créée sur l'enrochement devra être compatible avec l'engin utilisé ainsi qu'avec le passage de camions permettant l'évacuation et l'amenée des blocs. La pelle réalisera les travaux suivants, à l'avancement :

- ▶ L'enlèvement des blocs existants considérés non réutilisables,
- ▶ La création d'une piste de roulement constituée à partir de matériaux de sous-couche, plaques de roulement et blocs mis en protection côté extérieur,
- ▶ Le déroctage de la butée de pied (côté intérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement.
- ▶ Si nécessaire, il sera procédé à un décalage de la piste de roulement vers l'intérieur afin de pouvoir procéder à la phase suivante,
- ▶ Le déroctage de la butée de pied (côté extérieur) et la pose des blocs de butée à l'avancement,
- ▶ La réalisation de l'exutoire de la canalisation du talweg ;
- ▶ Arrivé à la fin du linéaire (première phase), la piste de roulement sera retirée et suivra la mise en place de la carapace en faisant le chemin retour.

Une fois arrivée à l'extrémité Sud-Est de l'enrochement, la pelle entamera alors la seconde passe, soit le chemin retour vers l'extrémité Nord-Ouest de l'enrochement. Durant cette passe, la deuxième et dernière partie de la carapace sera réalisée à l'avancement. De plus, des blocs seront placés irrégulièrement à l'intérieur du bassin au cours de cette seconde passe, conformément aux plans, afin de créer des convolutions.



Figure 238 – Exemple de réalisation d'un enrochement à l'avancement

Pour la mise en place de la piste, une bande de roulement provisoire sera cloutée sur l'enrochement. Il sera choisi un dispositif homogène rendant le cheminement carrossable aux engins type tombereaux et pelle, sans nécessité de matériaux d'apport. Ainsi, aucun matériau fin

ne sera soumis aux entrées maritimes et susceptible de se répandre dans le bassin. L'impact sur les coraux sera donc minimisé.



Figure 239 – Exemple de bande de roulement provisoire sans matériaux d'apport

10.4.5.3 La fosse de natation

Le déroctage pour la fosse d'apprentissage sera réalisé depuis la plage. Une plateforme carrossable en matériaux d'apport permettra à la pelle hydraulique et aux engins nécessaires aux travaux de déroctage d'atteindre la zone.

Compte tenu des contraintes du milieu, elle sera réalisée en matériaux grossier non cohésif. Le diamètre minimum des matériaux devra être au minimum de 100 à 200mm. A la pose, un géotextile ultra résistant sera positionné sous les matériaux afin de faciliter leur retrait.

Les matériaux seront acheminés par tombereau depuis les cheminements préalablement mis en place. La taille et les dimensions de la plateforme devront s'adapter à l'avancement de l'excavation de la fosse. Une fois la fosse d'apprentissage terminée, la plateforme sera complètement démantelée, les matériaux d'apport seront alors évacués pour être retraités.

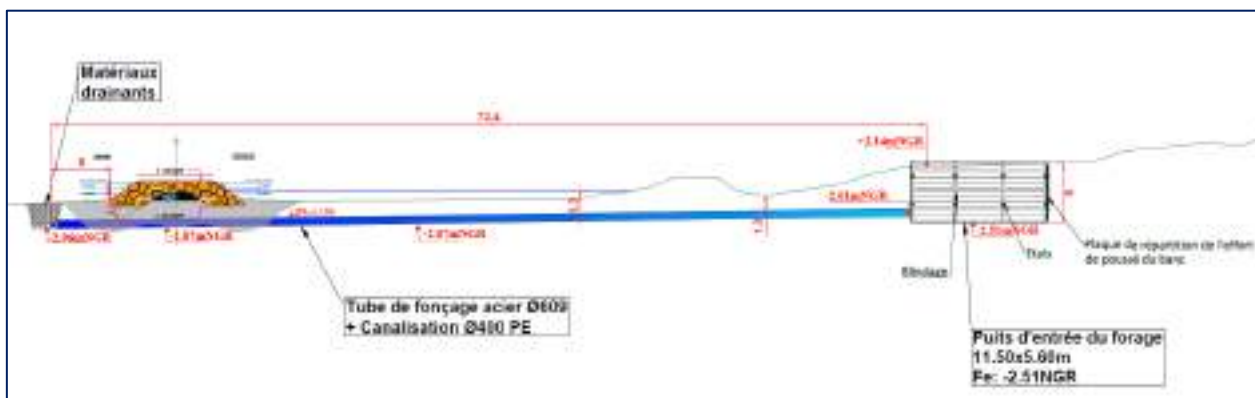
Compte tenu de la méthode de pose des enrochements, la plateforme ne sera pas directement exposée au déferlement des vagues.



Figure 240 – Déroctage pour fosse d'apprentissage

10.4.5.4 La canalisation du talweg

Le talweg sera canalisé depuis l'embouchure actuelle, cheminera sous la plage, sous le bassin de baignade, sous la protection en enrochement, et se déversera en mer. La première partie de la canalisation depuis l'embouchure actuelle jusqu'à la plage sera réalisée par pose en tranchée. Ensuite depuis la plage jusqu'à l'exutoire finale en arrière de la protection en enrochement, Afin de limiter l'impact sur le milieu naturel aquatique et pour ne pas interférer avec les travaux de réalisation de la protection en enrochement, une solution de mise en place de la canalisation via forage dirigé sera privilégiée. Le forage devra respecter le profil de canalisation suivant :



Pour éviter tout risque de remontée de la canalisation lié à des phénomènes d'affouillement, la canalisation sera enfouie sous la plage à environ 3.00m et sous le platier rocheux à environ 1.50m.

La conduite à poser est de type DN400.

10.4.6 Modalités de surveillance et de maintenance

Une surveillance régulière doit permettre de garantir le bon état de l'ouvrage et le cas échéant, définir les travaux d'entretien à réaliser.

10.4.6.1 Entretien de l'enrochement

L'ouvrage ne constitue pas une digue au sens du Code de l'Environnement puisqu'il ne s'agit pas d'un ouvrage « construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions ».

Il est rappelé que la blocométrie retenue pour la protection en enrochement (entre 2 et 3 tonnes) permet de garantir une bonne tenue des ouvrages dans des conditions normales, et d'avoir des dommages acceptables en période cyclonique pour des événements jusqu'à une période de retour de 100 ans.

De plus, dans la conception de l'ouvrage il est prévu la réalisation de deux butées de pied qui doivent permettre de garantir un soutien contre le glissement de la carapace de l'ouvrage.

Aussi compte tenu de ces éléments de dimensionnement ainsi que de sa configuration (protection en enrochement sur substrat rocheux dans des faibles profondeurs d'eau), la surveillance de l'ouvrage se fera par inspection visuelle. Une inspection de routine annuelle sera suffisante. Des inspections seront également réalisées après un événement de forte houle.

Ils auront pour objectif de détecter toute anomalie structurelle de la protection en enrochement, notamment:

- usure/fissuration des blocs
- stabilité de la butée de pied
- intégrité des canalisations d'avivement d'eau et des grilles de protection.

Les inspections pourront être réalisées par des moyens aquatiques et subaquatique, côté bassin et côté large.

Une fiche d'inspection d'ouvrage sera complétée à chaque visite et archivée par le maître d'ouvrage.

10.4.6.2 Entretien du poste MNS

A l'issue des travaux, le gestionnaire du site de baignade aura la charge de la maintenance et l'entretien du poste MNS et de ces abords.

10.4.6.3 L'aménagement hydraulique

L'aménagement hydraulique sera sollicité particulièrement lors des périodes de crue du talweg. Aussi après chaque épisode de crue, le gestionnaire de l'ouvrage réalisera des inspections afin de vérifier l'absence d'obstruction des regards et de la canalisation.

L'ouvrage d'entonnement au niveau du débouché du talweg sera constitué d'une grille avaloir permettant de retenir les macrodéchets apportés par une crue. Les macrodéchets seront récupérés et évacués vers les filières agréées par les services en charge de l'entretien des espaces publics.

L'exutoire de la ravine canalisée sera en mer, il y aura donc un fonctionnement en charge qui

permettra l'auto-curage de la canalisation.

Un regard enfoui sera présent sur la plage et permettra si nécessaire un curage hydraulique de la canalisation.

En l'absence de période de crue, une surveillance de routine de l'ouvrage pourra être effectuée 1 à 2 fois par an afin d'identifier les éventuels désordres.

Si une obstruction est constatée, un curage de la canalisation et des regards sera réalisé afin de dégager l'aménagement.

10.4.6.4 La fosse de natation

Le risque de comblement de la fosse par dépôt sableux en provenance du platier est faible. Toutefois, il n'est pas à exclure un apport de sable depuis la plage dans des conditions de vagues énergétique. En condition d'agitation normale, le déferlement sur la plage au droit du bassin sera limité du fait de la présence de la protection en enrochement.

Un niveau d'ensablement de la fosse de l'ordre de 20cm d'épaisseur de sable, soit un volume de 50m³ peut être fixé comme valeur seuil. Au-delà de 20cm de sable, il peut être considéré que la profondeur d'eau dans la fosse n'est plus optimale.

Aussi, le pétitionnaire propose :

- Une surveillance des niveaux d'ensablement par lançage à l'aiguille une fois tous les 6 mois idéalement après la saison des houles australes les 3 premières années. Cette surveillance sur 3 ans permettra de déterminer des vitesses d'ensablement de la fosse. Au-delà de 3 ans, la fréquence de surveillance pourra être réduite à 1 fois par an.
- En cas d'ensablement important constaté (supérieur à 20cm), un curage de la fosse sera mis en œuvre par dragage hydraulique à l'aide d'une pompe à sédiments embarquée sur une embarcation légère munie d'une conduite d'aspiration guidée par des plongeurs. Le sable dragué sera remis sur l'estran au droit du bassin.



Figure 242 : Exemple de dragage hydraulique en situation de faible tirant d'eau dans le port de Saint Leu

Le volume de sable à draguer est estimé au maximum à 4800 m³ par an dans les conditions les plus maximisantes. De plus, les sédiments qui combleront la fosse sont susceptibles de présenter des dépassements de seuils N1 pour quelques composés.

Aussi, une attention particulière sera apportée aux modalités de gestion des sédiments dragués.

Les sédiments feront l'objet d'analyses sédimentaires pour une caractérisation de leur propriété physico-chimique. Les concentrations des substances visées seront comparées aux seuils de l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement.

Cet arrêté définit notamment des seuils N1 et N2 (correspondant à des niveaux de concentrations à ne pas atteindre ou dépasser).

- Si aucun dépassement des seuils N1 et N2 n'est observé l'impact est jugé neutre ou négligeable. Le MOA informera la Police de l'Eau des résultats et de l'intention de procéder au rechargement de plage.
- Si un dépassement d'un seuil N2 est observé, le MOA procédera d'office à des analyses complémentaires d'écotoxicité afin de caractériser la dangerosité du sédiment. Si le caractère dangereux est avéré, le sédiment ne pourra pas être utilisé en rechargement de plage. Il devra faire l'objet d'une gestion à terre.
- Si les concentrations se situent entre les seuils N1 et N2, le MOA consultera la Police de l'eau sur la nécessité ou non de procéder à des analyses complémentaires afin de vérifier la compatibilité du sédiment avec un rechargement de plage. En effet, à La Réunion, le bruit de fond géochimique peut entraîner des dépassements naturels des niveaux N1 et N2 pour certains paramètres (Nickel, Chrome et Cuivre notamment) sur certaines zones sans que ce dépassement ne soit associé à une pollution. Si le caractère dangereux est avéré, le sédiment ne pourra pas être utilisé en rechargement de plage. Il devra faire l'objet d'une gestion à terre. Auquel cas, le MOA procédera au rechargement de plage avec l'accord des services de l'Etat.

Ainsi, à l'issue des tests d'écotoxicité, si le sédiment est caractérisé comme non dangereux, il sera destiné au rechargement de la plage sur la zone de Grande Anse, avec l'aval de la Police de l'eau.

Si le sédiment est caractérisé comme dangereux ils devront faire l'objet d'un protocole de dragage et gestion à terre spécifique.

Les modes opératoires pour la gestion des sédiments sont précisés ci-après :

○ Mode opératoire du rechargement de plage:

Le sédiment sera retiré directement de la fosse de natation par des moyens hydrauliques ou mécaniques (dragage hydraulique, pelle mécanique). Le sable dragué sera entreposé directement sur la plage au droit du bassin.

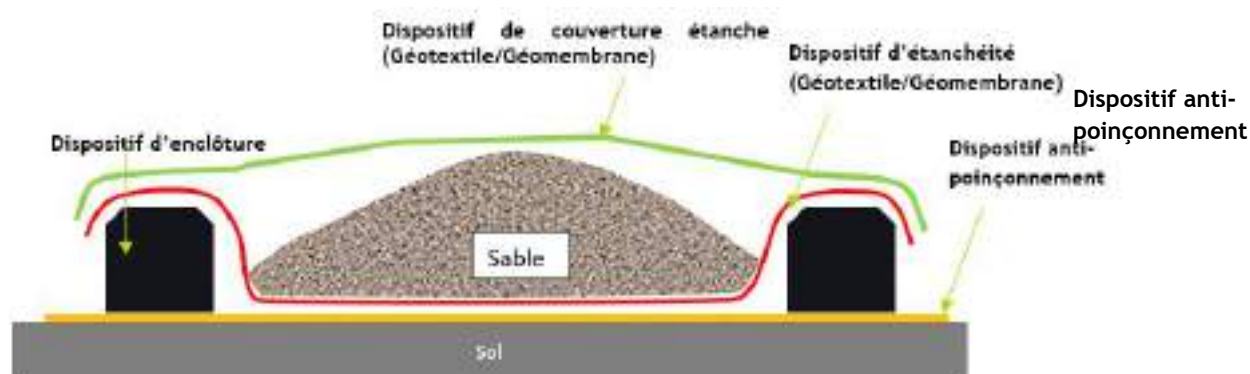
Il sera repris à la pelle mécanique pour être répartis sur la plage. L'accès au bassin et à la plage seront interdit durant les opérations.

○ Mode opératoire pour la gestion à terre:

Le sédiment sera retiré directement de la fosse de natation par des moyens hydrauliques ou mécaniques (dragage hydraulique, pelle mécanique). Le sable dragué sera entreposé pour ressuyage sur une zone temporaire aménagée en haut de plage.

Le ressuyage sur site sera effectué dans un complexe alvéolaire aménagée temporairement au sol dont le principe pourra être le suivant:

- Un dispositif d'étanchéité constitué d'un ou plusieurs géotextile ou géomembrane disposé sur un dispositif anti-poinçonnement.
- Un dispositif anti-poinçonnement entre le sol et les dispositifs d'étanchéité si nécessaire afin de garantir l'intégrité de ceux-ci.
- Un dispositif d'enclosure permettant de délimiter l'alvéole et retenir le sable
- Un dispositif de couverture étanche protégeant l'alvéole des précipitations.



La surface de l'alvéole sera adaptée en fonction de la quantité de sédiment à ressuyer. **Dans le cas de l'entretien envisagé pour la fosse, le dragage sera déclenché pour un niveau de sable de l'ordre de 20cm, équivalent à un volume à draguer de l'ordre de 100 m³. Au vu des volumes de sédiments à draguer, la surface utile d'une alvéole nécessaire au ressuyage sera d'au moins 100 m².**

Les eaux de ressuyage seront collectées par un drain placé en fond d'alvéole. Elles feront l'objet d'une analyse de qualité portant sur les paramètres MES, COT, métaux lourds, Hydrocarbures totaux, HAP, pesticides, TBT et dérivés, étain total et E. Coli. Les valeurs seront comparées aux seuils R1 de l'arrêté du 9 août 2006.

- Si elles sont compatibles avec le milieu, les eaux de ressuyage seront rejetées sans traitement dans le milieu naturel où l'opération de dragage a eu lieu.
- Auquel cas, les eaux feront l'objet d'un traitement approprié avant rejet (décantation, passage dans un séparateur hydrocarbure) ou évacuée vers la plateforme de déchets dangereux.

Après ressuyage, les sédiments seront repris et transportés dans des contenants étanches en vue de leur évacuation vers une installation de stockage qui sera déterminé après caractérisation du type de déchet en présence (inerte, non inert, dangereux, non dangereux).

Avant toute opération, le MOA informera la Police de l'Eau des résultats d'analyses.

10.4.7 Estimation des travaux

Le tableau suivant présente l'estimation des travaux au stade étude d'avant-projet. Le coût des travaux est estimé à **5 077 184,30** dont 4 201 852,38 pour les travaux maritimes (enrochement et canalisation du talweg).

Liste des lots :	Montant HT en €	TVA	Montant TVA en €	Montant TTC en €
TRAVAUX BASSIN DE BAIGNADE (LOT N°1)				
TRAVAUX PREALABLES	930 000,00	8,50	79 050,00	1 009 050,00
AMENAGEMENT HYDRAULIQUE TALWEG	282 175,00	8,50	23 984,88	306 159,88
TRAVAUX MARITIMES (DEROCTAGE, ENROCHEMENT, AMENAGEMENT INTERNE BASSIN)	2 660 500,00	8,50	226 142,50	2 886 642,50
Sous-total Travaux du Bassin de baignade				4 201 852,38

AMENAGEMENT POSTE MNS				
Lot N°02 VRD & PAYSAGER	244 900,00	8,50	20 816,50	265 716,50
Lot N°03 GROS ŒUVRE	63 566,00	8,50	5 403,11	68 969,11
Lot N°04 STR BOIS COUV BARDAGE SECOND ŒUVRE	222 284,00	8,50	18 894,14	241 178,14
Lot N°05 REVÊTEMENT DE SOL	6 755,00	8,50	574,18	7 329,18
Lot N°06 FAIENCE	1 857,41	8,50	157,88	2 015,29
Lot N°07 ELECTRICITE CFO/Cfa	15 170,00	8,50	1 289,45	16 459,45
Lot N°08 PLOMBERIE	29 395,00	8,50	2 498,58	31 893,58
Sous-total Poste MNS				633 561,24

Total	4 456 602,41	8,50	378 811,20	4 835 413,61
Aléas (5%)	222 830,12	8,50	18 940,56	241 770,68
Prix global	4 679 432,53		397 751,77	5 077 184,30

10.4.8 Planning prévisionnel

Le planning prévisionnel des travaux est donné ci-après. Les travaux maritimes seront réalisés hors périodes d'hiver austral.

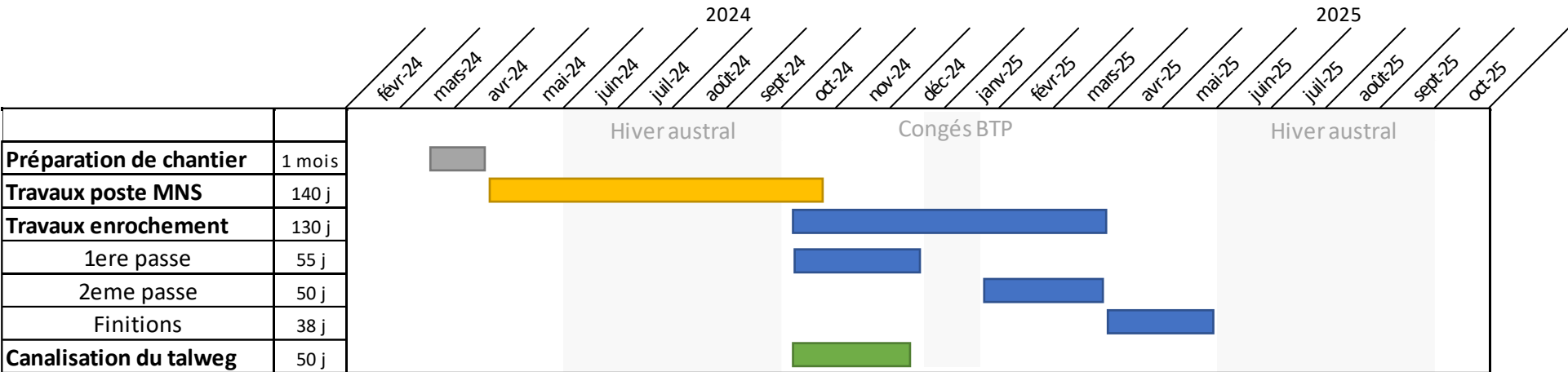


Figure 243: Planning prévisionnel

10.5 Etat initial de l'environnement

L'état initial a permis de dresser un état des lieux complet de l'environnement au niveau de l'aire d'étude.

Le tableau présenté ci-après établit une analyse des enjeux et sensibilités environnementales au sein de l'aire d'étude.

Pour chaque thématique, l'enjeu représente, compte tenu de son état actuel ou prévisible, une valeur au regard de préoccupations patrimoniales, esthétiques, culturelles, de cadre de vie ou économiques. Les enjeux sont appréciés globalement par rapport à des critères tels que la qualité, la rareté, l'originalité, la diversité, la richesse, etc. Cette analyse et hiérarchisation des enjeux est indépendante du projet.

La sensibilité exprime le risque d'altération ou de perte de la valeur de l'enjeu du fait de la réalisation du projet. Il s'agit de qualifier et quantifier le niveau d'impact potentiel du projet sur l'enjeu étudié.

Quatre niveaux d'enjeu et de sensibilité sont définis.

Enjeux	Sensibilité
Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
Faible	Faible
Moyen	Moyen
Fort	Fort

Thématique	Sous-Thématique	Enjeux environnementaux		Sensibilité vis-à-vis du projet
SOL et SOUS-SOL	Topographie	Le site se situe sur un terrain plat avec des altitude comprise entre 0 et +10m NGR avec un pendage faible vers la mer.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Pédologie	Sur le site d'étude le sol est constitué : - d'un dépôt de sable mixte d'origine bioclastique et volcanique au niveau du cordon littoral ; - De sols bruns reposant sur des coulées basaltiques faiblement altérés en arrière-plage.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Géologie	La géologie de la zone d'étude correspond à une plateforme récifale de type frangeant avec une plage d'arrière-récif. Celle-ci est adossée à formations basaltiques du massif du Piton de la Fournaise.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Géomorphologie côtière	La plage montre une tendance érosive plus marquée au nord de la plage et dégressive vers le sud. Celle-ci affecte principalement le haut de plage lors des événements tempétueux. Au niveau du bassin de baignade, la tendance récente est à l'accrétion de la plage.	Fort	Faible
EAU	Eaux de surfaces	La zone d'étude se trouve à proximité de la ravine des Français débouchant au sud du bassin et qui présente un régime intermittent ainsi que d'un talweg débouchant sur la plage.	Moyen	Faible
	Eaux souterraines	La zone d'étude est incluse dans le périmètre de la masse d'eau souterraine codifiée FRLG105 dite « FVL de Petite-Ile – Saint -Pierre » en bon état quantitatif et chimique.	Moyen	Faible

Océanographie		Il n'y a aucun captage aux alentours du projet. Le projet n'a donc pas d'incidence sur la ressource		
	Eaux marines et côtières	La zone d'étude est proche de la masse d'eau côtière « La porte - Saint Pierre - Pointe du Parc » codifiée FRLC104 qui présente un état écologique et global très bon.	Moyen	Faible
	Les courants	Les courants en dehors du bassin sont dangereux pour la baignade.	Fort	Faible
	Niveaux d'eau	Le niveau de la mer dépend de trois phénomènes que sont la marée, les surcotes (associées aux phénomènes météorologiques) et le changement climatique qui se traduit par une surélévation du niveau d'eau. La marée n'est pas très prononcée au niveau de la zone d'étude. Les surcotes sont liées aux variations de vent et de pression atmosphérique. Elles sont estimées à partir des variations de niveau d'eau sans l'action des vagues.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	La houle	Les houles au large de Grande Anse se répartissent sur un secteur directionnel relativement étroit allant du SE au SO. En moyenne sur l'année, la hauteur significative des vagues est de l'ordre de 1.8 m et 99% des vagues sont inférieures à 3.7 m. La houle déstabilise les berges, participe à son érosion et ainsi participe au retrait du trait de côte. L'objectif de l'aménagement est de protéger le bassin et les baigneurs lors de conditions annuelles et d'assurer une tenue correcte de l'enrochement lors de conditions de tempête.	Fort	Moyen

AIR ET CLIMAT	Climatologie (température, précipitations, vents, insolation)	Température moyenne : 25 °C Hauteur des précipitations : 1813 mm Vents : 21,6 km/h	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Qualité de l'air	Il n'y a pas de sources d'émissions sur le secteur.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
MILIEU NATURELS TERRESTRE	Périmètre de protection et inventaire	Le site se trouve dans une ZNIEFF terrestre et marine de type 1 et 2.	Fort	Moyen
	Flore	Deux espèces présentent des enjeux de conservation au sein de la zone d'étude immédiate : la Liane cochon (<i>Canavalia rosea</i>), située au niveau de la plage de Grande Anse, <i>Adiantum rhizophorum</i> localisée au niveau de la Ravine des Français. Plusieurs autres espèces présentent des enjeux moyens et forts dans la zone d'étude rapprochée.	Fort	Moyen
	Faune	La faune terrestre de la zone d'étude immédiate est caractéristique des milieux artificialisés et des végétations littorales, offrant ainsi des habitats d'espèces propices au développement d'espèces exotiques et peu favorables aux espèces indigènes. Les oiseaux et les reptiles sont les espèces à enjeux les plus forts.	Fort	Moyen
MILIEU MARIN NATUREL	Qualité de l'eau	Les paramètres hydrologiques et l'état physico-chimique de l'eau indique un milieu de bonne qualité. Les suivis antérieurs de l'ARS ont montré la possibilité de survenue ponctuelle de pollution bactériologique.	Fort	Moyen

	Faune et flore Flore	2 espèces de tortues ont été recensées sur le site. Les enjeux concernant la tortue verte sont considérés comme élevé et faible pour la tortue imbriquée. 6 espèces de cétacés ont été recensées dont 2 sont considérées comme sédentaires. Les baleines à bosses sont observées sur le site durant la période de l'hiver australe. 72 espèces de poissons sont observées ce qui correspond à une très faible biodiversité dans un récif. Le peuplement ichtyologique accueille 141 espèces, ce qui témoigne d'une diversité spécifique intéressante. La répartition des familles et les structures trophiques sont proches des peuplements typiques des récifs coralliens. Pour les poissons, 20 espèces remarquables ont été identifiées, du fait notamment de leur degré de rareté ou de menace (déterminantes ZNIEFF et/ou liste rouge UICN. Enfin, 28 espèces présentent un intérêt commercial (pêche), avec cependant un intérêt faible (abondance limitée et petites tailles des individus). Pour ces biocénoses marines, l'enjeu écologique est qualifié de fort pour les formations coralliennes côtières de très faible profondeur (avec faune et flore associées). Le projet va concerner différentes zones de sensibilité écologique faible à fort.	Fort	Fort
ENVIRONNEMENT HUMAIN	Environnement humain	Il n'y a pas d'habitation sur le lieu du site uniquement un snack.	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
PAYSAGE	Environnement paysager	Le site ne se trouve pas dans une zone de monuments classés. Il profite d'un tableau paysager remarquable à forte valeur identitaire. Son intérêt est majeur à l'échelle du site.	Moyen	Faible

RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES	Mouvements de terrain	Le site se trouve en aléa moyen et faible	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Inondation	Le site se trouve en aléa inondation faible	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Littoraux	Le poste MNS se trouve en zone aléa submersion marine fort moyen et faible et en aléa fort recul du trait de côte.	Fort	Faible
	Cyclones et ouragans	La saison cyclonique s'étend de novembre à avril	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité
	Houles, tsunamis et marées de tempêtes	Le risque de houle peut être accentuée pendant la période cyclonique	Absence d'enjeux	Faible
	Risque technologique	Le site se trouve éloigné de toute zone à risque technologique potentiel	Absence d'enjeux	Absence de sensibilité

10.6 Effets prévisibles du projet et mesures prévues

Thématique	Sous-thématique	Phase du projet	Impact potentiel	Niveau d'impact	Mesures d'évitement et de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation	Coût en euros HT
Sol et sous-sol	Morphologie	Phase travaux	Des terrassements seront nécessaires pour la réalisation des travaux mais ils seront limités en profondeur. Le terrain sera remis à niveau après travaux et nivelé après destruction des murs du belvédère, du muret sur l'estran. Les nivellements en haut de plage et en pied de plage rendront à la plage une topographie plus harmonieuse et plus praticable.	Faible- temporaire	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
		Phase d'exploitation	Le projet aura un impact nul sur la morphologie de la plage.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
	Qualité du Sol	Phase travaux	Les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires induits par : - la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules), -la manipulation de produits polluants pour les besoins du chantier -la mise en œuvre de béton pour l'aménagement de l'écran de butée du fonçage avec risque de départ de laitance	Moyen- temporaire	Aménagement la zone de chantier Limitation des risques de pollution accidentelle Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Aucun effet du projet	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
Eaux	Eaux de surface	Phase travaux	Seuls les travaux au niveau du talweg sont susceptibles d'avoir une incidence sur les eaux de surface par déversement accidentel de produits polluants par les engins de travaux.	Faible – temporaire	Aucun travaux n'aura lieu en période de pluie. Limitation des risques de pollution accidentelle	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Aucune interaction entre le projet et les eaux de surface	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
	Eaux souterraines	Phase travaux	Les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires : - induits par la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules) polluant dans un premier temps le sol et par infiltration les eaux souterraines ; -départ de laitance de béton pour l'aménagement de l'écran de butée de la fosse de fonçage.	Faible – temporaire	Aucun travaux n'aura lieu en période de pluie. Limitation des risques de pollution accidentelle	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Le risque pollution accidentelle par les hydrocarbures dû à la présence de véhicule sur le site est nulle. Le site n'est pas accessible aux engins	Faible	Gestion des eaux usées du poste MNS Gestion des eaux des douches	Nul	Aucune	Sans objet

	Eaux marines et côtières	Phase travaux	La zone de projet en milieu marin est très localisée donc peu d'incidence sur l'état de la masse d'eau côtière. A la côte les incidences en phase travaux portent essentiellement sur des impacts temporaires induits par la circulation des engins (pertes d'huiles et d'hydrocarbures des véhicules) et par apport indirect via le ruissellement sur les sols.	Moyen - Temporaire	Limitation des risques de pollution accidentelle Adaptation des modalités d'exécution des travaux maritimes pour maintenir les engins hors d'eau Gestion des déchets (éviterment) Maitrise de la qualité des eaux (réduction) Contrôle de la qualité des eaux (réduction)	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase exploitation	Les impacts du projet sont liés à : L'apport d'eau douce au débouché de la canalisation du talweg L'apport d'eau douce par les douches publiques La modification des conditions d'agitation dans le bassin par la modification de la protection en enrochement et notamment un renouvellement insuffisant des eaux.	Moyen	le projet intègre déjà dès le stade de conception les enjeux de la qualité des eaux côtières. En exploitation, les mesures de gestion des eaux prévues pour les eaux souterraines inhérentes à la gestion des eaux usées du poste MNS et des eaux des douches permettront également de garantir l'absence de pollution indirecte des eaux côtières.	Nul	Aucune	Sans objet
Océanographie		Phase travaux	Les travaux n'auront pas d'impact sur l'hydrodynamisme côtier. L'enrochement présent sera retiré à l'avancement de la mise en œuvre du nouvel enrochement.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
		Phase d'exploitation	Une fois le projet finalisé, la protection en enrochement aura un faible impact sur l'hydrodynamisme côtier au voisinage de l'ouvrage. La baignade dans le bassin sera sécurisée. Le renouvellement de l'eau sera assuré.	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
Milieux naturels terrestres	Habitats, faune et flore terrestres	Phase travaux	Perturbation et/ou destructions des habitats et espèces végétales terrestres ((cas des communautés végétales des hauts de plage à Patates à Durand et Patates cochon) Perturbations et/ou destructions d'espèces faunistiques terrestres Développement des espèces végétales exotiques envahissantes	Moyen – Temporaire	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins Mesure R01 – Adaptation des modalités d'éclairage du chantier Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet	Faible	Aucune	Coût des mesures E01, R01, R05 intégré au projet
		Phase d'exploitation	Risque de piétinement de la végétation par les usagers	Faible	Les aménagements du haut de plage (boudin cocos)	Faible	Aucune	Coûts intégrés au projet

431

					2. Mesure E02 – Absence de travaux bruyants marins durant la saison des baleines à bosse 3. Mesure R09 : définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux) 4. Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux 5. Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier 6. Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet 7. MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)			
		Phase d'exploitation	Développement de biocénoses marines dans le nouveau bassin Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau Effets sur la fonctionnalité écologique locales	Moyen - Définitif	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Enfin, selon cette même démarche ERC, en maximisant les démarches d'évitement et de réduction, il est également proposé des mesures d'accompagnement, à savoir : ☐ MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation) ☐ MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)	Faible	MC1 : plan de gestion et mise en œuvre des actions prioritaires en faveur de la biodiversité pour le site littoral de grande anse	E01 : intégré au projet R06 : intégré au projet MA01 : Coût pour les suivis des biocénoses marines (substrat dur) : 80 000 € MA02 : Coût total de 30 000 € pour les 5 suivis en mer, comprenant 3 experts MMO (observateurs cétacés), rapports et bancarisation. MC1 : 30 000€ par an pour la mise en œuvre d'actions du plan de gestion, soit un total de 300 000 € sur 10 années.
					L'installation de la protection en sera favorable au maintien et au développement les peuplements coralliens.	Positif	Aucune	Coût intégré au projet
Air et Climat	Emission GES/poussière	Phase travaux	Augmentation des émissions de gaz à effet de serre et de poussière liée aux engins	Faible – Temporaire	Respect les normes anti-pollution en vigueur Respect de la limitation de vitesse Suivi et entretiens périodiques des engins Arrêt des moteurs des engins à l'arrêt	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Aucun engin n'a accès au site	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet

Environnement humain	Bruit	Phase travaux	Les travaux vont générer une augmentation de bruit, toutefois les habitations les plus proches sont situées à plus d'1 km du site.	Faible – Temporaire	Utilisation de matériel et engins de chantier conformes à la réglementation en vigueur	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	Le bruit proviendra des visiteurs du site. L'impact sur le voisinage est négligeable	Nul	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
	Déchets	Phase travaux	Les travaux vont générer des déchets mais ceux-ci seront de faible volume et temporaire.	Faible – Temporaire	Mise en place d'une gestion des déchets sur le chantier.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	La production de déchets en phase exploitation se limite aux déchets des visiteurs et du poste MNS	Faible permanent	Site d'entreposage et de tri approprié. Evacuation des déchets par le service de ramassage et d'entretien du site.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
Paysage		Phase d'exploitation	La qualité paysagère du haut de plage sera améliorée avec la destruction du mur du belvédère et l'implantation du poste MNS intégré dans le paysage. L'aspect visuel de l'enrochement sera intégré au paysage. Des îlots d'enrochement volcanique seront installés dans le bassin afin de casser le visuel linéaire de l'enrochement.	Positif et permanent	Aucune mesure nécessaire. L'aspect paysager est pris en compte dès la conception du projet.	Nul	Aucune	Sans objet
Transport et trafic	Fréquentions du site et accès	Phase travaux	Les travaux nécessitent la présence d'engins/véhicule/personnel de chantier sur le secteur	Faible – Temporaire	La circulation est limitée aux heures de travail	Nul	Aucune	Sans objet
		Phase d'exploitation	L'accès au site se fera uniquement à pied. Des accès PMR seront installés. La fréquentions du site va augmenter avec les aménagements d'arrière-plage déjà réalisé.	Positif Le projet permet de proposer une zone de baignade surveillée et adaptée aux visiteurs du site.	Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune	Sans objet
Risques	Risque Inondation	Phase travaux	Les travaux n'auront aucun effet sur le risque inondation et mouvement de terrain. Toutefois ils auront lieu à proximité d'une ravine.	Faible - Temporaire	Les travaux seront stoppés en cas de forte pluie.	Nul	Aucune	Sans objet
	Risques littoraux	Phase travaux	Les travaux auront lieu en zone d'aléa fort submersion marine et recul du trait de côte. Etant donné la courte durée des travaux, le risque pour le chantier est faible.	Faible-Temporaire	Installations et engins de chantier installés/stockés hors d'atteinte des vagues hors période de travaux. Mise en sécurité du personnel et des engins en cas d'évènement météo-océanique exceptionnel. L'entreprise mettra en place un système d'alerte et des mesures de sauvegarde décrit dans le PPSPS et le PQA.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet
		Phase d'exploitation	La zone d'implantation du poste MNS est concernée par un aléa fort recul du trait de	Faible – Permanent	Des panneaux d'information et de signalisation sur le risque submersion	Nul	Aucune	Sans objet

			côte ainsi que des aléas faible, moyen et fort submersion marine. Toutefois la conception du bâtiment assure une transparence hydraulique. Le projet contribue aussi au retrait des points durs sur le trait de côte. Le projet contribuera à diminuer l'érosion du haut de plage. La fréquentation du secteur sera augmentée.		destiné au public seront installés à proximité du poste MNS. En cas d'évènement majeur de submersion marine, la zone sera interdite d'accès au public par la municipalité.			
Risque cyclonique	Phase travaux Phase d'exploitation	L'île de la réunion est exposée au risque cyclonique.	Moyen	En cas de cyclone, les travaux seront interrompus. Le matériel sera mis à l'abris. Durant la phase d'exploitation le site sera fermé	Nul	Aucune	Sans objet	
Risque technologique	Phase travaux Phase d'exploitation	Les travaux et l'exploitation associés à la création du bassin de baignade n'ont pas d'effet sur les risques technologiques et industriels	Nul		Nul	Aucune	Sans objet	
Risque sanitaire	Phase travaux	Les zones d'installation de chantier peuvent constituer des zones favorables à la création d'eau stagnantes en cas de pluie.	Faible - Temporaire	Stockage des déchets et matériaux dans des bacs fermés. Une lutte mécanique sera mise en place avec un contrôle hebdomadaire et une élimination manuelle des potentiels gîtes larvaires.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet	
	Phase d'exploitation	Les douches publiques et la canalisation du talweg peuvent constituer des zones favorables à la création d'eau stagnante en cas de pluie.	Faible - Permanent	L'eau des douches publiques sera infiltrée dans un puisard. La conception de la canalisation du talweg permet une vidange de celle-ci et ne permet pas la création de gîtes larvaires.	Nul	Aucune	Coût intégré au projet	

10.7 Justification de la solution retenue

En raison de l'absence de zone de baignade en mer dans la zone sud-ouest de l'île de La Réunion, la mairie souhaite offrir à la population une ouverture vers l'océan via l'extension du bassin de baignade de la plage de Grande Anse.

L'extension du bassin de Grande Anse avec l'installation d'un poste de secours adaptée aux personnes à mobilité réduite a été retenue.

Le projet s'inscrit donc dans un but d'intérêt général car il améliore l'offre de baignade existante, en termes de sécurité et de confort, et qu'il renforce la préservation des enjeux écologiques présents au fond du bassin existant par :

- Le doublement de la surface du bassin existant avec renforcement de l'enrochement existante qui est en mauvais état ;
- Le creusement d'une fosse destinée à l'apprentissage de la baignade à destination des jeunes publics, et notamment des scolaires ;
- La construction d'un poste de surveillance de la baignade ;
- La construction de locaux pourvus des équipements nécessaires pour l'obtention du label Handiplage ;
- La protection de la zone à enjeux écologiques forts (coraux, poissons) présente au fond du bassin existant par la mise en œuvre de mesure ERC ;

Ces aménagements permettront de disposer d'un bassin sécurisé et autorisé à la baignade (ce qui n'est pas le cas du bassin actuel, même s'il est utilisé par la population).

On rappelle en effet que le bassin de baignade actuellement présent sur le site ne permet pas la baignade en toute sécurité, en l'absence de structure permettant la surveillance du site.

La baignade à Grande Anse est dangereuse du fait des forts courants, des vagues qui se cassent sur la plage et l'observation à plusieurs reprises de requins.

10.8 Eléments majeurs du projet

10.8.1 En termes d'aménagement du territoire

- Proposer un bassin de baignade sécurisé et dimensionné par rapport à la fréquentation du site de Grande Anse
- Proposer un aménagement qui s'inscrit dans une démarche d'accessibilité pour tous aux activités aquatiques
- Renforcer le dynamisme et l'attractivité du site de Grande Anse dans la région sud sauvage

10.8.2 Intégration paysagère

- Conserver le caractère naturel et sauvage du site par le choix des matériaux
- Contribuer au fonctionnement naturel de la plage par la limitation et le retrait des points durs sur la plage

10.8.3 Prise en compte des enjeux environnementaux

- Localisation des ouvrages tenant compte des enjeux terrestre et marins
- Conservation des corridors écologiques terrestres
- Favoriser la sensibilisation du grand public à la biodiversité récifale

ANNEXES

ANNEXE 1 : PHASE 1 : EXTENSION DU BASSIN DE BAIGNADE DE GRANDE ANSE, MISSION DE DIAGNOSTIC, BIOTOPE 2019



Maîtrise d'œuvre relative aux travaux d'extension du bassin de Grande Anse

SPL MARAINA

Mai 2023

PHASE 1 – DIAGNOSTIC :
volet faune et flore (avec
actualisation du volet marin)



Citation recommandée	BIOTOPE, 2023– Mission de maîtrise d'œuvre pour l'extension du bassin de baignade de Grande Anse – Mission MC3 / Volet milieux naturels, faune et flore - PHASE 1 : Diagnostic écologique (actualisation du volet marin). SPL Maraina, 176p.	
Version/Indice	vA – Version initiale vB – Actualisation du volet marin (état des lieux) vC – Actualisation de la cartographie des sensibilités du bassin vD – Actualisation de la cartographie avec le projet actualisé du bassin vE – Actualisation de la cartographie (projet et habitats)	
Date	vD	
N° de contrat	2021753	
Maître d'ouvrage	SPL MARAINA	
Interlocuteur	Redha MANSERI Responsable Opérations Aménagement	Contact : redha.manseri@spl-maraina.com Tel : 06 92 71 18 15
BIOTOPE Chef de projet	Jean-Sébastien PHILIPPE	Contact : jsphilippe@biotope.fr Tél : 02 62 46 67 75

Sommaire

1	Introduction	9
2	Description simplifiée du projet	11
3	Etat initial de l'environnement	13
1	Définition des zones d'étude	14
1.1	Milieu terrestre	14
1.2	Milieu marin	15
2	Zonages réglementaires et d'inventaires	20
2.1	Zonages réglementaires de protection du patrimoine naturel	20
2.2	Zonages d'inventaires du patrimoine naturel	22
2.3	Réseaux écologiques de La Réunion (RER)	24
3	Environnement naturel terrestre	28
3.1	Les habitats naturels	28
3.2	La flore	41
3.3	La faune	46
4	Environnement naturel marin	68
4.1	Qualité des eaux littorales	68
4.2	Les habitats marins	70
4.3	Les peuplements benthiques et ichtyologiques	81
4.4	Mégafaune marine	113
4	Conclusion	128
1.1	Les enjeux écologiques pour le milieu terrestre	129
1.2	Les enjeux écologiques pour le milieu marin	130
5	Annexes	133

Liste des figures

Figure 1 – Localisation projetée du bassin de baignage (source : Safege, 2018).....	12
Figure 2 – Cartographie des zones d'étude pour les expertises du milieu terrestre littoral.....	15
Figure 3 : Localisation des stations pour l'étude hydrologique dans le cadre du projet d'agrandissement du bassin de Grande Anse.	16
Figure 4 : Points de reconnaissance vidéo pour l'évaluation globale des habitats et fonds marins	17
Figure 5 : Localisation des transects réalisés pour l'étude des peuplements marins, au niveau de la pente externe, du bassin de baignade et du platier interne (prospection aléatoire). Les profondeurs données par les isobathes ne sont pas suffisamment précises. Les profondeurs de terrains ont été retenues.....	18
Figure 6 : Aire d'étude prise en compte pour l'étude de la mégafaune marine (cétacés et tortues). Le rayon de la zone est de 2 miles nautiques.	19
Figure 7 – Plage et côtes rocheuse du Piton Grande Anse (Biotope, 2018)	28
Figure 8 - Cartographie simplifiée des habitats naturels indigènes à une échelle élargie avant et après la colonisation humaine (Source : DEAL, 2015).....	29
Figure 9 - Cartographie simplifiée des habitats littoraux réalisée en 2016 (Source : DEAL, 2016).....	30
Figure 10 – Proportion des formations végétales au sein de la zone d'étude (Biotope, 2018). 31	
Figure 11 – Cartographie des habitats de la zone d'étude immédiate (Biotope, 2018).....	40
Figure 12 - Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude (Biotope, 2018) [xx ; xx % : nombre d'espèce et pourcentage].....	41
Figure 13 - Henotesia narcissus borbonica (© Biotope).....	48
Figure 14 – Cartographie des données faunistiques (reptiles) selon la bibliographie.....	50
Figure 15 - Agame arlequin (Calotes versicolor) (© Biotope)	51
Figure 16 : Localisation des observations et des habitats favorables aux reptiles.....	52
Figure 17 - Cartographie des réseaux écologiques des oiseaux marins (DEAL, 2014) (Biotope, 2018).....	55
Figure 18 - Cartographie des données d'oiseaux marins selon la bibliographie (Biotope, 2018)	56
Figure 19 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Puffin tropical (Gineste 2016) et zone d'étude (en noir).	57
Figure 20 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Pétrel de Barau (Gineste 2016, thèse Biotope-Entropie) et zone d'étude réduite (en noir).....	58
Figure 21 - Cartographie des données concernant l'avifaune selon la bibliographie (PNR, SEOR, OMAIR, BIOTOPE)	59
Figure 22 - Fréquence relative des espèces sur l'aire d'étude (Biotope, 2018)	60
Figure 23 – Représentativité des espèces par statut (BIOTOPE).....	61
Figure 24 - Cartographie des habitats favorables à l'avifaune (Biotope, 2018)	64
Figure 25 : Données bibliographiques concernant les chiroptères (Source : PNR, 2010 et Ecomed, 2016)	65
Figure 26 : Petit Molosse (Mormopterus françoisimoutoui) (© Biotope 2018)	65
Figure 27 - Cartographie des habitats favorables aux chiroptères (Biotope, 2018).....	67
Figure 28 : Géomorphologie de la zone d'étude. D'après Carex et Arvam, 2005. La zone marine non cartographiée est la pente externe.....	71
Figure 29 : Imagerie drone laissant apparaître le début de ces éperons/sillons caractéristique de cette pente externe. © Ocean Obs, 2021.	72
Figure 30 : Résultats des reconnaissances vidéo sur la pente externe entre 4 et 14 mètres et au-delà de 15 mètres.	73

Figure 31 : Éperons-sillons très marqués dans la zone des 8-9 mètres de profondeur (© Biotope, 2018).....	74
Figure 32 : Éperons-sillons moins marqués dans la zone des 12-13 mètres (© Biotope, 2018).....	74
Figure 33 : Fonds à sédiments grossiers associés à des galets décimétriques (© Biotope, 2018)	75
Figure 34 : Habitats et géomorphologie du platier interne de Grande Anse. Cartographie combinant les analyses de terrain, données bibliographiques et imageries aérienne par drone (d'après Carex et Arvam, 2005 ; Pareto, BCEOM, 2004 et Biotope/Ocean Obs, 2021).....	76
Figure 35 : A gauche, couverture corallienne faible voire nulle à proximité du bassin de baignade, à droite couverture plus importante dans la zone sud-ouest du bassin (© Biotope, 2018).	77
Figure 36 : Contexte morpho-sédimentaire du bassin de baignade (d'après SPL MARAINA, 2016).	77
Figure 37 : Géomorphologie du platier interne (d'après PARETO, BCEOM, 2004).....	78
Figure 38 : Fonds à galets à l'entrée du nord du bassin. © Biotope, 2021.	78
Figure 39 : Colonies de Porites localisées principalement au centre du bassin. © Biotope, 2021.	79
Figure 40 : Zone sableuse présentant quelques galets et blocs basaltiques (non visibles sur la photo). © Biotope, 2021.	80
Figure 41 : Colonies coralliennes présentes au niveau de la partie sud -est du bassin. © Biotope, 2021.	80
Figure 42 : Cartographie fine des habitats du bassin de baignade de Grande Anse (actualisation 2021)	81
Figure 43 : A gauche, profil général de la station à colonies coralliennes petites et dispersées - A droite, exemple d'une petite colonie corallienne du genre <i>Galaxea</i> sp (© Biotope, 2018) ...	82
Figure 44 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 12m de profondeur.	82
Figure 45 : Présence importante des algues calcaires <i>Halimeda</i> sp (cercles rouges).....	83
Figure 46 : Recouvrement relatif des grands types de coraux au niveau de la pente externe, à 12 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores]	83
Figure 47 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe (profondeur de 12 m). ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroutant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CMR : Corail champignon ; CS : Corail Submassif.	84
Figure 48 : Répartition des genres pour les coraux durs présents au niveau de la pente externe à 8 mètres de profondeur.	84
Figure 49 : A gauche, profil général de la station à colonies coralliennes plus grandes et moins dispersées - A droite, exemple de colonies coralliennes très proches les unes des autres, avec dominance du genre <i>Acropora</i> sp (© Biotope, 2018)	85
Figure 50 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 8m de profondeur.	85
Figure 51 : Recouvrement relatif par type de coraux au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores].....	86
Figure 52 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACE : Acropore encroutant ; ACS : Acropore submassif ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroutant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CS : Corail Submassif].....	86
Figure 53 : Répartition des genres des coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur.	87

Figure 54 : Colonies coralliennes rencontrées au niveau du platier interne (prospection aléatoire). Colonies de Millépores (en haut à gauche), Acropores (en haut à droite) et formes massives et submassives (en bas).	88
Figure 55 : Géomorphologie du bassin de baignade (d'après PARETO, BCEOM, 2004).....	89
Figure 56 : Colonies coralliennes présentes au niveau des enrochements effondrés à proximité de l'enceinte du bassin (© Biotope, 2018).....	89
Figure 57 : Colonies coralliennes observées sur le secteur sud-est du bassin de baignade. En haut, couverture corallienne importante en début de transect (à proximité des enrochements), en bas couverture corallienne plus faible (à proximité du centre du bassin) (© Biotope, 2018).....	90
Figure 58 : Recouvrement benthique sur la station située au sud-est du bassin de baignade.	91
Figure 59 : Le bassin de baignade accueille localement le développement important des oursins (<i>Diadema savigny</i>) (© Biotope, 2018)	91
Figure 60 : Recouvrement par type de coraux (à gauche) et par type de forme (à droite) sur la station sud-est du bassin de baignade. NAC : Non Acropore ; CAC : Coraux Acropores.	91
Figure 61 : Diversité des genres coralliens au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.	92
Figure 62 : Densité des échinidés au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.....	92
Figure 63 : Formations coralliennes observées au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade (© Biotope, 2018).....	93
Figure 64 : Zone où se concentrent les oursins diadèmes. © Ocean Obs, 2021.....	93
Figure 65 : Recouvrement benthique au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade.	94
Figure 66 : Type de coraux (à gauche) et type de formes (à droite) des colonies coralliennes sur la station centre-ouest du bassin de baignade.	94
Figure 67 : Répartition des genres de coraux observés au niveau de la station centre-ouest.	95
Figure 68 : Densité des différents Échinides observés au niveau de la station centre-ouest du bassin.	95
Figure 69 : Répartition des 256 espèces potentiellement identifiées au sein des embranchements. Annélides (6 espèces), Arthropodes (59), Cnidaires (47), Echinoderme (45), Mollusque (88), Plathelminthes (8) et Spongiaire (3).	96
Figure 70 : Dominance des genres de coraux au sein du bassin de baignade.....	97
Figure 71 : Planche d'illustrations d'invertébrés remarquables et menacées.....	101
Figure 72 : A gauche : <i>Echinopora gemmacea</i> ; Au centre : <i>Favia pentagona</i> (© Biotope, 2021)	101
Figure 73 : Individu de <i>Eucidaris metularia</i> observé de jour dissimulé dans une anfractuosité. © Biotope, 2021.....	102
Figure 74 : Individu de <i>Carpilius convexus</i> observé de nuit. © Biotope, 2021.....	102
Figure 75 : Individu de <i>Tridacna</i> sp. © Biotope, 2021.	103
Figure 76 : Habitat étudié dans le bassin de baignade avec peuplement ichtyologique associé (� Biotope, 2018)	104
Figure 77 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage.....	105
Figure 78 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)	106
Figure 79 : Habitat d'espèce de la pente externe avec peuplement ichtyologique associé (� Biotope, 2018).....	107
Figure 80 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage.....	108
Figure 81 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)	108

Figure 82 : Cartographie des enjeux pour le milieu marin dans le cadre de ce projet (Biotope, 2021).....	112
Figure 83 : Synthèse cartographique des observations de cétacés dans le Sud-Ouest de l'île entre 2008 et 2017 (Globice, 2018).....	114
Figure 84 : Synthèse des observations de cétacés dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018).	115
Figure 85 : Effort de prospection réalisé dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018).....	115
Figure 86 : Distribution des observations de Baleine à bosse autour de la Réunion entre 2008 et 2015 (Cottarel et al., 2018) [Point rouge : bassin de Grand Anse].....	116
Figure 87 : Abondance relative de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018) ...	117
Figure 88 : Fréquence d'observation de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)	118
Figure 89 : Fréquence d'observation et observation du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2015. D'après Cottarel et al. 2018.....	119
Figure 90 : Modélisation de l'habitat du Grand Dauphin de l'Indo-Pacifique à la Réunion. D'après Cottarel et al., 2018.	120
Figure 91 : Abondance relative du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2017 (Globice, 2018).....	121
Figure 92 : Fréquence d'observation du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2017 (Globice, 2018).....	122
Figure 93 : Tortue verte (à gauche) et Tortue imbriquée (à droite). © J.S. Philippe, Biotope.	124
Figure 94 : Bilan des observations de tortues marines à la Réunion (Kelonja, Ifremer, Natural Earth, Globice, IGN). D'après Philippe et al., 2014.....	125
Figure 95 : Activité de ponte (traces seules ou traces et pontes) entre 1980 et 2012. D'après Philippe et al., 2014.....	126
Figure 96 : Carte de synthèse des enjeux pour le milieu terrestre	130
Figure 97 : Carte de synthèse des enjeux pour les biocénoses marines	131
Figure 98 : Orthophoto produite à l'aide des images drones et du logiciel Agisoft Metashape Professional.....	142
Figure 99 : Précartographie réalisée sous le logiciel Photoshop.	143

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées GPS (WGS84) des stations de suivis hydrologiques	16
Tableau 2 : Coordonnées GPS des points de départ des transects.....	18
Tableau 3 – Liste des habitats recensés sur la zone d'étude (Source : Biotope 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010).....	32
Tableau 4 – Liste des habitats recensés sur la zone d'étude (Source ; Biotope 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010).....	37
Tableau 5 - Bioévaluation de la flore indigène recensée.....	43
Tableau 6 – Classe d'invasibilité de la flore exotique définie pour La Réunion [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016] (Source ; CBNM 2016) ..	44
Tableau 7 – Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion [Source ; CBNM 2016].....	45
Tableau 8 : Espèces d'invertébrés patrimoniales observées sur la zone d'étude	48

Tableau 9 : Bio-évaluation des espèces remarquables de reptile dans la zone d'étude	52
Tableau 10 : Espèces d'oiseaux recensées sur la zone d'étude	54
Tableau 11 : Oiseaux remarquables et protégés recensés sur le site.....	62
Tableau 12 : Espèces protégées de mammifères recensées sur le site	66
Tableau 13 : Résultats des paramètres de charge particulaire C1 : campagne 1 (10/2018) - C2 : Campagne 2 (12/2018).	69
Tableau 14 : Résultats des analyses des nutriments effectués sur les 3 stations hydrologiques. Les valeurs sont en $\mu\text{mol/L}$. C1 : Campagne 1 (10/2018) ; C2 : Campagne 2 (12/2018).....	69
Tableau 15 : Résultats bactériologiques des prélèvements effectués au niveau de la pente externe et du littoral	70
Tableau 16 : Synthèse de l'évaluation patrimoniale des invertébrés marins recensés dans la zone d'étude.....	98
Tableau 17 : Tableau de synthèse d'indicateurs de référence sur la structuration des peuplements sur d'autres sites de La Réunion	104
Tableau 18 : Tableau de synthèse des espèces remarquables pour la zone d'étude	110
Tableau 19 : Description des différents habitats et communautés et critères pour définir leur enjeu écologique.	111
Tableau 20 : Synthèse des données collectées entre 2008 et 2017 pour les cétacés côtiers dans la zone d'étude (Globice 2018) [Nombre d'observations, nombre d'individus total et taille moyenne des groupes observés dans la zone d'étude]	113
Tableau 21 : Enjeux écologiques pour les mammifères marins recensés dans la zone d'étude	123
Tableau 22 : Évolution des effectifs des tortues marines s'alimentant à la Réunion. D'après Philippe et al. 2014.....	124
Tableau 23 : Enjeux écologiques pour les tortues marines sur la zone d'étude.....	127

1

Introduction

1 Introduction

La SPL MARAINA porte actuellement un projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse, situé sur la commune de Petite-Ile. En s'appuyant sur le bassin existant, ce projet propose donc un agrandissement (vers l'ouest), offrant une zone de baignade sécurisée pour le sud de La Réunion. Au regard de sa situation, il convient toutefois de bien intégrer les enjeux écologiques associés, notamment pour le milieu marin, car le site s'intègre dans un complexe récifal. Ainsi, il est important de travailler de telle sorte à intégrer, dès sa conception et jusqu'à sa réalisation, les mesures environnementales garantissant une intégration optimale de ce projet dans le contexte écologique local. La prise en compte de l'environnement dans toutes les étapes du projet (conception, mise au point, réalisation, gestion) requiert la mise en œuvre d'un ensemble de procédures, de méthodes et d'outils adaptés à chacune d'entre elles.

Pour ce projet, dans un groupement porté par le bureau d'étude SAFEGE, BIOTOPE assure donc une partie de la mission de maîtrise d'œuvre, en proposant l'ensemble des compétences inhérentes au contexte écologique, que ce soit pour le milieu marin et le milieu terrestre.

La présente mission s'intègre dans la *mission complémentaire (MC3)*, où BIOTOPE va réaliser les expertises écologiques du milieu terrestre (littoral : habitats, faune et flore) et marin (biocénoses, peuplements marins, mégafaune marine et qualité de l'eau). Cela viendra également intégrer le dossier réglementaire relatif à l'étude d'impact, pour le volet faune et flore, (milieu marin et terrestre).

Dans le cadre de ce projet, le présent rapport concerne le diagnostic écologique du volet faune et flore de l'étude d'impact, pour les milieux terrestres et marins. Il comprend une actualisation des connaissances relatives au milieu marin, intégrant des expertises complémentaires sur les habitats et espèces marines (Biotope, 2021).

2

Description simplifiée du projet

2

Description simplifiée du projet

Ce projet concerne donc l'extension du bassin de baignade de Grand-Anse, situé sur la Commune de Petite-Ile, et porté par cette même commune et la SPL Maraina.



En considérant l'actuel bassin de baignade, et sur la base des aménagements réalisés au niveau de l'arrière-plage (travaux en cours), il convient de définir un projet global offrant un site favorable à la baignade sur cette portion de littoral exposé à certains risques (forte houle, mer ouverte avec courants, risque requin...).

Une extension de l'actuel bassin de baignade est donc prévue, en proposant un doublement de sa longueur vers l'Ouest, pour une profondeur d'environ 1 à 1.5 m (se référer à

Figure 1). Un aménagement complémentaire va également intégrer l'aménagement d'un poste MNS au niveau de la plage.

Il est à noter que d'autres aménagements seront à prévoir en considérant le devenir du muret actuel au niveau de la plage et l'exutoire de la ravine centrale.

Le projet est présenté ci-dessous, correspondant aux dernières évolutions du projet d'aménagement (période 2020-2021).



Figure 1 – Plan masse du projet de bassin de baignage (source : Safege, 2018)

3

Etat initial de
l'environnement

3 Etat initial de l'environnement

1 Définition des zones d'étude

1.1 Milieu terrestre

Afin de bien comprendre tous les enjeux liés à un projet, il convient de définir la zone d'étude sur laquelle va porter le projet. La surface de la zone d'étude doit être pertinente par rapport d'une part aux caractéristiques du projet et d'autre part aux enjeux environnementaux du site.

Pour l'étude du milieu naturel terrestre, la zone d'étude est l'aire géographique susceptible d'être influencée par le projet. Il est possible de distinguer 3 grands types de zone d'étude : la zone d'étude immédiate, la zone d'étude rapprochée et la zone d'étude élargie.

Zone d'étude immédiate

Elle correspond à l'emprise du projet (nouveau bassin et arrière-plage), étant qualifiée sous le terme « Zone d'étude immédiate » dans ce rapport (et éléments cartographiques associés). Elle est notamment importante pour considérer l'emprise directe au sol du projet, en lien avec la végétation et la faune peu mobile.

Zone d'étude rapprochée

Elle s'étend sur un secteur plus large, comprenant toutes les zones susceptibles d'être concernées directement ou indirectement par le projet. Elle permet d'intégrer les notions de continuité et de fonctionnalité écologique. Cette zone a été définie à partir notamment de la continuité écologique avec le Piton Grande Anse. Elle est désignée sous le terme « Aire d'étude rapprochée » dans ce rapport (et éléments cartographiques associés), et permet notamment d'appréhender la faune plus mobile (comme les rapaces, ou d'autres espèces plus mobiles).

Zone d'étude élargie

Le cas échéant, une aire d'étude élargie sera utilisée pour les zonages du patrimoine naturel, les flux de déplacement d'oiseaux marins et toutes les thématiques nécessitant une vision plus globale.

3 Etat initial de l'environnement

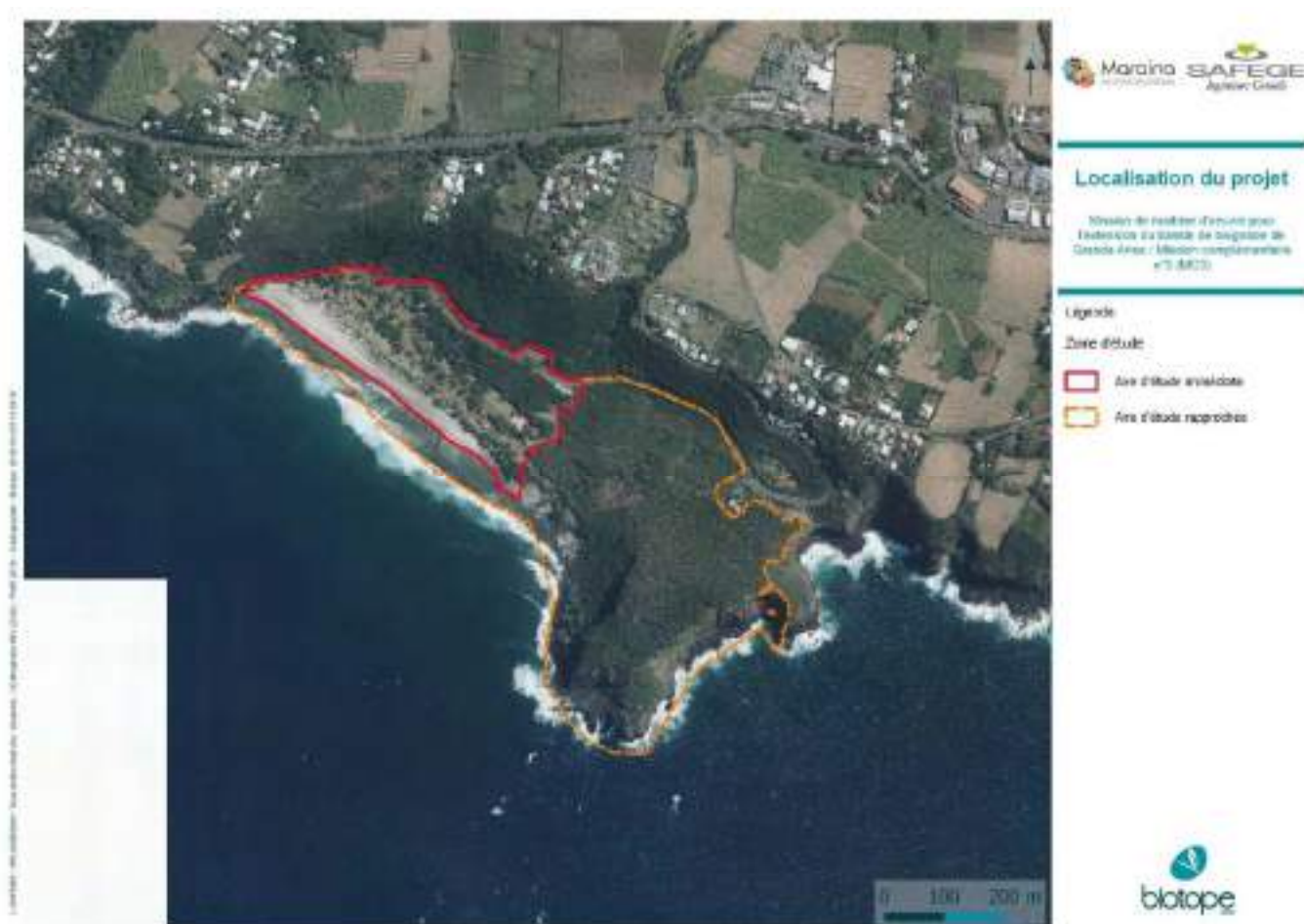


Figure 2 – Cartographie des zones d'étude pour les expertises du milieu terrestre littoral

1.2 Milieu marin

1.2.1 Qualité de l'eau

De façon à caractériser le milieu et la qualité de l'eau, et sur la base de la méthodologie standardisée (fascicule « Guide méthodologique pour la surveillance des rejets urbains dans les eaux littorales réunionnaises »), 3 stations ont été définies pour étudier la qualité de l'eau (paramètres physico-chimiques et bactériologiques), localisées dans le champ proche (rayon de 300 m) autour du projet (Figure 3, Tableau 1). Au regard de l'emprise littorale limitée du projet, afin de détecter d'éventuelles modifications de la qualité de l'eau, les stations ont été positionnées au plus proche du littoral (emprise du projet) dans la limite des conditions de sécurité (déferlement des vagues, bathymétrie faible). Deux échantillons ont également été prélevés pour la bactériologie dans le bassin de baignade et dans la partie sud-est du platier interne.

La station suivie dans le cadre du suivi DCE (station Grande Anse) servira de station témoin pour cette étude. Elle est suffisamment éloignée du projet (champ lointain) pour ne pas être impactée. Les données collectées sont suffisamment récentes pour être exploitées.

3 Etat initial de l'environnement

Maîtrise d'œuvre relative aux travaux d'extension du bassin de Grande Anse

Mai 2023

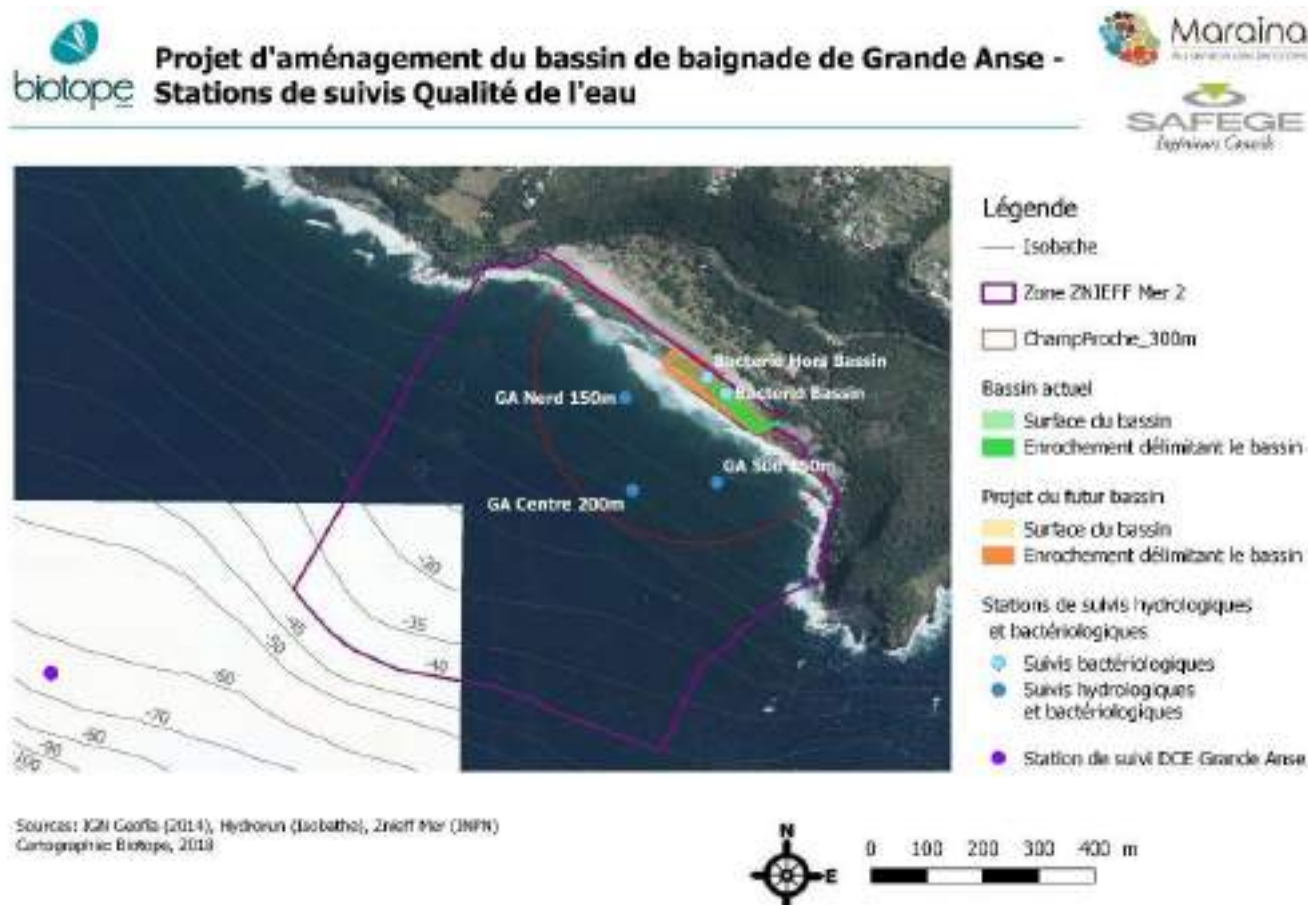


Figure 3 : Localisation des stations pour l'étude hydrologique dans le cadre du projet d'agrandissement du bassin de Grande Anse.

Tableau 1 : Coordonnées GPS (WGS84) des stations de suivis hydrologiques

Stations	Latitude	Longitude	Description	Profondeur
Stations du suivi DCE « Grande Anse »				
Grande Anse	55.5365	-21.3747	Fonds à substrats meubles	65 m
Stations du milieu récepteur (pente externe) [n=6]				
GA Nord 150m	55.5464	-21.37	Pente externe, Sub surface	7 m
GA Centre 200m	55.5465	-21.3716	Pente externe, Sub surface	9 m
GA Sud 150m	55.5479	-21.3714	Pente externe, Sub surface	6 m
Stations littorales (bactériologie) [n=2]				
Bactério Hors Bassin	55.5478	-21.3696	Platier interne, Sub surface	1 m
Bactério Bassin	55.5481	-21.3699	Bassin de baignade, Sub surface	1 m

3 Etat initial de l'environnement

1.2.2 Biocénoses marines

Afin de procéder à l'expertise des communautés sous-marines vivantes dans la zone du projet, il est primordial de posséder à minima une vision large mais précise de son caractère morpho-sédimentaire et topographique, ainsi que la manière dont se structurent ses habitats. Pour cela, une analyse bibliographique couvrant tout le secteur de Grande Anse est réalisée. En complément, une évaluation globale puis plus fine des biocénoses marines est effectuée. Cette évaluation s'intéresse à l'ensemble des habitats et espèces présentes dans la zone.

Reconnaissance vidéo

La reconnaissance vidéo permet l'analyse globale des habitats sur une grande partie de la zone d'étude et permet de localiser les zones d'intérêt pour l'étude des peuplements marins. La méthodologie et la localisation des points d'échantillonnage sont détaillés en Annexe 1. La Figure 4 présente la zone prospectée et les différents points de reconnaissance vidéo.

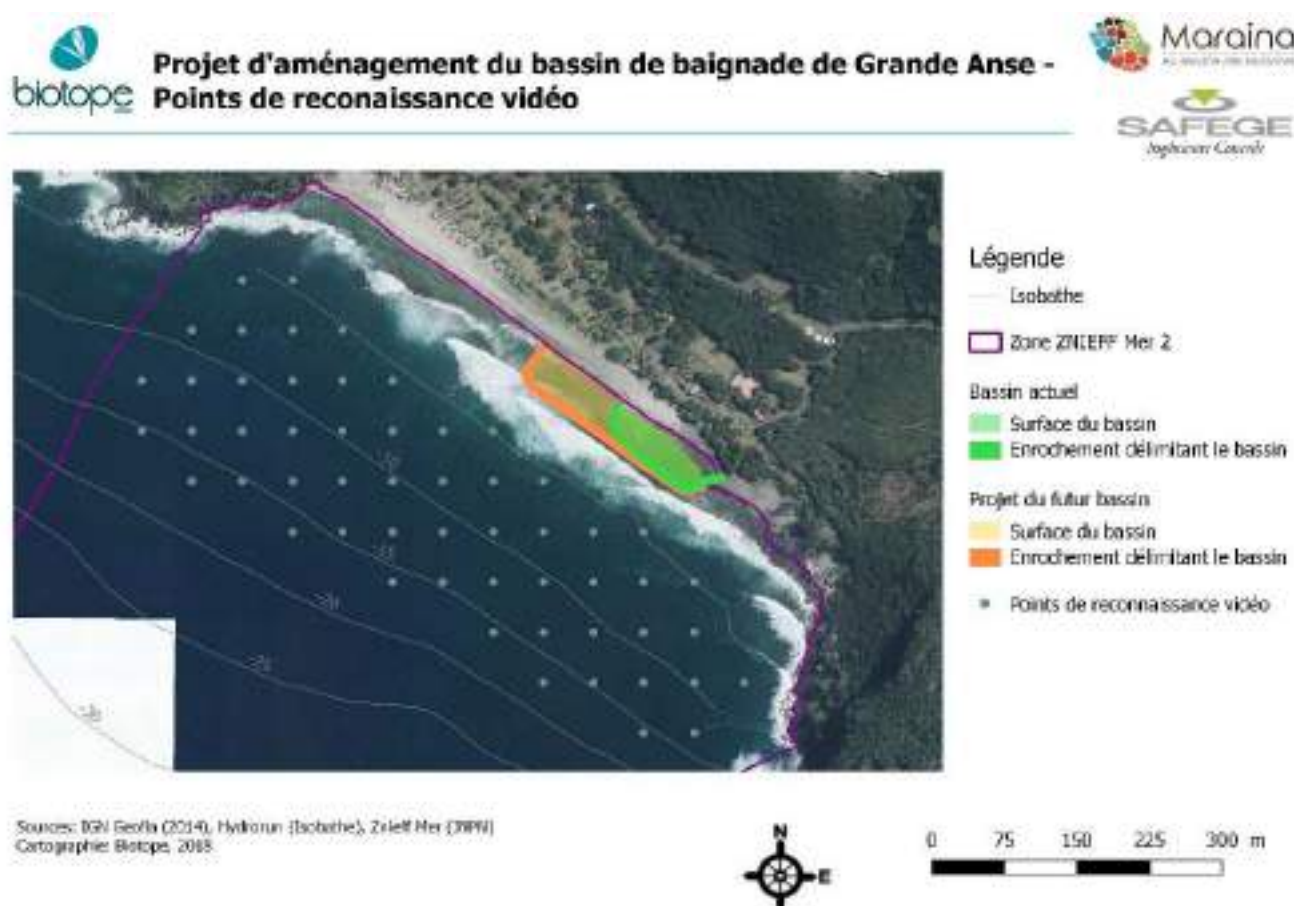


Figure 4 : Points de reconnaissance vidéo pour l'évaluation globale des habitats et fonds marins

3 Etat initial de l'environnement

Évaluation des biocénoses marines de la pente externe, du bassin de baignade et du platier interne

Suite à la reconnaissance vidéo, deux sites ont été retenus afin d'évaluer en plongée les biocénoses marines présentes sur la pente externe. Des transects (Figure 5, Tableau 2) ont été mis en place afin de réaliser cette évaluation. La méthodologie appliquée est décrite dans l'Annexe 1.

De même, suite à une évaluation visuelle en nage libre, 2 transects ont été définis dans le bassin et un sur le platier interne afin de caractériser au mieux les communautés et habitats marins (Figure 5, Tableau 2).

Tableau 2 : Coordonnées GPS des points de départ des transects.

Stations	Latitude	Longitude	Description	Profondeur
Grande Anse 12 mètres	55.5462	-21.3717	Pente externe	12 m
Grande Anse 8 mètres	55.5466	-21.3711	Pente externe	8-9 m
Bassin de baignade Centre	55.5486	-21.3702	Bassin	1
Bassin de baignade Sud	55.5488	-21.3704	Bassin	1
Platier interne	55.5478	-21.3698	Platier	1.5

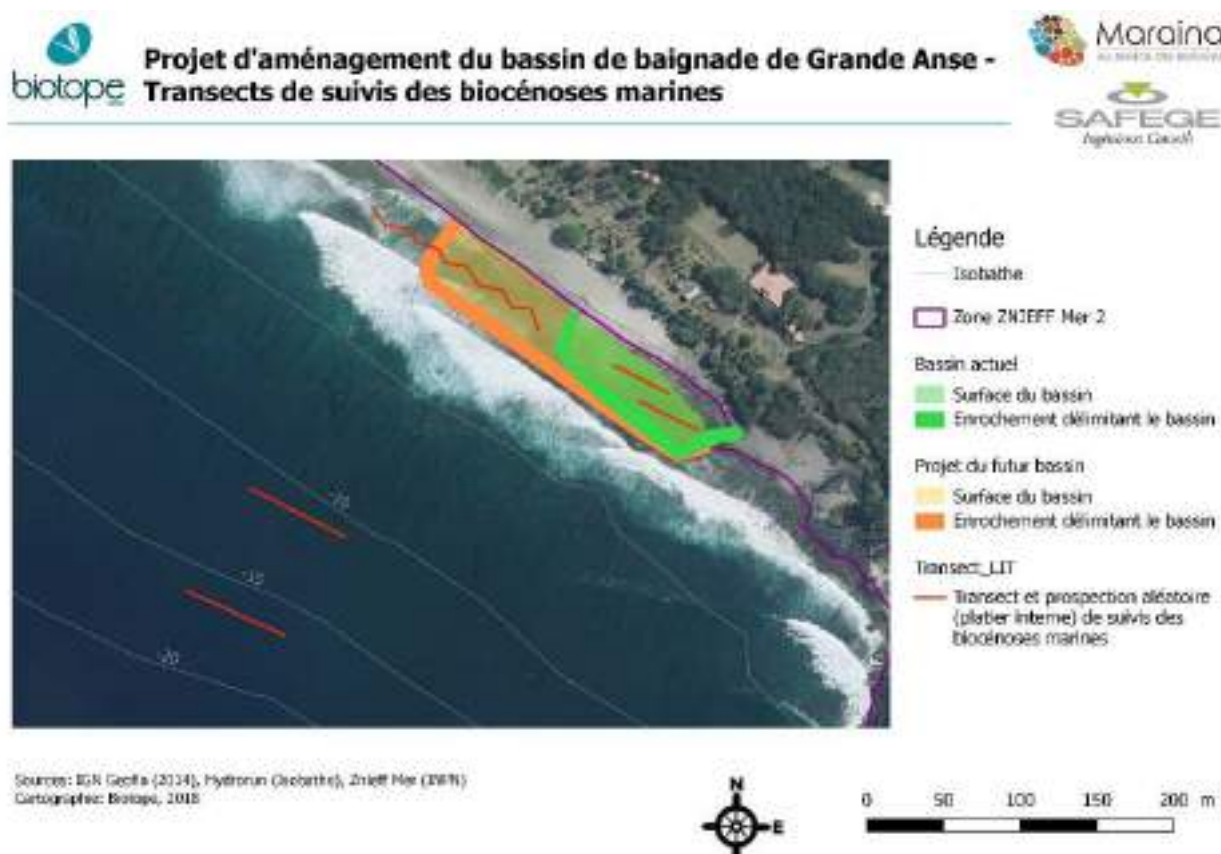


Figure 5 : Localisation des transects réalisés pour l'étude des peuplements marins, au niveau de la pente externe, du bassin de baignade et du platier interne (prospection aléatoire). Les profondeurs données par les isobathes ne sont pas suffisamment précises. Les profondeurs de terrains ont été retenues.

3 Etat initial de l'environnement

1.2.3 Mégafaune marine

Pour ce projet, concernant les mammifères marins, la zone d'étude est délimitée selon les caractéristiques acoustiques des travaux nécessaires à l'agrandissement du bassin. Elle est définie comme étant la zone d'emprise acoustique du projet. Elle représente la zone où les sons issus des travaux pour la construction du nouveau bassin de baignade peuvent affecter le comportement des cétacés ou leur apporter des dommages physiologiques temporaires ou permanents dans le pire des cas. Cependant, l'absence de modèle de propagation acoustique et d'informations précises sur les engins et travaux effectués sur ce projet ne permet pas d'évaluer une zone d'incidence précise. Au vu de la nature de l'ouvrage visé et des travaux supposés (absence de minage et déroctage), la zone d'étude retenue présente un rayon de 2 miles nautiques (3,7 km) à partir du bassin de baignade. Suivant les travaux retenus pour ce projet, une modélisation acoustique pourra toutefois être faite, de façon à bien identifier la réelle emprise acoustique du chantier pour les cétacés. Par extension, il a été considéré la même zone d'emprise pour les tortues marines.

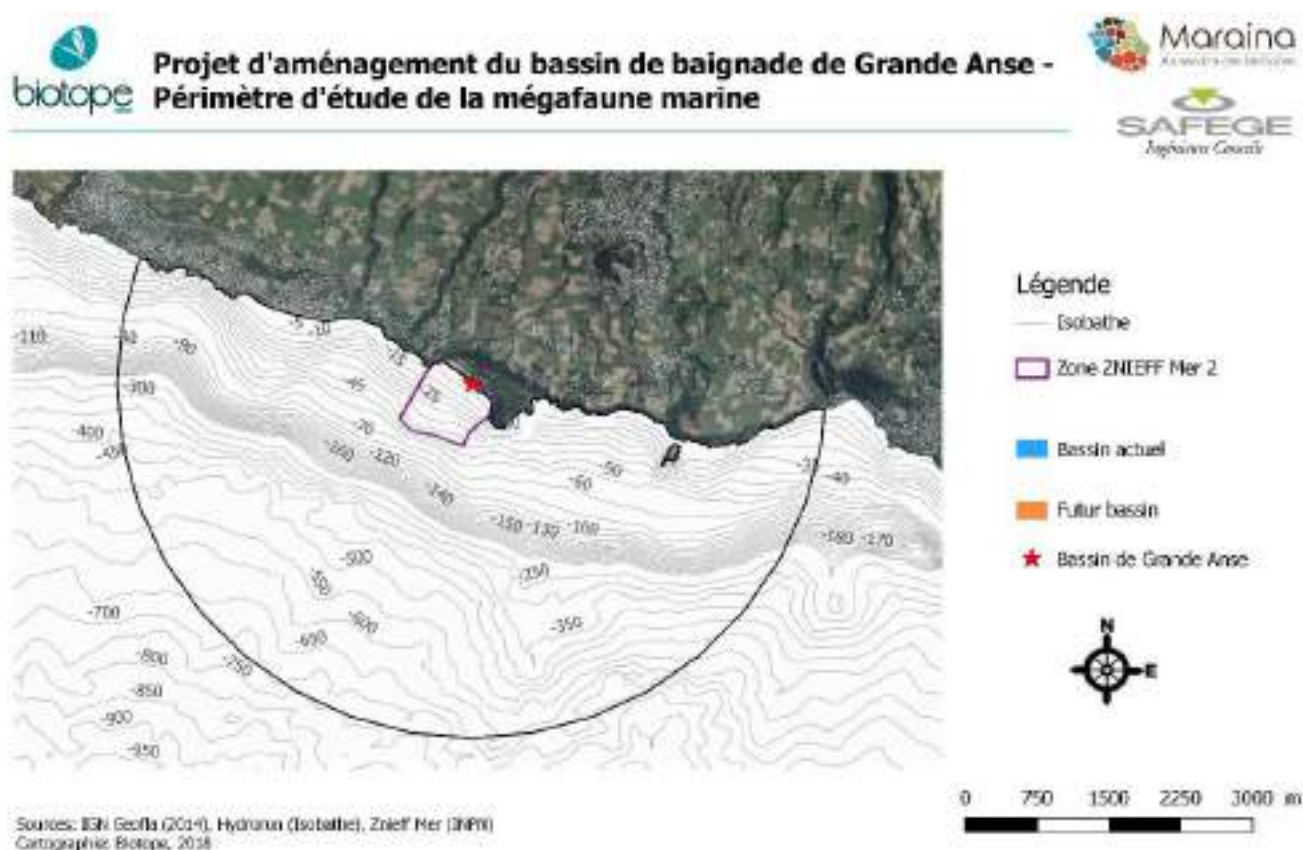


Figure 6 : Aire d'étude prise en compte pour l'étude de la mégafaune marine (cétacés et tortues). Le rayon de la zone est de 2 miles nautiques.

3 Etat initial de l'environnement

2 Zonages réglementaires et d'inventaires

2.1 Zonages réglementaires de protection du patrimoine naturel

En considérant la zone d'étude, différents zonages réglementaires de protection du patrimoine naturel concernent ce projet, à savoir :

- APPB (Roche de Petite-Ile),
- Espace Naturel Remarquable du Littoral & SNVM (SAR),
- Propriétés du Conservatoire du Littoral,
- Servitudes forestières.

Il est à noter que la zone d'étude est éloignée des zonages du Parc National de La Réunion (> 2 km pour l'aire d'adhésion), et le 1er Espace Naturel Sensible (Département de La Réunion) est le site de « Piton Montvert » localisé à environ 4 km au Nord du site d'étude.

2.1.1 Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope

L'arrêté préfectoral de protection de biotope (APPB) constitue un outil de protection forte, souvent destiné à protéger un habitat naturel ou un biotope abritant une ou plusieurs espèces animales et/ou végétales sauvages et protégées.

Le rocher de Petite-Ile, situé à environ 2 km au sud-est du projet d'aménagement, est classé en APPB depuis 1986. Sa vocation est de protéger les colonies d'oiseaux marins qui y nichent : Paille-en-queue à brin blanc (*Phaethon lepturus*), Puffin du pacifique (*Puffinus pacificus*) et Noddi brun (*Anous stolidus*). Le projet est situé à environ 2 km de l'APB du rocher de Petite-Ile, ce qui ne fait pas ressortir d'interaction et sensibilité notable vis-à-vis du projet.

2.1.2 Espace Naturel Remarquable du Littoral et SNVM (SAR, 010)

Le Schéma d'Aménagement Régional (SAR) a été approuvé en Conseil d'Etat, le 12 juillet 2011. Avec pour objet la définition de la politique d'aménagement de la Réunion à l'horizon 2030, il fixe les orientations fondamentales en matière de développement, de mise en valeur du territoire et de protection de l'environnement. Le S.A.R. définit notamment trois principes d'aménagement :

- Un impératif de protection du milieu naturel et agricole,
- Un aménagement plus équilibré du territoire, notamment par le développement des zones situées dans les mi-pentes et dans les hauts,
- Une densification des agglomérations existantes et une structuration des bourgs ruraux.

Espace Naturel Remarquable du Littoral

Une partie du site de Grande Anse est classé dans le SAR, en application de l'article L.146-6 du Code de l'Urbanisme, comme étant un **espace naturel remarquable du littoral** à préserver. Cette zone correspond à la plage, au Piton Grande Anse et aux remparts boisés classés en

3 Etat initial de l'environnement

Espace boisés Classés (EBC) pour sa partie terrestre. Sa partie marine protège le récif corallien frangeant courant vers Saint Pierre depuis le Piton sur la partie littoral de Grande Anse.

Une autre partie du site (l'arrière plage) en espace naturel et agricole - bien qu'il soit essentiellement à usage ludique et touristique - est classé au SAR comme espace de continuité écologique pour la potentialité d'habitat qu'il représente pour le Lézard vert de Manapany, espèce endémique protégée dont l'habitat est limité à cette bande littorale Sud-Ouest de la Réunion.

Cette attribution est due aux particularités du site : le patrimoine naturel (faune et flore endémique de la Réunion, récif corallien, avifaune remarquable), le patrimoine culturel (four à chaux). Ces critères font de Grande Anse un site de qualité et soumis à une protection forte, constituant « *un milieu nécessaire au maintien des équilibres écologiques* » (rapport du SAR, 1995).

Ainsi, selon l'article R.146-2 du Code de l'Urbanisme, seuls des aménagements légers sont autorisés à l'intérieur de cet espace naturel remarquable du littoral. Le zonage du SAR a été retranscrit dans le POS de Petite-Île opposable au tiers.

Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM)

Le SMVM est un chapitre du SAR permettant, en application de la loi littoral de fixer les prescriptions fondamentales en matière d'aménagement et de protection de l'environnement. Grande Anse est un site sur lequel est privilégié le pique-nique sur l'arrière-plage. Le site, vulnérable au plan environnemental a dépassé sa capacité de charge. Le SAR prévoit dans les Zones d'Aménagement Liées à la Mer comme Grande Anse (n°7 : ZALM de Grande Anse) la réalisation d'éléments structurant destinés à améliorer la qualité de l'accueil touristique tout en conservant et en mettant en valeur le patrimoine. L'objectif du Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) est l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral. Le SMVM préconise des aménagements d'espaces verts, des équipements légers sur les plans d'eau et en front de mer.

Dans le cadre du SMVM, le site de Grande Anse est intéressé par :

- Un impératif de protection de la zone récifale ainsi que de l'ensemble des plages,
- Une mise en valeur du site par l'intermédiaire d'aménagements touristiques compatibles avec cet impératif de protection. Les activités nautiques y sont même préconisées.

Le SMVM indique qu'à l'intérieur des ZALM dans les espaces de protection forte (cas de Grande Anse), sont autorisés les aménagements, les installations et les équipements à condition qu'ils soient compatibles avec les prescriptions applicables aux espaces remarquables du littoral tels qu'ils sont définis par le SAR et le SMVM. De plus, il a été défini un impératif de protection de la zone récifale, ainsi que de l'ensemble des plages. Au droit de ces zones, la densification ou l'extension des espaces urbanisés ainsi que la réalisation d'équipements et d'aménagements liés à la Mer doivent être compatibles avec ces impératifs de protection.

Cela implique :

- Une obligation de traitement des rejets domestiques et industriel et des eaux pluviales,
- Un accent mis sur la valorisation de l'espace littoral en même temps que l'espace maritime y attenant,
- Un traitement adapté pour l'insertion paysagère et le respect de la qualité des sites.

3 Etat initial de l'environnement

2.1.3 Propriétés du Conservatoire du Littoral

Etablissement public administratif de l'Etat, la mission principale du Conservatoire du littoral consiste à « mener, après avis des conseils municipaux intéressés et en partenariat avec les collectivités territoriales, une politique foncière de sauvegarde de l'espace littoral et de respect des sites naturels et de l'équilibre écologique ». Trois moyens d'acquisition sont à sa disposition : à l'amiable, par préemption (Art. L.142-3 du code de l'urbanisme) et par expropriation. Il peut aussi se voir affecter, confier ou remettre en gestion, à titre gratuit, le domaine public ou privé de l'Etat et notamment le Domaine Public Maritime. A La Réunion, le Conservatoire gère à ce jour 17 sites pour une superficie totale d'environ 1 500 ha, répartie sur l'ensemble du littoral.

Le site de Grande-Anse, situé sur la commune de Petite-Ile, concerne une propriété du Conservatoire du Littoral au niveau de Piton Grand Anse. Une partie est également en transfert de gestion au niveau du littoral (secteur Piton Grand Anse vers l'embouchure de la ravine Manapany). L'ensemble du parcellaire maîtrisé est de 17 ha. Le rocher de Petite-Ile et le Piton Grand Anse sont particulièrement connus pour abriter des colonies nicheuses d'oiseaux marins (Paille-en-queue à brin blanc, Puffin du pacifique et Noddi brun) ainsi qu'une population du Lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*), strictement endémique de ce secteur de l'île. La flore qui s'y développe est également hautement patrimonial du fait de son contexte littoral.

Le projet d'extension du bassin de baignade de Grand Anse se situe à proximité même du Piton Grand Anse, sans rentrer en interaction directe avec le site d'étude. Il convient de considérer ce périmètre à l'échelle de l'aire d'étude élargie, pour la faune et flore terrestres.

2.1.4 Les servitudes forestières

La servitude forestière, instituée par le décret n° 79-430 du 31 mai 1979 (article L.363- 12 du Code forestier), consiste en l'interdiction de défricher, d'exploiter et de faire paître sur les versants des rivières, bras ou ravines et de leurs affluents. On entend ainsi par défrichement « une opération volontaire ayant pour effet de détruire l'état boisé d'un terrain et de mettre fin à sa destination forestière. Est également un défrichement toute opération volontaire entraînant indirectement et à terme les mêmes conséquences, sauf si elle est entreprise en application d'une servitude d'utilité publique ».

Dans le cadre de ce projet d'aménagement, cela n'engendrera pas de défrichement au sens du décret article L.363- 12 du Code forestier. Seuls certains arbres d'ornement en arrière plage pourront faire l'objet d'un abattage.

2.2 Zonages d'inventaires du patrimoine naturel

En considérant les zonages d'inventaires du patrimoine naturel, la zone du projet est concernée par les zonages suivants : ZNIEFF (terre/mer). A l'inverse, certains types de zonages n'interfèrent pas avec la zone du projet, du fait de l'éloignement avec ces sites naturels remarquables : les zones humides référencées dans le cadre du Code de l'Environnement, le zonage du Bien UNESCO.

2.2.1 Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Floristique et Faunistique

Les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique Floristique et Faunistique n'ont pas de valeur juridique directe. Elles doivent cependant être prises en compte dans les projets d'aménagement et les études environnementales associées (jurisprudence existante).

3 Etat initial de l'environnement

Les ZNIEFF sont de deux types :

- Les ZNIEFF de type I, qui correspondent à des zones de richesse biologique exceptionnelle et un patrimoine naturel remarquable à conserver.
- Les ZNIEFF de type II, qui correspondent à de grands ensembles naturels riches ou assez peu modifiés présentant des potentialités écologiques.

Pour ce projet, étant donné les emprises terrestres et marines, il convient de prendre en compte les ZNIEFF continentales et marines.

ZNIEFF Continentales

La zone d'étude est concernée par **deux ZNIEFF terrestres** :

- Une ZNIEFF de type 1 : Littoral du Sud sauvage (identifiant national : 040030181),
- Une ZNIEFF de type 2 : Littoral de Petite-Île à Saint Joseph Ouest (identifiant national : 040030012).

La ZNIEFF de type 1 « Littoral du Sud sauvage » (identifiant national : 040030181) accueille une bande de végétation littorale encore préservée sur environ 11 km, abritant une faune et une flore hautement patrimoniales comme le Léopard vert de Manapany et une flore rare (*Delosperma napiforme*, *Lobelia serpens*, *Gastonia cutispongia*, *Obetia ficifolia*).

La ZNIEFF de type 2 « Littoral de Petite-Île à Saint Joseph Ouest » (identifiant national : 040030012) s'inscrit dans une logique de continuum écologique en lien avec la ZNIEFF I existante (voir ci-dessus). Le secteur abrite aussi la principale zone de reproduction du "Maquoui" (*Anous stolidus*), espèce menacée (vulnérable selon les critères UICN), ainsi que deux sites de reproduction pour le Puffin du Pacifique (*Puffinus pacificus*). On note aussi la présence et la reproduction sur toute la zone, ainsi que dans l'arrière-pays jusqu'à 100 mètres d'altitude environ du Léopard vert de Manapany endémique (*Phelsuma inexpectata*). Cette ZNIEFF couvre de plus l'un des seuls sites connus dans l'île du glaïeul indigène (*Gladiolus luteus*), en danger critique d'extinction. Enfin, très riche diversité entomologique dans le secteur, avec de nombreuses espèces non identifiées voire jamais encore décrites, très probablement endémiques.

ZNIEFF marines

La zone d'étude s'inscrit également dans **deux ZNIEFF marines** :

- Une ZNIEFF de type 1 : Grande Anse Pente externe (identifiant national 04M000009),
- Une ZNIEFF de type 2 : Grande Anse (identifiant national 04M000002).

La ZNIEFF marine de type I « Grande Anse Pente externe » (identifiant national 04M000009) et la ZNIEFF marine de type II « Grande Anse » (identifiant national 04M000002) correspondent à un ensemble récifal, constitué principalement par un récif frangeant très étroit soumis à un fort hydrodynamisme (houle du sud). Le platier étroit est ainsi constitué d'une dalle arasée avec des colonies coralliennes éparses (la diversité sur ce platier étant alors faible). Le bassin de baignade (enrochement artificiel) sur le platier présente une richesse spécifique élevée et des peuplements atypiques du fait d'un mode hydrodynamique calme (lié aux enrochements artificiels). La pente externe est à éperons et sillons, parfois marqués. Ces éperons peuvent localement par leur taille créer de véritables petits tombants de quelques mètres de hauteur. La partie supérieure de la

3 Etat initial de l'environnement

pente externe est également parsemée de failles. La richesse spécifique est assez élevée et la couverture corallienne forte sur la partie supérieure de la pente externe.

Cet ensemble récifal est assez typique des formations similaires du sud de La Réunion (ex. Grand Bois), se caractérisant par une typicité liée à un hydrodynamisme important. Dans cette zone marine littorale, la biodiversité marine présente donc un enjeu fort.

2.3 Réseaux écologiques de La Réunion (RER)

L'article R122-5 du Code de l'Environnement qui porte sur le contenu de l'étude d'impact précise entre autres : « II. L'étude d'impact présente : [...] 2° Une analyse de l'état initial de la zone et des milieux susceptibles d'être affectés par le projet, portant notamment sur [...] les continuités écologiques telles que définies par l'article L. 371-1 [...]. [...] 6° Les éléments permettant d'apprécier la compatibilité du projet avec l'affectation des sols définie par le document d'urbanisme opposable, ainsi que, si nécessaire, son articulation avec les plans, schémas et programmes mentionnés à l'article R. 122-17, et la prise en compte du schéma régional de cohérence écologique dans les cas mentionnés à l'article L. 371-3 ; [...]. ».

Pour rappel, à ce jour, La Réunion ne possède pas encore de Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) au sens de l'article sus cité. En revanche, une étude¹ a été réalisée, préfigurant cette démarche à l'échelle régionale (DEAL-SEB, 2014).

En considérant cette étude de cadrage, pour ce projet, il est donc possible d'identifier les enjeux écologiques liés à ces différentes trames écologiques pour les trames terrestres, aquatiques, aériennes, nocturnes et marines.

2.3.1 Trame terrestre

La trame terrestre ou trame « verte » s'intéresse aux continuités écologiques formées par les habitats naturels et semi-naturels. Les espèces faunistiques associées à ces milieux, en particulier les oiseaux forestiers ou certains insectes, ont été prises en compte, au même titre que les geckos endémiques de l'île. À l'Ouest et au Sud-Ouest de La Réunion, la trame terrestre se décompose en 4 sous-trames altitudinales, à savoir :

- De 0 à 50m d'altitude, la sous-trame littorale ;
- De 50 à 700m, la sous-trame des bas sous le vent ;
- De 700 à 2 000m, la sous-trame de moyenne altitude ;
- De 2 000 à 3 000m, la sous-trame de haute altitude.

En effet, l'exposition au vent et surtout la configuration topographique ont engendré un étagement des milieux naturels en fonction de l'altitude et, de fait, des conditions climatiques. Par ailleurs, les connexions terrestres des hauts vers les bas permettent parfois la migration d'espèces indigènes ; or, on observe plus fréquemment une migration des milieux dégradés des bas vers les milieux préservés des hauts des espèces exotiques, parfois envahissantes, animales ou végétales.

Le projet d'aménagement de l'arrière-plage de Grande Anse entre en interaction avec les continuités écologiques terrestres suivantes :

¹ « Etude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques à La Réunion » (DEAL Réunion, 2014)

3 Etat initial de l'environnement

- Réservoir de biodiversité avéré sont les habitats naturels en bon état de conservation, principalement situés dans les hauts. Dans le cas de Grande Anse, il s'agit des milieux forestiers situés sur le Piton Grande Anse et les remparts boisés.
- Réservoirs de biodiversité potentiels : ce sont les espaces semi-naturels qui présentent encore des reliques de végétation naturelle ; on remarque qu'il entoure le site de Grande Anse et concerne les remparts et le piton.
- Corridors écologiques potentiels : il s'agit de zones situées entre des réservoirs de biodiversité proches, c'est-à-dire pour lesquels la distance n'est pas un frein aux échanges. On retrouve ce type de corridor sur l'ensemble de la zone d'étude, encerclée par les remparts à l'est, les éboulis au Nord et le Piton au sud.

Le site de Grande Anse est donc entouré par des réservoirs de biodiversité (potentiel et avéré), et se situe dans un corridor écologique potentiel. Il est enfin classé comme un secteur à enjeux prioritaires car correspondant à l'aire de répartition du Gecko vert de Manapany, lézard endémique et menacée à La Réunion.

2.3.2 Trame aquatique et humide

La trame aquatique, ou trame « bleue », s'intéresse aux milieux aquatiques comprenant les eaux douces et saumâtres, aux espèces de poissons et macrocrustacés indigènes (toutes diadromes), ainsi qu'aux oiseaux inféodés aux zones humides (limicoles et hérons). Leur habitat est donc constitué par les cours d'eau et les zones humides.

La trame des eaux douces et saumâtres est composée de 2 sous-trames :

- la sous-trame des rivières et ravines : la migration des poissons et macrocrustacés indigènes de La Réunion correspond au principal enjeu de conservation en lien avec les rivières pérennes et ravines. 28 espèces de poissons et 9 espèces de macrocrustacés actuellement connues sont concernées,
- la sous-trame des zones humides (eaux douces et saumâtres) abritant de nombreux enjeux terrestres et marins en lien avec la biodiversité, parmi lesquels :
 - o la migration des espèces indigènes de poissons et macrocrustacés : les zones humides offrent des habitats déterminants pour la croissance et la reproduction de certaines espèces ;
 - o L'accueil d'oiseaux qui y trouvent des habitats favorables à tout ou partie de leur cycle de vie (limicole et hérons).

Le site est concerné par un réservoir de biodiversité et corridor littoral selon la cartographie des réseaux écologiques de la Réunion car favorable aux oiseaux limicoles et hérons. Il est à noter également le corridor potentiel au droit de la ravine du Pont, au Nord de la zone. Aucun réservoir avéré de biodiversité aquatique n'est compris sur le secteur de Grande Anse, le site n'abritant pas une diversité d'espèces et d'habitats pouvant correspondre à cette identification. La plage est identifiée comme corridor écologique avéré pour la trame aquatique.

Pour ce projet, il convient de considérer le corridor littoral, lié notamment aux oiseaux et à la végétation littorale.

3 Etat initial de l'environnement

2.3.3 Trame aérienne

La trame aérienne s'intéresse aux oiseaux ayant une grande capacité de vol et dont les déplacements sont indépendants de l'occupation du sol. La trame aérienne est composée de 2 sous-trames :

- La sous-trame diurne basée sur le Busard de Maillard (*Circus maillardi*),
- La sous-trame nocturne basée sur les pétrels (*Pseudobulweria atterima* et *Pterodroma barau*) et le Puffin de Baillon (*Puffinus lherminieri bailloni*).

La sous-trame diurne fait état des zones de survol du Busard de Maillard (ou Papangue). Seul rapace endémique de l'île, cette espèce fait partie du patrimoine naturel et culturel de la Réunion. C'est l'un des rapaces les plus rares au monde, même s'il reste facile d'observation.

Trois typologies de zones de survol sont identifiées dans l'étude :

- Les zones où la probabilité de présence est forte ;
- Les zones où la probabilité de présence est moyenne ;
- Les zones où la probabilité de présence est faible.

Le projet s'inscrit quasi intégralement en zone de probabilité de présence moyenne du Busard de Maillard. Sa nidification reste possible au droit des zones naturelles.

La sous-trame nocturne définit les typologies des zones de survol pour les oiseaux marins, notamment les pétrels et puffins, qui comptent certaines espèces parmi les plus menacées de l'île. Les pétrels passent notamment une partie de l'année à des milliers de kilomètres au Nord-Ouest de La Réunion, puis reviennent durant l'hiver austral dans les hauteurs de l'île, effectuant des allers-retours réguliers vers le Sud de Madagascar pour se nourrir.

Les réservoirs de biodiversité sont les zones de nidification, situées dans les hauteurs de l'île pour les pétrels, et le long de la plupart des ravines pour les puffins, mais également au droit des falaises littorales pour le Puffin du Pacifique. L'ensemble de l'île est considéré comme une zone de survol par les oiseaux marins lors des voyages terre-mer, avec des passages prioritaires en fonction de la position par rapport aux réservoirs de biodiversité. Les obstacles sont principalement représentés par les éclairages urbains : de fin mars à mi-mai, la période d'envol des jeunes implique de forts risques d'échouage au niveau des parkings et des stades notamment.

L'aire d'étude s'inscrit au droit d'un corridor aérien nocturne de priorité 3. L'aire élargie intercepte par ailleurs un réservoir de biodiversité avéré situé sur le Piton Grande Anse, qui abrite des colonies de Puffin du Pacifique.

2.3.4 Trame marine

Cette partie s'intéresse aux milieux marins côtiers qui jouent un rôle fondamental dans le cycle de vie des espèces marines. En effet, ces milieux constituent la nurserie de l'océan ainsi que le biotope de développement de nombreux poissons pêchés aujourd'hui. Plus de 99 % des espèces marines récifales passent par deux phases fondamentalement différentes : une phase larvaire océanique et pélagique (au large) de quelques semaines à quelques mois, suivie d'une phase benthique (sur le fond) où juvéniles et adultes sont associés au récif corallien, zones de galets et substrats basaltiques. Ces milieux sont le siège d'une forte biodiversité, induite par les nombreux habitats existants, notamment pour les poissons, coraux, mollusques, algues, éponges, crustacés, ...

3 Etat initial de l'environnement

Pour cette trame marine, deux composantes ont été principalement analysées :

- Les habitats marins côtiers comprenant les habitats récifaux, les milieux sur substrats durs basaltiques et les zones à galets qui hébergent la plupart des espèces de poissons côtiers.
- La mégafaune marine, intégrant principalement les cétacés côtiers (baleine à bosse, grand dauphin de l'Indo-Pacifique) et les tortues marines, espèces migratrices et/ou effectuant une partie de leur cycle à La Réunion.

Les réservoirs de biodiversité sont constitués par la pente externe du récif corallien, les zones basaltiques ou à galets peu à moyennement profondes (0-30 m) pour la phase juvénile intermédiaire et les zones basaltiques profondes (30-100 m) pour la phase adulte. Ils comprennent les principaux habitats des espèces marines côtières (récifs, zones à galets et substrats basaltiques). Pour le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique, les tortues marines et les baleines à bosse, les réservoirs de biodiversité ont été délimités à partir des données d'observation, de la nature des fonds et de la profondeur.

Le projet est concerné sur la zone littorale (plage et zone récifale) par un réservoir de biodiversité avéré intégrant les habitats marins (et faune associée), ainsi que la présence de la Tortue verte (*Chelonia mydas*) et de la Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*). La Tortue verte peut potentiellement utiliser la plage comme site de ponte (dernière ponte avérée en 1999 – Données Kelonia-CEDTM). Les obstacles sont les aménagements et l'artificialisation des hauts de plage, la lumière sur la plage et la perte de végétation due au recul du trait de côte et à la fréquentation touristique qui affecte la végétation et dérange les zones de ponte.

3 Etat initial de l'environnement

3 Environnement naturel terrestre

3.1 Les habitats naturels

3.1.1 Etat des connaissances

Dans ce secteur géographique de Grande Anse (commune de Petite-Ile), le secteur est à caractère rural et touristique. Le secteur se différencie par différents faciès ayant un gradient altitudinale simple parcourant ; une plage de sable blanc, un parc aménagé, des fourrés secondaires et enfin des falaises et côtes rocheuses (Piton grande Anse notamment accueillant localement des espèces indigènes). Une ravine sèche, « la Ravine des Français » en limite est de la zone d'étude immédiate parcourt la zone d'étude rapprochée.

D'après la bibliographie, les habitats naturels les plus proches, correspondant à des végétations naturelles, sont très éloignés du secteur étudié. Ainsi, la zone d'étude était avant l'arrivée de l'homme recouverte par une forêt tropicale semi-sèche complexe dite « forêt de Bois de couleurs des Bas » ou étage mégatherme semi-xérophile (Th Cadet 1989.). Aujourd'hui, à l'échelle de l'île, cette forêt existe en de rares endroits très localisés généralement au niveau des remparts de ravines. En effet, la plupart des végétations semi-sèches situées en basse altitude ont été remaniées et remplacées par les activités humaines dont l'urbanisation et l'agriculture. Elle a ainsi été entièrement remplacée par une flore exotique ou fait place désormais aux secteurs agricoles, villes, villages de la côte sud de l'île de la Réunion. Tout naturellement, concernant la zone d'étude, il est facile d'énoncer que cette forêt a aussi entièrement disparue.

En se référant aux connaissances bibliographiques, aucun habitat naturel n'est recensé au sein de la zone d'étude. La végétation originelle indigène n'y est donc pas présente.



Figure 7 – Plage et côtes rocheuse du Piton Grande Anse (Biotope, 2018)

3 Etat initial de l'environnement



Figure 8 - Cartographie simplifiée des habitats naturels indigènes à une échelle élargie avant et après la colonisation humaine (Source : DEAL, 2015)

D'une manière plus globale, il est à savoir qu'à ces altitudes la végétation indigène à forte valeur patrimoniale se trouve principalement dans les zones humides, les remparts de ravines et les zones littorales. Concernant la végétation marécageuse au sein de la Ravine des Français, les données historiques ne permettent pas de déterminer quelles étaient les végétations originelles existantes. Celles-ci ont entièrement disparues et l'habitat a été entièrement remanié dans sa composition floristique. Il s'agit d'autre part d'une ravine sèche inondé uniquement en temps de fortes précipitations lors de la période humide de l'année. Concernant les remparts et les ravines, la ravine des Français est la seule ravine comprise dans la zone d'étude. Ces berges sont composées d'une végétation majoritairement exotique mais contenant en amont des espèces indigènes patrimoniales. Concernant les zones littorales, il est à savoir que dans le cadre de l'élaboration des cahiers des habitats de la Réunion [CBNM, 2011], il a été établi une cartographie des habitats littoraux et semi xérophiles de La Réunion (DEAL, 2015). Les habitats de la frange littorale de la zone d'étude ont donc été cartographiés récemment et mentionnent plusieurs habitats remarquables au niveau des côtes rocheuses, trottoirs et falaises basaltiques végétalisées.

3 Etat initial de l'environnement



Figure 9 - Cartographie simplifiée des habitats littoraux réalisée en 2016 (Source : DEAL, 2016)

3.1.2 Habitats recensés

Au droit des aires d'études (immédiate et rapprochée), l'expertise des végétations met en évidence 3 grands ensembles présents :

- Des végétations littorales, majoritairement constituées d'espèces indigènes halophiles pour la plupart communes, situées sur les plages de sables, arrière plages ou encore les côtes et falaises littorales ;
- Des végétations secondaires, constituées par des espèces exotiques de la végétation mégatherme semi-xérophile de basse altitude pour la plupart envahissantes, situées sur l'ensemble de la zone d'étude ;
- Des végétations liées à l'artificialisation du milieu (activités humaines) représentés principalement par des aménagements paysagers à but touristiques.

Nota : la classification des habitats terrestres s'est faite selon la typologie des habitats de la Réunion (TDHR - CBNM, 2014), et selon le référentiel Corine Biotope (2010) en l'absence de corrélation.

3 Etat initial de l'environnement

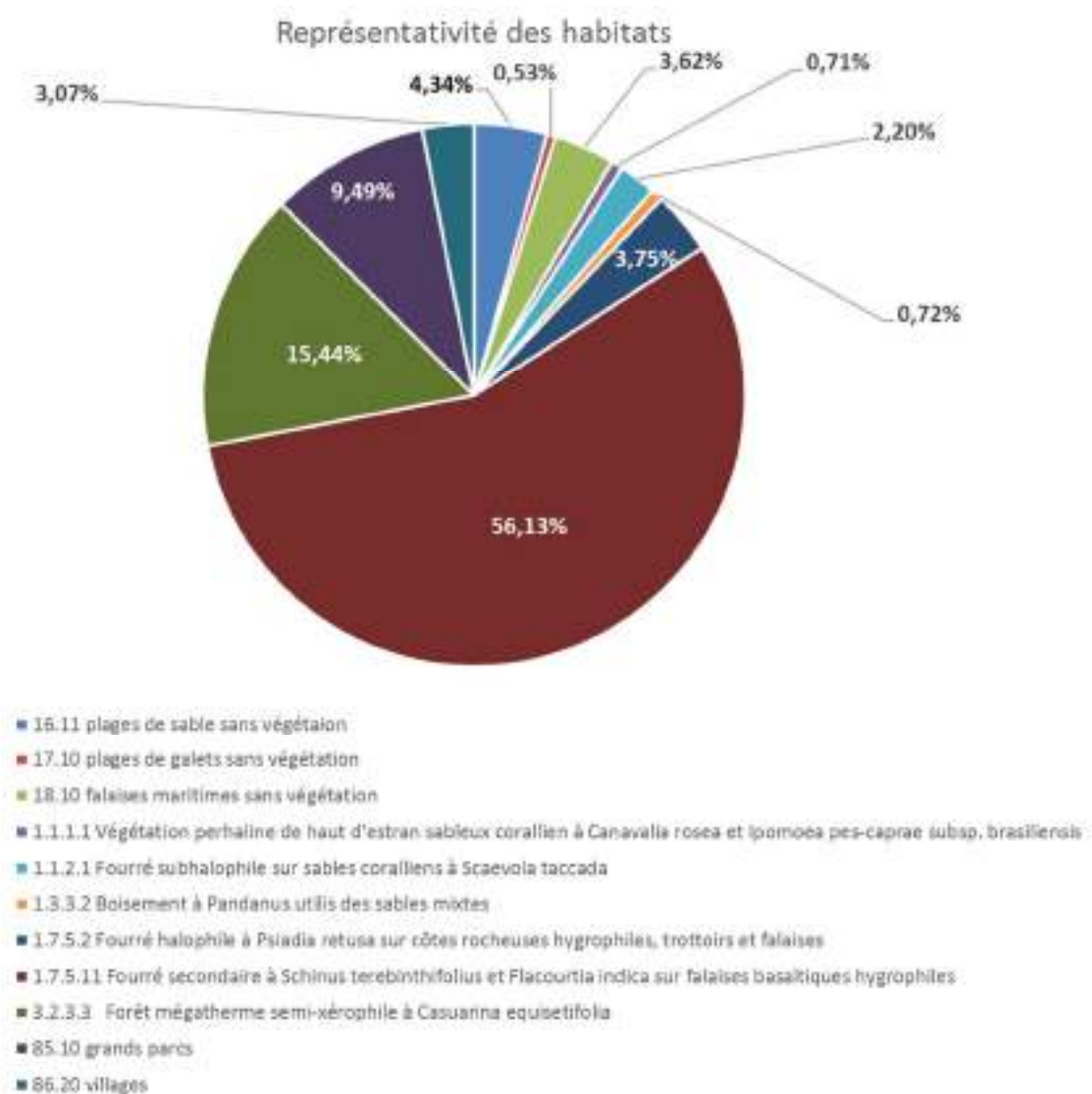


Figure 10 – Proportion des formations végétales au sein de la zone d'étude (Biotope, 2018).

3 Etat initial de l'environnement

Tableau 3 – Liste des habitats recensés sur la zone d'étude (Source : Biotope 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010)

Habitats recensés (*)	Superficie (Zone d'étude immédiate)	Superficie (Zone d'étude rapprochée)	Superficie (totale) ha)	Représentativité
Habitats littoraux				
CB. 16.11 Plages de sable sans végétation	1,69	0,00	1,69	4,34%
TDHR. 17.10 Plages de galets sans végétation	0,20	0,00	0,20	0,53%
TDHR. 18.10 Falaises maritimes sans végétation	0,00	1,41	1,41	3,62%
TDHR. 1.1.1.1 Végétation perhaline de haut d'estran sableux corallien à <i>Canavalia rosea</i> et <i>Ipomoea pes-caprae</i> subsp. <i>brasiliensis</i>	0,28	0,00	0,28	0,71%
TDHR. 1.1.2.1 Fourré subhalophile sur sables coralliens à <i>Scaevola taccada</i>	0,20	0,65	0,85	2,20%
TDHR. 1.3.3.2 Boisement à <i>Pandanus utilis</i> des sables mixtes	0,28	0,00	0,28	0,72%
TDHR. 1.7.5.2 Fourré halophile à <i>Psiadia retusa</i> sur côtes rocheuses hygrophiles, trottoirs et falaises	0,00	1,46	1,46	3,75%
TDHR. 1.7.5.11 Fourré secondaire à <i>Schinus terebinthifolius</i> et <i>Flacourtia indica</i> sur falaises basaltiques hygrophiles	3,74	18,05	21,80	56,13%
Habitats de l'étage mégatherme semi-xérophile				
TDHR. 3.2.3.3 Forêt mégatherme semi-xérophile à <i>Casuarina equisetifolia</i>	0,00	6,00	6,00	15,44%
Habitats anthropiques				
CB. 85.10 Grands parcs	3,69	0,00	3,69	9,49%
CB. 86.20 Villages	1,19	0,00	1,19	3,07%
Total général	11,28	27,56	38,83	100,00%

(*) Habitats Corine Biotope (2010) et Typologie Descriptive des Habitats naturels de la Réunion (2014)

Les végétations littorales

[CB 16.11] Plages de sable sans végétation

Localisation : frange littorale, à l'ouest de la zone d'étude immédiate.

Située au niveau de la frange littorale de Grande Anse, il s'agit d'une plage de sable blanc (sable corallien) sans végétation. Cet habitat peut présenter des enjeux forts sous certaines conditions, notamment la présence de zones de fréquentation par les tortues marines (ce qui n'est pas le cas concernant la zone d'étude immédiate).

3 Etat initial de l'environnement

Cet habitat présente un enjeu faible

[CB 17.10] Plages de galets sans végétation

Localisation : frange littorale, sud-ouest de la zone d'étude immédiate.

Située au niveau de la frange littorale de Grande Anse, il s'agit d'une plage de galet (roche basaltique) sans végétation.

Cet habitat présente un enjeu faible.

[CB 18.10] Falaises maritimes sans végétation

Localisation : frange littorale, sud de la zone d'étude rapprochée.

Il s'agit des côtes rocheuses et falaises littorales abruptes soumises à l'influence maritime ne permettant pas à une végétation de s'y développer. Cet habitat peut présenter des enjeux forts sous certaines conditions, notamment la présence de colonies et de terriers d'oiseaux marins (ce qui est le cas concernant la zone d'étude rapprochée).

Cet habitat présente un enjeu fort.

[TDHR 1.1.1.1] Végétation perhaline de haut d'estran sableux corallien à *Canavalia rosea* et *Ipomoea pes-caprae* subsp. *Brasiliensis*

Localisation : frange littorale en arrière plage, ouest de la zone d'étude immédiate.

Au niveau de la plage de sable blanc (sable corallien), se développe une végétation lianescente indigène largement dominée par la liane Patate à Durand (*Ipomoea pes capraea*) et la liane Cochon (*Canavalia rosea*). Ces deux espèces sont connues pour leur intérêt au niveau des plages réunionnaises. En effet, ces lianes permettent de maintenir le sable au niveau des plages en cas de marée forte.

Cet habitat présente un enjeu moyen.

[TDHR 1.1.2.1] Fourré subhalophile sur sables coralliens à *Scaevola taccada*

Localisation : Localement dans la zone d'étude immédiate et rapprochée.

Il s'agit d'un fourré arbustif bas paucispécifique ayant une strate herbacée sporadique, fortement soumis aux embruns marins et se développant sur un sol sableux ou par endroits sur la roche basaltique affleurante. La végétation est dominée par une espèce, le manioc Bord de mer (*Scaevola taccada*) accompagnée par la liane Patate à Durand et la liane Cochon.

Cet habitat présente un enjeu moyen.

[TDHR 1.3.3.2] Boisement à *Pandanus utilis* des sables mixtes

Localisation : Localement dans la zone d'étude immédiate.

3 Etat initial de l'environnement

Des fourrés arborés se développent en arrière-plage, principalement constitués principalement de Vacoa (*Pandanus utilis*). La strate arbustive y est inexistante et la strate herbacée est dominée par la trainasse (*Stenotaphrum dimidiatum*). Il s'agit ici d'une végétation plantée en arrière plage dans le but de servir d'aire d'accueil.

Cet habitat présente un enjeu faible.

[TDHR 1.7.5.2] Fourré halophile à *Psiadia retusa* sur côtes rocheuses hygrophiles, trottoirs et falaises

Localisation : frange littorale, nord et sud, sud-est de la zone d'étude rapprochée.

Des fourrés halophiles arbustifs essentiellement présents sur les falaises au Nord-Ouest et au Sud-Est de la zone d'étude. Ces fourrés sont quasi dominés par la salliete (*Psiadia retusa*) (espèce protégée) et le manioc bord de mer (*Scavaeola taccada*). Les espèces accompagnatrices sont le *Lycium mascarense*, La lavangère (*Delosperma napiforme*) (espèce rare et protégée), *Fimbristylis cymosa*, *Lepturus repens*, *Lysimachia mauritiana*, *Lobelia serpens*, *Euphorbia goliana* et *Euphorbia viridula* ; ces deux dernières espèces étant des taxons considérés comme rares voir exceptionnels à l'échelle régionale. Il est à rappeler que les formations littorales indigènes de la Réunion font partie des milieux indigènes les plus menacées. La plupart des espèces littorales présentent ainsi des intérêts patrimoniaux modérés à forts.

Cet habitat présente un enjeu fort

[TDHR 1.7.5.11] Fourré secondaire à *Schinus terebinthifolius* et *Flacourtia indica* sur falaises basaltiques hygrophiles

Localisation : Piton Grande Anse, falaises au nord de la plage de Grande Anse (Zone d'étude rapprochée).

Des fourrés et bosquets sont situés en zone d'arrière littoral et sur le Piton Grande Anse, ils sont constitués d'espèces exotiques envahissantes (notamment le Faux poivrier -*Schinus terebinthifolia*-) et aussi d'espèces endémiques telles que le latanier rouge (*Latania lontaroides*). On les retrouve essentiellement en zone Nord-Ouest de la zone d'étude avec de nombreux individus de lataniers. Toutefois, cet habitat a aussi été observé au Nord de la zone d'étude à proximité de la zone restaurant et du chemin d'accès à la plage de Grande Anse. Cependant, les lataniers sont bien moins représentés (quelques individus seulement). Il est à signaler que cette espèce est souvent utilisée dans le cadre d'aménagements urbains ou paysagers au sein de l'île mais il reste quasi-évident qu'au vu de leurs dispositions (falaises), ces individus-ci sont spontanés ou du moins sub-spontanés (issus d'individus plantés) et non plantés.

Cet habitat présente un enjeu faible localement forts (au vu de la présence des lataniers).

La végétation mégatherme semi-xérophile de basse altitude

[TDHR 3.2.3.3] Forêt mégatherme semi-xérophile à *Casuarina equisetifolia*

Localisation : Localement au niveau du Piton Grande Anse (Zone d'étude rapprochée).

Il s'agit d'une végétation arborée de grande en taille (15-20m) paucispécifique, peu dense et occupant des surfaces importantes composée majoritairement d'une espèce exotique

3 Etat initial de l'environnement

envahissante, le Filaos (*Casuarina equisetifolia*). Cette végétation se développe en association avec d'autres espèces exotiques ; le faux poivrier, la prune malgache le choka vert (*Furcraea foetida*) et une strate herbacée caractérisée par un recouvrement important de Trainasse (*Stenotaphrum dimidiatum*).

Cet habitat présente un enjeu faible.

Les habitats anthropiques

[CB 85.10] Grands parcs

Localisation : au sein de la zone d'étude immédiate en arrière plage.

Il s'agit de la zone correspondant à l'aire d'accueil de la plage de Grande Anse. Plusieurs aménagements paysagers y ont été retrouvés avec notamment la présence d'espèces indigènes et/ou endémiques de La Réunion, telles que par exemple le Bois de Judas (*Cossinia pinnata*), le Bois d'arnette (*Dodonaea viscosa*), le Latanier rouge (individus plantés)...

[CB 86.20] Villages

Localisation : au sein de la zone d'étude immédiate.

Il s'agit ici de routes et aménagements urbains de la zone d'étude (restaurants, salles de fêtes, etc...).

Ces habitats anthropiques ne présentent aucun enjeu écologique.

3.1.3 Bioévaluation des végétations recensées

Ce chapitre présente une synthèse des enjeux liés aux végétations recensées sur l'aire d'étude. Chacune d'entre elles a fait précédemment l'objet d'une présentation synthétique reprenant les principales caractéristiques de ces habitats.

En termes de fonctionnalité écologique, il est à noter que les zones d'intérêt écologique d'un point de vue floristique sont situées essentiellement sur les zones littorales où se développent des espèces végétales littorales rares (ce qui constitue l'intérêt de cette zone). Ainsi, deux zones de ce type ont pu être déterminées au Nord-Ouest et au Sud-est de la zone de Grand anse.

Des bosquets arrière-littoraux constitués de lataniers (à priori sub-spontanés) présentent aussi un intérêt écologique. Ils ne sont visibles qu'au niveau de la falaise Nord, en arrière de la végétation littorale mais aussi à l'arrière de la zone de parking mais comprenant un plus petit effectif de lataniers. En outre, des habitats lianescents situés sur la quasi-totalité de la plage de Grand Anse présentent des enjeux moyens. Il s'agit des végétations à patate à Durand et à Liane cochon. Enfin, les boisements à Vacoas, bien que très présents sur l'île, présentent sur ce site un intérêt particulier car ces milieux constituent des zones favorables au développement du Gecko vert de Manapany (dont une petite population existerait dans cette zone - ECOMED, 2015).

3 Etat initial de l'environnement

Dans l'aire d'étude immédiate, dans l'emprise du projet, les enjeux liés aux habitats naturels sont faibles. Plus largement, cet enjeu est moyen voire fort en considérant l'aire d'étude rapprochée, voire élargie. Parmi les habitats remarquables, il ressort :

- 1 habitat endémique de La Réunion ;
- 1 habitat déterminant ZNIEFF de type 1 et 4 habitats déterminant ZNIEFF de type 2 ;
- 2 habitats d'intérêt écologique REDOM ;
- 1 habitat reconnu comme rare et 2 reconnus comme assez rares à l'échelle de l'île.

Le tableau ci-dessous présente les enjeux écologiques pour les habitats naturels recensés.

3 Etat initial de l'environnement

Tableau 4 – Liste des habitats recensés sur la zone d'étude (Source : Biotope 2018, CBNM 2014 et DEAL 2010)

Habitats (TDHR 2014*)	HABITATS (Corine Biotope 2010)	LOCALISATION	Statut Réunion **			Habitats remarquables	Enjeux
			Rareté Réunion	Naturalité	Endémicité		
HABITATS LITTORAUX							
Non codé	CB 16.11 plages de sable sans végétation	Aire d'étude immédiate	0	0	0	Déterminant ZNIEFF sous condition (pontes de tortues marines)	Faible (conditions non remplies)
Non codé	CB 17.10 plages de galets sans végétation	Aire d'étude immédiate	0	0	0	0	Faible
Non codé	CB 18.10 falaises maritimes sans végétation	Aire d'étude rapprochée	0	0	0	Intérêt éco-régional Déterminant ZNIEFF sous condition (colonies oiseaux marins)	Fort
TDHR 1.1.1.1 Végétation perhaline de haut d'estran sableux corallien à <i>Canavalia rosea</i> et <i>Ipomoea pes-caprae</i> subsp. <i>brasiliensis</i>	CB 16.1911 Groupement à <i>Ipomea pes-caprae</i> et/ ou <i>Canavalia maritima</i> sur plages de sables (Réunion) (TDHR 1.1.1.1]	Aire d'étude immédiate	Assez rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Non endémique	Déterminant ZNIEFF sous condition	Moyen
TDHR 1.1.2.1 Fourré subhalophile sur sables coralliens à <i>Scaevola taccada</i>	CB 16.1921 groupement à <i>Scaevola taccada</i> sur plages de sables (Réunion)	Aire d'étude immédiate et aire d'étude rapprochée	Assez rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Non endémique	Déterminant ZNIEFF sous condition	Moyen

3 Etat initial de l'environnement

Habitats (TDHR 2014*)	HABITATS (Corine Biotope 2010)	LOCALISATION	Statut Réunion **			Habitats remarquables	Enjeux
			Rareté Réunion	Naturalité	Endémicité		
TDHR 1.3.3.2 Boisement à <i>Pandanus utilis</i> des sables mixtes	CB 83.397 fourrés à vacoas littoraux	Aire d'étude immédiate	0	0	0	0	Faible
TDHR 1.7.5.2 Fourré halophile à <i>Psiadia retusa</i> sur côtes rocheuses hygrophiles, trottoirs et falaises	CB 18.2923 groupement à <i>Psiadia retusa</i> sur falaises et côtes rocheuses (Réunion)	Aire d'étude rapprochée	Rare	Végétation Naturelle ou quasi naturelle	Endémique	Déterminant ZNIEFF	Fort
TDHR 1.7.5.11 Fourré secondaire à <i>Schinus terebinthifolius</i> et <i>Flacourtia indica</i> sur falaises basaltiques hygrophiles	CB 87.1935 fourrés secondaires à <i>Schinus terebinthifolius</i>	Aire d'étude immédiate et aire d'étude rapprochée	Assez commun	Végétation Secondaire	Non endémique	0	Faible
HABITATS DE L'ETAGE MEGATHERME SEMI-XEROPHILE							
TDHR 3.2.3.3 Forêt mégatherme semi-xérophile à <i>Casuarina equisetifolia</i>	CB 87.1942 boisement à <i>Casuarina equisetifolia</i>	Aire d'étude rapprochée	Peu commun	Végétation Secondaire	Non endémique		Faible
HABITATS ANTHROPIQUES							
Non codé	CB 85.10 grands parcs	Aire d'étude immédiate	0	0	0		Aucun

3 Etat initial de l'environnement

Habitats (TDHR 2014*)	HABITATS (Corine Biotope 2010)	LOCALISATION	Statut Réunion **			Habitats remarquables	Enjeux
			Rareté Réunion	Naturalité	Endémicité		
Non codé	CB 86.20 villages	Aire d'étude immédiate	0	0	0		Aucun

* CBNM (inédit) Référentiel typologique des milieux naturels et des habitats de la Réunion (2014)

** CBNM (inédit) Référentiel typologique des milieux naturels et des habitats de la Réunion (Dupont J., Strasberg D. et Rameau J-C., Décembre 2000)

3 Etat initial de l'environnement

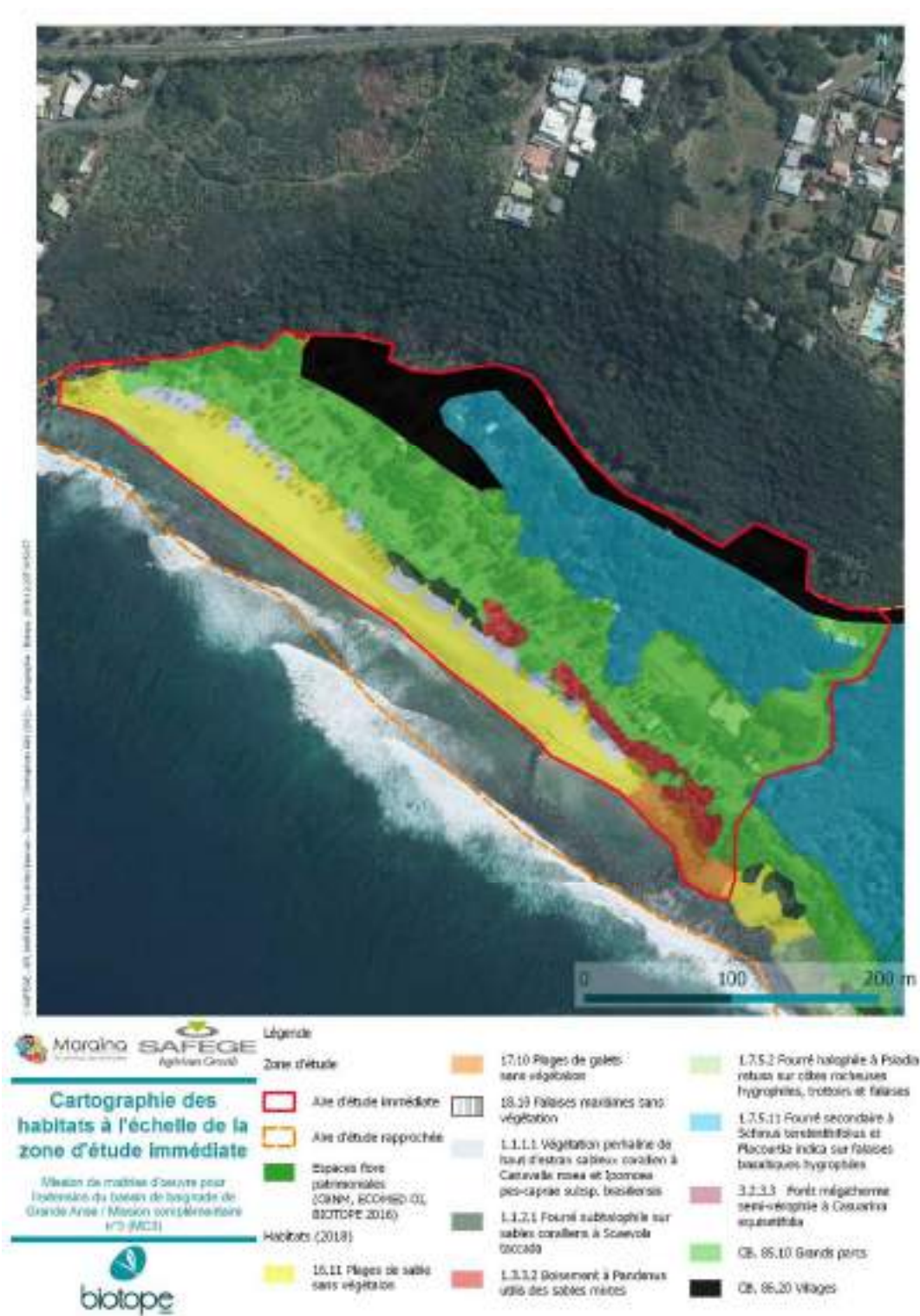


Figure 11 – Cartographie des habitats de la zone d'étude immédiate (Biotope, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

3.2 La flore

3.2.1 Généralités

Sur l'ensemble des relevés floristiques réalisés (relevés non exhaustifs au vu de la superficie de l'aire d'étude) et des données bibliographiques connues (Etude d'impact 2016 sur les travaux d'arrière plage), **135 espèces végétales ont été recensées sur les zones d'étude immédiate et rapprochée** :

- 28 espèces indigènes ;
- 12 espèces dont le statut est incertain mais dont l'hypothèse la plus probable est une origine indigène ;
- 88 espèces exotiques ;
- 3 espèces dont le statut est incertain mais dont l'hypothèse la plus probable est une origine exotique ;
- 4 espèces dont le statut est aujourd'hui indéterminé par manque d'informations.

 **Cf. Annexe 2 Liste de la flore recensée au droit de la zone d'étude.**

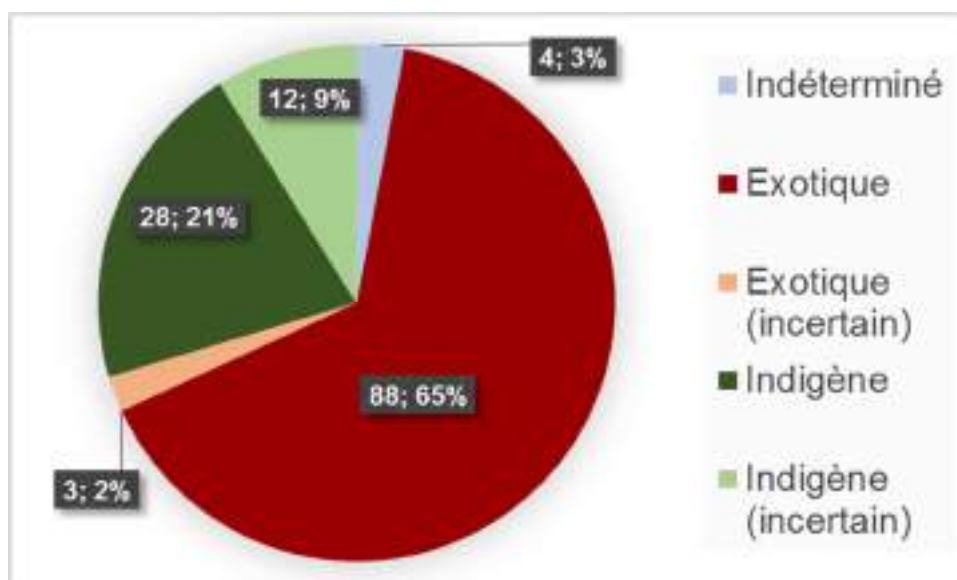


Figure 12 - Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude (Biotope, 2018) [xx ; xx % : nombre d'espèce et pourcentage]

En termes de diversité spécifique, les formations rencontrées au sein de la zone d'étude immédiate étant fortement dégradées ou artificialisées, la flore est représentée majoritairement par des espèces exotiques dont plusieurs présentent un caractère envahissant, ainsi que de nombreuses espèces rudérales. Seuls les habitats situés en frange littorale présentent des taux d'indigénat plus élevés.

En termes d'abondance et de représentativité, la flore exotique est l'élément dominant des différents relevés floristiques réalisés.

Ainsi, **une grande majorité de la flore inventoriée est d'origine exotique (65%)**, ce qui témoigne d'une très faible qualité écologique des milieux présents sur l'aire d'étude, en lien par ailleurs avec l'état de conservation dégradé de ces habitats, comme précisé ci-avant.

3 Etat initial de l'environnement

Par grand type de milieux, la flore recensée présente les caractéristiques suivantes :

- Les habitats littoraux présentent des taux d'indigénat importants et sont caractérisés par la présence d'espèces patrimoniales.
- Les différentes végétations arbustives de l'étage mégatherme semi-xérophile présentent des taux d'indigénat très faibles et une diversité spécifique modérée. Seuls quelques espèces indigènes (dont certaines protégées) ont été recensés au sein des fourrés situés dans la ravine des Français.
- Les habitats anthropiques renferment majoritairement des espèces exotiques qui sont pour la plupart plantées. Seules des espèces spontanées (espèces rudérales surtout), pour la plupart envahissantes se développent à la marge des zones aménagées

Les espèces indigènes sont *in fine* représentées par 40 taxons pour la plupart très communs sur l'île (incluant les espèces dites indigènes « incertain » selon l'index Mascarine V1.2017) :

- 20 espèces indigènes sont spontanément présentes au sein de la zone d'étude ;
- 12 espèces présentent un statut d'indigénat « incertain » et sont très communes à l'échelle de l'île. Une seule de ces 12 espèces présente un statut d'espèce protégée, le Mova (*Hibiscus tiliaceus*), individus plantés sur site. Une autre espèce non protégée, le Porché (*Thespesia populnea*) est aussi plantée sur la zone d'étude immédiate.
- 8 espèces indigènes ont été plantées (aménagements paysagers ou opérations de restauration écologique), telles que le Bonduc (*Caesalpinia bonduc*), le Bois d'arnette (*Dodonaea viscosa*), le Bois de Judas (*Cossinia pinnata*), le Bois rouge (*Elaeodendron orientale*), le Mahot Tantant (*Dombeya acutangula*), le Bois de sable (*Indigofera amoxylum*), le Bois d'éponge (*Polyscias cutispongia*) et le Benjoin (*Terminalia bentzoë*). Ces 4 dernières espèces sont protégées, mais bien qu'indigènes et protégées, l'intérêt patrimonial est donc très diminué et **aucune contrainte réglementaire n'est ainsi associée à leur présence du fait de leur origine (Voir chapitres ci-dessous)**.

3.2.2 Flore indigène protégée²

Dans la zone d'étude immédiate, aucune espèce protégée n'a été recensée (à l'exception d'individus plantés). Au regard des habitats rencontrés, les potentialités de développement d'espèces protégées restent très faibles voire nulles (habitats indigènes fortement soumis aux activités humaines).

Dans la zone d'étude rapprochée, 12 espèces protégées ont été recensées dont 5 ne sont pas qualifiées de spontanée (représentées uniquement par des individus plantés dans le cadre d'aménagements paysagers). Ainsi, **la flore protégée se compose de 7 espèces, dont 6 espèces spontanées**, à savoir : la lavangère (*Delosperma napiforme*), le Bois d'ortie (*Obetia ficifolia*), *Euphorbia goliana*, *Euphorbia viridula*, *Indigofera diversifolia* et *Gladiolus luteus*. A l'exception du Bois d'ortie, il s'agit d'espèces littorales se développant sur les côtes rocheuses et falaises maritimes (aire d'étude rapprochée et élargie / hors emprise du projet). **Une espèce subspontanée** est présente sur le site : le Latanier rouge (*Latania lontaroides*) au niveau des falaises et remparts de la zone d'étude rapprochée. Précisons toutefois la présence de certains individus au sein de la zone d'étude immédiate mais bien que l'espèce soit protégée, les individus recensés ont été plantés. Les contraintes réglementaires ne s'appliquent donc pas pour ces individus puisqu'elles ne sont pas considérées comme sauvages ou spontanées.

PHASE 1 – DIAGNOSTIC :
volet faune et flore (avec
actualisation du volet marin)

² [Arrêté ministériel du 27 octobre 2017 (JO du 03/12/2017) protégeant les espèces végétales à La Réunion]

3 Etat initial de l'environnement

3.2.3 Flore indigène rare/menacée

Les espèces indigènes rares et/ou menacées correspondent aux espèces présentant un statut de patrimonialité intégrant :

- La liste rouge UICN selon les critères « En Danger Critique », « En Danger » ou « Vulnérable » ;
- L'endémicité (Réunion), et le degré de rareté à l'échelle de l'île : « Assez Rares », « Rare », « Très rare » ;
- Le caractère ZNIEFF : déterminante ou complémentaire ZNIEFF sous conditions (présentant un intérêt écologique certain du fait de leur seule présence dans la zone d'étude considérée).



Se référer à l'annexe 2
pour les outils de
bioévaluation de la flore

Dans la zone d'étude immédiate, 2 espèces présentent des enjeux moyens, la liane cochon (*Canavalia rosea*) et *Adiantum rhizophorum*. Aucune autre espèce présente des enjeux forts sur ce secteur.

Les espèces végétales présentant les enjeux écologiques les plus forts sont situées hors zone d'étude immédiate au niveau du Piton Grand Anse, et sont représentées par :

- 7 espèces à enjeux moyens : la Salière (*Psiadia retusa*), la liane cochon (*Canavalia rosea*), la souveraine de mer (*Lycium mascarenense*), *Lepturus repens*, *Lobelia serpens*, *Lysimachia mauritiana* et *Adiantum rhizophorum*.
- 7 espèces à enjeux forts : la lavangère (*Delosperma napiforme*), le Bois d'ortie (*Obetia ficifolia*), le Latanier rouge (*Latania lontaroides*), *Euphorbia goliana*, *Euphorbia viridula*, *Indigofera diversifolia* et *Gladiolus luteus*

Le tableau ci-après présente les espèces indigènes remarquables présents sur la zone d'étude.

Tableau 5 - Bioévaluation de la flore indigène recensée

NOM BOTANIQUE / VERNACULAIRE	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	STATUT (AIRE D'ETUDE)	ENJEU
<i>Delosperma napiforme</i> (N.E. Br.) Schwantes Lavangère	Réunion	Taxon protégé	Taxon quasi menacé	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Euphorbia goliana</i> Lam.	Réunion	Taxon protégé	Taxon en danger critique	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Euphorbia viridula</i> Cordem. ex Radcl.- Sm.	Réunion	Taxon protégé	Taxon en danger	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Gladiolus luteus</i> Lam.	Madagascar et Mascareignes	Taxon protégé	Taxon en danger	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Indigofera diversifolia</i> DC.	Madagascar et Mascareignes	Taxon protégé	Taxon en danger critique	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
<i>Latania lontaroides</i> (Gaertn.) H.E. Moore Latanier rouge	Réunion	Taxon protégé	Taxon en danger critique	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée) Planté (aire d'étude immédiate)	Fort
<i>Obetia ficifolia</i> (Poir.) Gaudich. Bois d'ortie	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon protégé	Taxon en danger	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort

3 Etat initial de l'environnement

NOM BOTANIQUE / VERNACULAIRE	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	STATUT (AIRE D'ÉTUDE)	ENJEU
<i>Adiantum rhizophorum</i> Sw.	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Moyen
<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC. Patate cochon		Taxon non protégé	Taxon quasi menacé		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Moyen
<i>Lepturus repens</i> (G. Forst.) R. Br.		Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Lobelia serpens</i> Lam.	Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Lycium mascarenense</i> A.M. Venter et A.J. Scott Souveraine de mer		Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Lysimachia mauritiana</i> Lam.		Taxon non protégé	Taxon quasi menacé	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Psiadia retusa</i> (Lam.) DC. La salière	Réunion	Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Moyen
<i>Ficus reflexa</i> Thunb. Ti l'affouche	Madagascar, Seychelles et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R. Br. Patate à Durand		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott Fougère rivière		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Portulaca oleracea</i> L. Pourpier rouge		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible
<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb. Manioc marron du bord de mer		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	Faible

3.2.4 Flore exotique

Les espèces invasives sont relativement bien connues, au moins pour les plus agressives (IUCN - Veitch et al. 2011 ; Macdonald 2010 ; U.I.C.N., 2008 et 2012).

Les habitats secondarisés de l'aire d'étude abritent de nombreuses espèces exotiques dont plusieurs à caractère envahissant (indice d'invasibilité 4 à 5 ou à risque d'invasion fort pour les milieux naturels – classe 2P-), ou des espèces émergentes (taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présents dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant - classe 3+). Les classes des espèces appréhendées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 – Classe d'invasibilité de la flore exotique définie pour La Réunion [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016) (Source ; CBNM 2016)

3 Etat initial de l'environnement

INVASIBILITÉ [entre parenthèse, le code du critère d'invasibilité selon LAVERGNE, 2016)	RISQUE INVASIF
Taxon très envahissant en milieu naturel avec impact avéré ou supposé (5)	Espèce très invasive
Taxon envahissant en milieu naturel avec impact modéré ou non connu (4)	Espèce invasive
Taxon envahissant dans les milieux anthropisés et présent dans certains milieux naturels sans être pour le moment envahissant (espèces émergentes) (3+)	Espèce émergente
Taxon potentiellement envahissant Préoccupant, cultivé ou non cultivé, naturalisé et envahissant dans seulement 1-2 localités, connu pour être envahissant ailleurs dans d'autres régions ou îles du monde (2p)	Risque invasion fort

Les inventaires ont ainsi montré que l'aire d'étude immédiate et rapprochée est largement dominée par les espèces exotiques avec **plus de 65% des espèces recensées comme telles**. Sur les 135 espèces végétales recensées, **21 espèces** sont reconnues « **envahissantes ou très envahissantes en milieu naturel** » (voir le tableau ci-après). Les espèces les plus problématiques sur la zone d'étude sont le Faux poivrier (*Schinus terebinthifolia*) et le Filao (*Casuarina equisetifolia*). Notons la présence d'espèces émergentes ou potentiellement dangereuses sur ce secteur telle que *Coccinia grandis*.

Tableau 7 – Liste des espèces exotiques présentant un caractère envahissant ou un risque fort d'invasion [Source ; CBNM 2016]

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE
Espèce très invasive		
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Filao pays	Casuarinaceae
<i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw.	Choca vert	Asparagaceae
<i>Lantana camara</i> L.	Galabert	Verbenaceae
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Cassi	Fabaceae
<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C. Rob.	Avocat marron	Lauraceae
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Faux poivrier	Anacardiaceae
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Bringellier marron	Solanaceae
<i>Flacourtia indica</i> (Burm. f.) Merr.	Prune malgache	Salicaceae
<i>Stenotaphrum dimidiatum</i> (L.) Brongn.	Herbe bourrique	Poaceae
Espèce invasive		
<i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth.	Bois noir	Fabaceae
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anderson	Herbe le rail	Acanthaceae
<i>Breynia retusa</i> (Dennst.) Alston	Mourongue marron	Phyllanthaceae
<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Songe	Araceae
<i>Desmodium intortum</i> (Mill.) Urb.		Fabaceae
<i>Livistona chinensis</i> (Jacq.) R. Br. ex Mart.	Palmier fontaine	Arecaceae
<i>Merremia tuberosa</i> (L.) Rendle	Rose de bois	Convolvulaceae
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Rameau	Rutaceae
<i>Rivina humilis</i> L.	Groseille	Phytolaccaceae
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jamblon	Myrtaceae
<i>Tetragonia tetragonoides</i> (Pall.) Kuntze	Épinard	Aizoaceae

3 Etat initial de l'environnement

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE
<i>Urochloa maxima</i> (Jacq.) R.D. Webster	Fataque	Poaceae
Espèce émergente		
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Herbe à bouc	Asteraceae
<i>Barleria prionitis</i> L.	Madame Gustave	Acanthaceae
<i>Bidens pilosa</i> L.	Piquant	Asteraceae
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	Rose amère	Apocynaceae
<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt		Cucurbitaceae
<i>Desmodium incanum</i> (G. Mey.) DC.	Colle-colle	Fabaceae
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.		Caryophyllaceae
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Herbe rose	Poaceae
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Ti trèfle	Oxalidaceae
<i>Passiflora foetida</i> L.	Ti grenadelle	Passifloraceae
<i>Phytolacca americana</i> L.	Faux vin	Phytolaccaceae
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Petit plantain	Plantaginaceae
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipier du Gabon	Bignoniaceae
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	Épi bleu	Verbenaceae
<i>Stachytarpheta urticifolia</i> Sims	Herbe à chenilles	Verbenaceae
<i>Tridax procumbens</i> L.	Casse-tout-seul	Asteraceae
Risque invasion fort		
<i>Duranta erecta</i> L.	Fleurs i sentent la vanille	Verbenaceae
<i>Eucalyptus robusta</i> Sm.	Eucalyptus rouge	Myrtaceae
<i>Phlebodium aureum</i> (L.) J Sm.	Patte de lièvre	Polypodiaceae
<i>Tradescantia spathacea</i> Sw.		Commelinaceae

3.3 La faune

3.3.1 Entomofaune

Généralités

L'étude de l'entomofaune a concerné principalement les groupes des papillons de jour (lépidoptères rhopalocères), les libellules (odonates) et certaines araignées. Les investigations ont été ciblées sur les espèces protégées et/ou patrimoniales, en lien avec les milieux naturels et secondaires présents.

Bibliographie

Le site de Grande Anse semble accueillir une richesse spécifique importante, soit 200 à 250 espèces différentes pour tous groupes confondus (insectes, crustacés, myriapodes et araignées) (Insectarium de La Réunion, 2003). Les espèces les plus rares ou potentiellement rares n'ont pas été déterminés (un grand nombre d'échantillon ont été envoyés au Muséum d'histoire Naturelle de Paris pour identification). Le groupe le plus représenté est celui des insectes (161

3 Etat initial de l'environnement

espèces), puis les araignées (61 espèces, toutes communes sur l'île). Il est à noter l'absence des odonates. Pour les insectes, l'ordre le plus représenté est celui des coléoptères (120 espèces), alors que les lépidoptères (papillons) sont représentés par 38 espèces.

Parmi les coléoptères, beaucoup d'espèces fréquentes ont été échantillonnées ; quelques-unes moins fréquentes telles que *Chilocorus politus*, *Platynaspis capicola* et *Rodalia chemesina*. A noter qu'une espèce indéterminée est signalée comme potentiellement intéressante car elle a été rencontrée sur une plante endémique littorale (la Saliète, *Psiadia retusa*).

Parmi les lépidoptères, 14 espèces de papillons de jour ont été observés. Toutes ont été considérées comme communes ou très communes à La Réunion. La présence de nombreuses espèces exotiques végétales (*Flacourtia indica*, *Litsea glutinosa*, graminées...) explique la présence de ces espèces communes : *Phalantha phalantha*, *Henotesia narcissus narcissus*, *Melanitis leda*, *Zizula hylax*, *Zizeeria knysa*, *Lampides boeticus* et *Leptotes pirithous*. Les piérides sont présentes sur la zone d'étude (*Eurema floricola* et *Catopsilia florella*) ainsi que le *Papilio demodocus*. Parmi les lépidoptères nocturnes, la majorité se révèle être des espèces très communes sur l'ensemble de l'île.

En termes d'habitats, les échantillons récoltés sont assez pauvres en termes d'abondance et de diversité spécifique au sein des habitats littoraux. Les échantillonnages ont été plus nombreux dans les fourrés à Filaos (*Casuarina equisetifolia*) et les fourrés à Faux poivrier (*Schinus terebenthifolia*).

Les lépidoptères sont représentés uniquement par des espèces communes au sein de l'aire d'étude rapprochée, les milieux étant fortement anthropisés et/ou dégradés.

Aucun milieu favorable à la reproduction ou même présence d'odonates n'est présent sur l'aire d'étude rapprochée, ce qui explique leur absence.

Espèces protégées

Aucune espèce protégée n'a été observée sur la zone d'étude immédiate.

Au sein de l'aire d'étude rapprochée, aucune espèce d'insecte protégée n'a été observée.

Les expertises 2016 ont permis de mettre en évidence la présence du Bois d'ortie (*Obetia ficifolia*) qui est la plante hôte des chenilles de deux papillons remarquables et protégés : *Antanartia borbonica* et *Salamis augustina*. Le premier étant inféodé aux plantes de la famille des urticacées (dont le Bois d'ortie), le second strictement au Bois d'Ortie, ce qui en fait un des papillons les plus rares et menacés à la Réunion étant donné que sa plante hôte est elle-même rarissime. La présence de cette plante concerne l'aire d'étude rapprochée, et n'est pas localisée dans l'emprise du projet.

Espèces rares et menacées

Les espèces observées au sein de l'aire d'étude sont toutes communes à La Réunion (« Préoccupation mineure » sur la liste rouge UICN). Toutefois, de par son caractère endémique (« complémentaire » ZNIEFF), *Henotesia narcissus borbonica* est considéré comme une espèce patrimoniale. De plus, des espèces potentielles remarquables sont à signaler du fait de la présence de leur plante hôte.

3 Etat initial de l'environnement

Au total, au sein de la zone d'étude immédiate, parmi les espèces recensées, 1 papillon est considéré comme rare et/ou menacé à la Réunion, et présente donc un enjeu conservation.



Figure 13 - Henotesia narcissus borbonica (© Biotope)

Tableau 8 : Espèces d'invertébrés patrimoniales observées sur la zone d'étude

Nom scientifique	Présence dans la zone d'étude	Statuts de rareté	Enjeu
<i>Henotesia narcissus borbonica</i>	Présence avérée (vol) Habitat/altitude : habitats variés, <1500m Présence de plantes-hôtes (<i>Stenotaphrum dimidiatum</i> et Bambous) sur l'aire d'étude : reproduction possible	Endémique de La Réunion Espèce très commune (préoccupation mineure – UICN, 2010) Espèce complémentaire de ZNIEFF	Faible
<i>Salamis augustina</i>	Présence potentielle en vol sur la zone d'étude immédiate Habitat/altitude : présence de la plante hôte en zone semi-sèche à basse altitude Présence de plantes-hôtes (<i>Obetia ficifolia</i>) sur l'aire d'étude rapprochée	Endémique de La Réunion Espèce exceptionnelle (En danger critique d'extinction – UICN, 2010) Espèce déterminante de ZNIEFF Protégée	Fort
<i>Antanartia borbonica</i>	Présence potentielle en vol sur la zone d'étude immédiate Habitat/altitude : basse et moyenne altitude en forêt primaire Présence de plantes-hôtes (<i>Obetia ficifolia</i>) sur l'aire d'étude	Endémique de La Réunion Espèce rare (En danger – UICN, 2010) Espèce déterminante de ZNIEFF Protégée	Fort

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Pour les **papillons**, le site n'abrite pas d'espèce patrimoniale, ces dernières affectionnant particulièrement les espaces naturels de type forêts mégathermes, semi-xérophiles ou hygrophiles, milieux au sein desquels les chenilles peuvent trouver leur alimentation préférentielle. Ces milieux n'existent plus au sein de la zone d'étude rapprochée, dont les habitats sont fortement dégradés. Toutefois, la présence d'individus de bois d'orties (espèce caractéristique des zones semi-xérophiles) au sein de la ravine des français rend potentielle la présence de 2 papillons rares tels que *Antanartia borbonica* et *Salamis augustina*, cette dernière étant la plus rare des deux espèces.

Concernant les **libellules**, la richesse spécifique est conditionnée par la présence de milieux marécageux et/ou humides nécessaires à leur développement. L'absence de ces milieux au sein de l'aire d'étude principale induit leur absence sur la zone d'étude.

3 Etat initial de l'environnement

3.3.2 Les reptiles

L'expertise de terrain de l'herpétofaune a été menée sur l'ensemble de l'aire d'étude. Elle a concerné principalement la recherche de deux espèces de reptiles protégées : le Caméléon panthère ou endormi (*Furcifer pardalis*) et le lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*). Ce dernier représente une espèce remarquable hautement patrimoniale, susceptible de se retrouver dans ce type d'habitat sur le littoral (milieux de basse altitude de la côte Sud de La Réunion, entre Saint-Pierre et Saint-Joseph).

Bibliographie

Deux espèces endémiques de gecko sont connues à La Réunion : le Lézard vert des Hauts (*Phelsuma borbonica*) et le Lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*). Ces 2 espèces présentent des répartitions proches de la zone d'étude tout particulièrement pour le lézard vert de Manapany.

Le Lézard vert de Manapany est très localisé dans le Sud de l'île, sur des stations littorales étalées entre Grand Bois (St Pierre) et St Joseph. Son aire de répartition englobe ainsi la zone d'étude. Des observations signalent cette espèce notamment au niveau du Piton de Grande Anse (NOI, 2018). Cette espèce affectionne en milieu naturel les reliques de la végétation littorale indigène. Il s'agit principalement des fourrés à vacoas (*Pandanus utilis*) et Lataniers rouges (*Latania lontaroides*), des fourrés à manioc Bord de mer (*Scaevola taccada*), des fourrés arbustifs à salière (*Psiadia retusa*) ou au sein de milieux secondaires à condition que le milieu soit ouvert, permettant une insolation suffisante à l'espèce. En milieu urbain, le lézard vert de Manapany affectionne particulièrement les boisements à cocotiers (*Cocos nucifera*) et palmiers, ou ceux à vacoas plantés.

Enfin, une espèce protégée plus ubiquiste fréquente les zones naturelles et semi-naturelles de basse altitude sur l'ensemble du littoral réunionnais : le Caméléon (*Furcifer pardalis*). Cette espèce exotique est très commune sur l'ensemble de l'île

3 Etat initial de l'environnement



Figure 14 – Cartographie des données faunistiques (reptiles) selon la bibliographie

Espèces recensées

Dans le cadre des inventaires réalisés (Biotope, 2018, 4 espèces ont été identifiées sur l'aire d'étude rapprochée :

- L'Agame arlequin (*Calotes versicolor*) est présent dans les zones aménagées du site de Grande Anse au niveau des cocotiers et très probablement dans les milieux avoisinants. Cette espèce introduite à La Réunion n'est pas protégée.
- Le gecko des jardins (*Hemidactylus parvimaculatus*) a été observé dans un cocotier dans le parc de Grande Anse. Cette espèce introduite est considérée comme envahissante à La Réunion et n'est pas protégée.
- Le Caméléon panthère ou Endormi (*Furcifer pardalis*) a été observé sur la zone étudiée. Sa présence et sa fréquence correspondent à son aire de répartition actuelle. Sa présence a été avérée au sein des boisements à vacoas mais elle reste potentiellement présente notamment au sein des fourrés secondaires arbustifs. Bien que protégée sur l'île, ce reptile introduit est largement répandu, notamment dans les jardins et les ravines boisées de basse altitude.
- Le gecko vert à 3 tache rouges ou lézard vert poussière d'or (*Phelsuma laticauda*) a été observé au niveau du parking du point de vue du Piton Grande Anse. Il s'agit d'une espèce de geckonidé diurne exotique ayant des mœurs écologiques proches du lézard vert de

3 Etat initial de l'environnement

Manapany (*Phelsuma inexpectata*). Une compétition pour la même niche écologique peut être malheureusement envisagée dans ce secteur.



Figure 15 - Agame arlequin (*Calotes versicolor*) (© Biotope)

Le lézard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*) n'a pas été détecté lors de phases de prospections au niveau de la zone d'étude rapprochée et immédiate. D'après NOI (comm pers., 2018), il ne serait pas présent au droit de l'arrière-plage de Grande Anse, mais uniquement sur les milieux attenants (falaises littorales de chaque côté du site de grande Anse). Sa présence est donc avérée dans l'aire d'étude rapprochée. En effet, bien que difficile à détecter en milieu naturel, il a été observé dans les lataniers et vacoas du Cap de l'Abri. Des observations ont été faites à dans les kiosques en bois. Il était présent aussi le long de la route qui descend jusqu'à la plage mais il n'a pas été revu en ce lieu. Ils peuvent aussi circuler sur les plages de galets ou ils viennent de temps en temps manger des micro-crustacés. (com. pers. Gregory Deso). Des observations ont été faites au niveau du point de vue vers Petite Ile, en amont du site (Com. Pers. 2015 M. Sanchez).

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Le site accueille donc une espèce protégée, le Caméléon panthère, qui affectionne particulièrement les fourrés et milieux arbustifs. Ces milieux sont présents au sein de l'aire d'étude, notamment au niveau de la Ravine des français même s'ils sont souvent dégradés et fortement anthropisés. Cette ravine joue également un rôle de corridor écologique et permet le déplacement des espèces dans le secteur. Les boisements aménagés comme ceux par exemple à vacoas en arrière-plage sont des secteurs favorables aussi à l'espèce.

Concernant le Lézard vert de Manapany, cette espèce est présente au sein de la zone d'étude élargie notamment au niveau du Piton Grand Anse. Des plantes hôtes sont présentes sur l'ensemble de la zone d'étude principale, sa présence reste donc potentielle au sein de l'arrière-plage. Tout comme le caméléon panthère, les fourrés à vacoas plantés en arrière plage sont des secteurs favorables à l'espèce pour des fonctions biologiques telles que l'insolation, le déplacement, l'alimentation, la reproduction et la ponte.

3 Etat initial de l'environnement



Figure 16 : Localisation des observations et des habitats favorables aux reptiles

Evaluation patrimoniale et synthèse des enjeux pour les reptiles

Une seule espèce protégée a été observée sur l'aire d'étude immédiate : le Caméléon panthère (*Furcifer pardalis*). Le Caméléon panthère est protégé réglementairement ; toutefois il est largement répandu, notamment dans les jardins et les ravines boisées de basse altitude. Précisons par ailleurs, qu'à ce jour, aucune étude n'a été menée afin de recenser sa population à l'échelle de La Réunion.

Dans l'aire d'étude élargie, les milieux sont par ailleurs favorables au Lézard vert de Manapany, sa présence restant possible dans l'aire d'étude immédiate.

Tableau 9 : Bio-évaluation des espèces remarquables de reptile dans la zone d'étude

3 Etat initial de l'environnement

Nom scientifique	Présence dans la zone d'étude	Statuts de rareté	Enjeu
Caméléon panthère (<i>Furcifer pardalis</i>)	Présence avérée Habitat/altitude : fourrés arbustifs de la zone d'étude, boisements à vacoas. reproduction probable.	Espèce exotique répandue sur l'ensemble de la région. Espèce très commune (préoccupation mineure – UICN, 2010) Espèce complémentaire de ZNIEFF. Protégée	Faible
Gecko vert de Manapany (<i>Phelsuma inexpectata</i>)	Non inventorié dans la zone d'étude immédiate, présence potentielle Habitat/altitude : Boisements à Vacoas, fourrés avec plantes favorables (vacoas, lataniers...)	Endémique de La Réunion Espèce exceptionnelle (En danger critique d'extinction – UICN, 2010) Espèce déterminante de ZNIEFF Protégée	Fort

3.3.3 Les oiseaux

Généralités

L'aire d'étude immédiate est caractérisée par des habitats semi-naturels dégradés et artificiels qui ne permettent pas le développement d'une avifaune diversifiée et favorisent l'installation d'un cortège d'espèces exotiques. L'aire d'étude rapprochée est concernée par des faciès écologiques favorables au développement de colonies d'oiseaux marins.

Pour cette étude, 4 points d'écoutes (IPA) et focales ont été réalisés afin d'analyser l'abondance et la diversité des passereaux sur le secteur. Cela a été complété par une analyse bibliographique des données existantes. La cartographie localisant ces points d'IPA est présentée en annexe.

Espèces recensées

Au total, **18 espèces d'oiseaux ont été inventoriées** dans la zone d'étude et à proximité. Elles l'utilisent pour s'y reproduire et/ou s'alimenter et/ou transiter, occupant différents habitats suivant les niches écologiques recherchées :

- **3 espèces nichent de façon certaine** au sein de l'aire d'étude ou à proximité ;
- 7 espèces possèdent un statut de reproduction possible/probable ;
- 2 espèces utilisent la zone d'étude immédiate comme territoire de chasse et utilisent possiblement la zone d'étude rapprochée en tant que zone de reproduction ;
- 4 espèces utilisent la zone d'étude immédiate comme territoire de transit et nichent à proximité de la zone d'étude immédiate.
- 2 espèces utilisent les zones d'études uniquement qu'en zone de transit et ne font que les survoler.

Parmi ces espèces, **10 sont indigènes et 8 sont considérées comme exotiques**. Ce ratio en faveur des espèces indigènes s'explique par la présence de milieux écologiques favorables aux oiseaux marins indigènes au sein de la zone d'étude rapprochée (piton Grand Anse). En effet, la zone d'étude immédiate elle-même est représentée par des milieux artificialisés (grands parcs)

3 Etat initial de l'environnement

et de milieux secondaires dégradés ne contenant que peu d'espèces indigènes. En termes d'abondance, il faut souligner aussi que les espèces exotiques sont également beaucoup plus représentées sur la zone d'étude immédiate.

Tableau 10 : Espèces d'oiseaux recensées sur la zone d'étude

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Utilisation de la zone d'étude
Espèces indigènes observées sur l'aire d'étude : 10 espèces		
<i>Aerodramus francicus</i> (Gmelin, 1789)	Salangane des Mascareignes	Nicheur à proximité/Alimentation
<i>Anous stolidus</i> (Linnaeus, 1758)	Noddi brun	Nicheur à proximité/Transit à proximité
<i>Circus maillardi</i> J. Verreaux, 1862	Busard de Maillard	Non nicheur/Alimentation
<i>Nesoenas picturata</i> (Temminck, 1813)	Tourterelle malgache	Reproduction possible/Alimentation
<i>Phaethon lepturus</i> Daudin, 1802	Phaéton à bec jaune	Nicheur à proximité/Transit
<i>Phedina borbonica</i> (J. F. Gmelin, 1789)	Hirondelle des Mascareignes	Non nicheur/Alimentation
<i>Pterodroma barau</i> (Jouanin, 1964)	Pétrel de Barau	Non nicheur/Transit
<i>Puffinus bailloni</i> Bonaparte, 1857	Puffin tropical	Non nicheur/Transit
<i>Puffinus pacificus</i> (Gmelin, 1789)	Puffin du Pacifique	Nicheur à proximité/Transit à proximité
<i>Zosterops borbonicus</i> (Forster, 1781)	Zostérops des Mascareignes	Reproduction possible/Alimentation
Espèces exotiques observées sur l'aire d'étude : 8 espèces		
<i>Acridotheres tristis</i> (Linnaeus, 1758)	Martin triste	Reproduction possible/Alimentation
<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789	Pigeon biset	Reproduction certaine/Alimentation
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)	Astrild ondulé	Reproduction possible/Alimentation
<i>Foudia madagascariensis</i> (Linnaeus, 1766)	Foudi rouge	Reproduction possible/Alimentation
<i>Geopelia striata</i> (Linnaeus, 1766)	Géopélie zébrée	Reproduction possible/Alimentation
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	Moineau domestique	Reproduction certaine/Alimentation
<i>Ploceus cucullatus</i> (Müller, 1776)	Tisserin gendarme	Reproduction certaine/Alimentation
<i>Pycnonotus jocosus</i> (Linnaeus, 1758)	Bulbul orphée	Reproduction possible/Alimentation

Les oiseaux marins

Trois espèces d'oiseaux marins nichent de manière certaine à proximité de la zone d'étude immédiate : le Puffin du Pacifique, le Noddi brun et le Phaéton à bec jaune. La

3 Etat initial de l'environnement

bibliographie actuelle mentionne des sites de reproduction pour ces espèces sur l'aire d'étude élargie ou à proximité (Jouventin 1998 ; Bretagnolle et al. 2000, PNR 2010). Les zones concernées sont représentées par les falaises littorales au sud-est de la plage de Grande Anse.

Le site se trouve dans une zone de survol de priorité 3 (fréquentation la plus faible) pour les Pétrels et Puffins au titre des Réseaux Écologiques de la Réunion [RER DEAL, 2014]. S'agissant des sites de reproduction, la bibliographie actuelle (PNR 2010 ; Ginestre, 2016) mentionne :

- des sites de reproduction pour les oiseaux marins (Phaeton à bec jaune, Noddi et Puffin du pacifique) au nouveau des falaises littorales de Grande Anse.
- aucune colonie de reproduction pour le Pétrel de Barau (qui niche dans les hauts sommets du centre de l'île) et pour le Puffin de Baillon (nidification dans les falaises et remparts des ravines notamment) ;

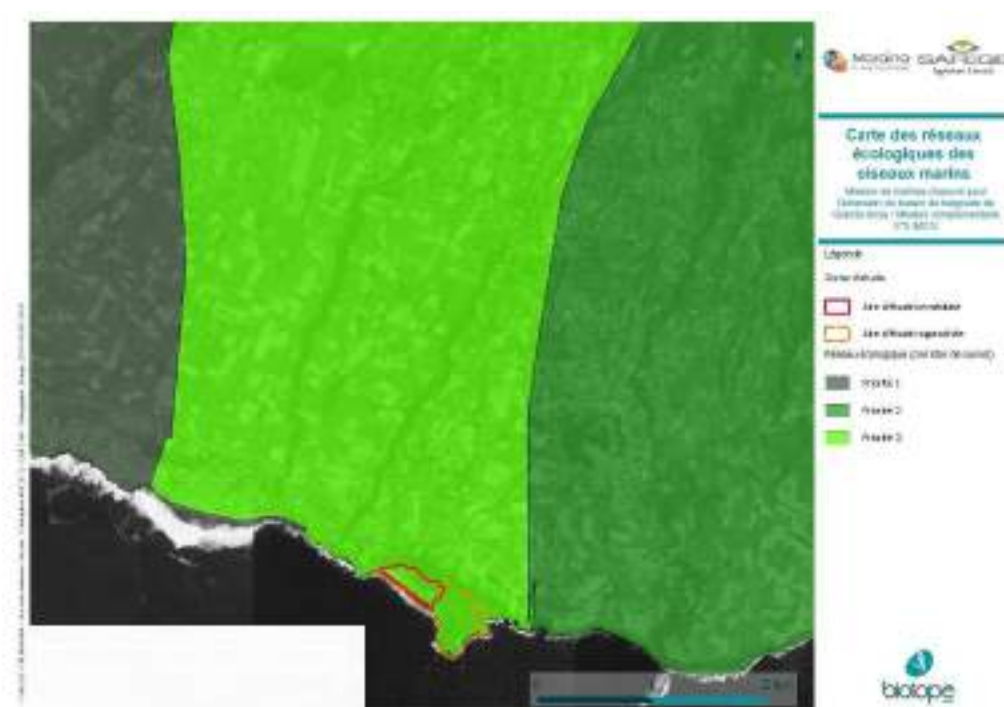


Figure 17 - Cartographie des réseaux écologiques des oiseaux marins (DEAL, 2014) (Biotope, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

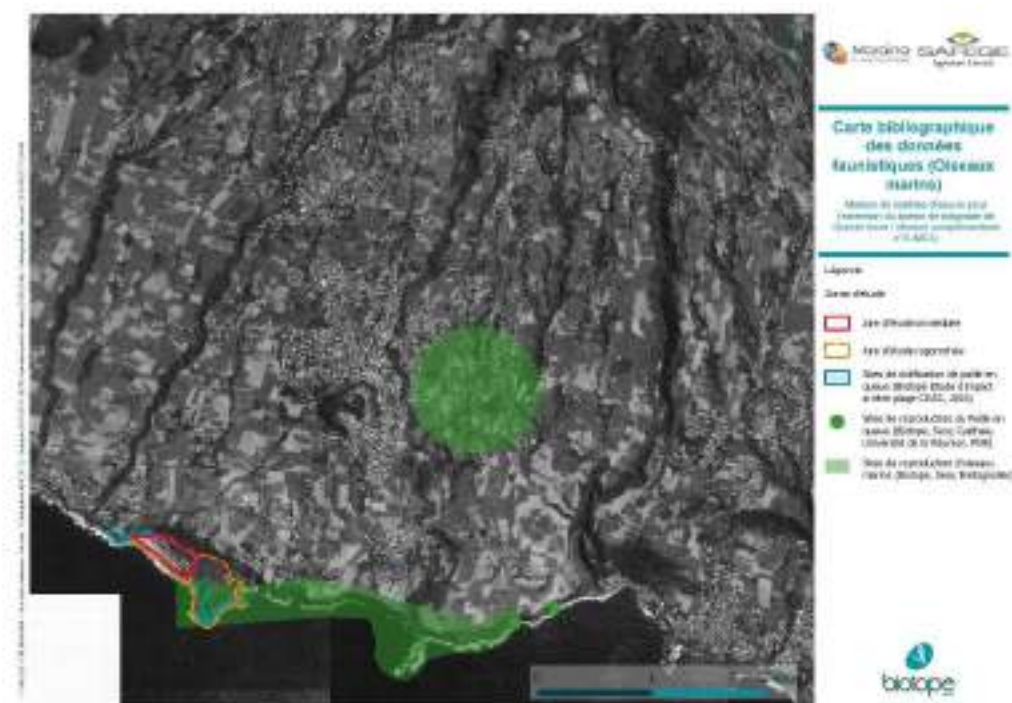


Figure 18 - Cartographie des données d'oiseaux marins selon la bibliographie (Biotope, 2018)

Le Phaéton à bec jaune ou Paille-en-queue (*Phaethon lepturus*)

Cet oiseau marin pantropical se retrouve dans tous les océans. À La Réunion, il niche préférentiellement dans les cavités des falaises littorales, parfois sur les versants de certaines ravines et plus rarement dans les cirques (Jouventin, 1998). La population reproductrice de l'Océan Indien est estimée à 5 000 couples ; elle comporterait entre 200 et 500 couples pour la seule île de La Réunion (Probst, 2002). Sur l'aire d'étude, les falaises littorales de la Petite île sont recensées en tant que zone de nidification pour les oiseaux marins (PNR2010).

Dans le cadre des inventaires réalisés en 2018, aucun site propice à la nidification de l'espèce n'a été identifié sur la zone d'étude immédiate (absence de falaises et remparts). L'espèce a été contactée en vol sur la zone d'étude principale (transit uniquement) avec une activité importante. En effet, cette espèce niche au sein de la zone d'étude rapprochée (falaises et remparts situés à proximité immédiate au nord-ouest et au sud-est de la plage de Grande Anse).

Le Noddi brun (*Anous stolidus*)

Cet oiseau marin indigène de La Réunion vit en mer ou aux abords des côtes. Durant la période de reproduction (décembre à janvier), il niche dans les parois rocheuses sur les pentes escarpées de la Petite île. D'autres colonies potentielles sont connues au niveau des falaises littorales de Saint Philippe. Le site de la petite île restant aujourd'hui le site de reproduction le plus connu à l'échelle régionale.

Les expertises menées en 2018 n'ont pas mis en évidence de site propice à sa nidification sur la zone d'étude immédiate. Seules les falaises littorales de la Petite île abritent des colonies importantes de cet oiseau marin. La Petite île est le seul site connu dont la présence des colonies importantes est avérée. Cela représente un fort enjeu patrimonial à l'échelle régionale.

3 Etat initial de l'environnement

Le Puffin du Pacifique (*Puffinus pacificus*)

Cet oiseau marin utilise les zones terrestres pour établir son nid et chasse en mer. L'espèce est sédentaire et ne migre pas après reproduction. Il forme des colonies de reproduction où il installe son nid dans les falaises et les remparts des ravines du littoral est. Son aire de répartition est connue au niveau des falaises de la petite île, des falaises et des ravines aux alentours. La période de reproduction a lieu de novembre à mai (Probst, 2002). Ces oiseaux sont présents dans l'île toute l'année. L'espèce est indigène de La Réunion et présente une distribution pantropicale. Cette espèce non migratrice vit dans les océans Pacifique et Indien. Avec le Puffin de Baillon, c'est un des oiseaux marins couramment observé en mer. Tout comme les jeunes pétrels, la sensibilité principale des puffins réside dans les risques d'échouage des jeunes à l'envol.

Des colonies de reproduction sont présentes au niveau des falaises du Piton Grand Anse (Biotope, 2018), dans l'aire d'étude rapprochée.

Le Puffin de Baillon ou Puffin tropical (*Puffinus bailloni*)

L'espèce est endémique de La Réunion et a disparu de l'île Maurice. C'est un oiseau pélagique qui peut passer plusieurs mois en mer. Les populations sont estimées entre 3000 et 5000 couples. La bibliographie révèle l'absence de colonies à proximité de la zone d'étude. Concernant les transits pour le Puffin tropical au niveau de la zone d'étude, la bibliographie nous indique que les flux sont considérés comme faible à moyen à l'échelle de l'île (cf. Figure 19).

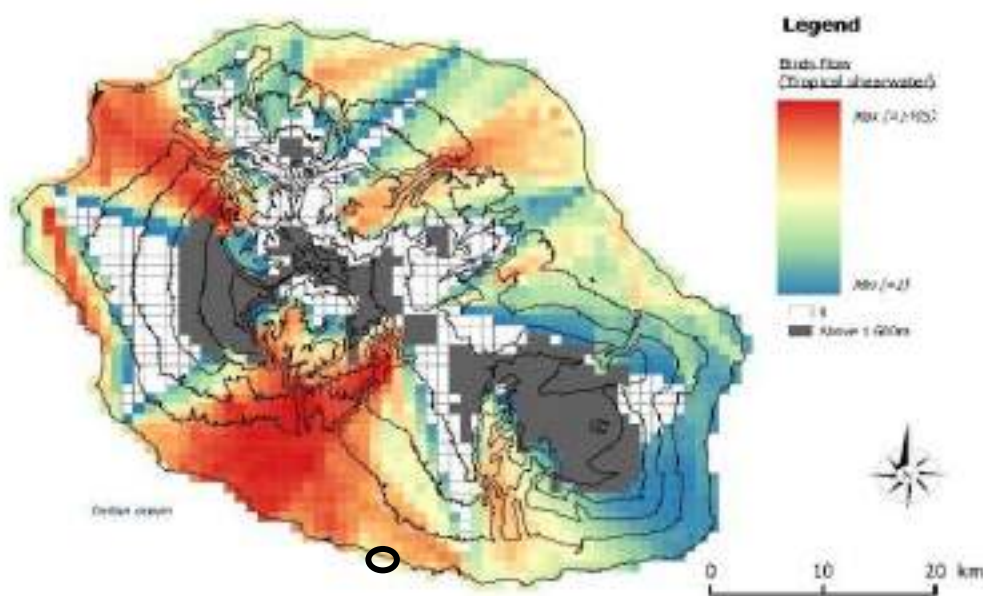


Figure 19 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Puffin tropical (Gineste 2016) et zone d'étude (en noir).

Le Pétrel de Barau (*Pterodroma baraui*)

Le Pétrel de Barau est endémique de La Réunion. Cet oiseau marin migrateur quitte l'île dès la mi-mars pour les adultes, et en avril-mai pour les jeunes, afin de rejoindre les eaux tropicales et subtropicales de l'Océan Indien. Durant la période de reproduction s'étalant de septembre à avril,

3 Etat initial de l'environnement

il niche sur les plus hauts sommets de l'île (Gros Morne, Grand Bénare, Piton des Neiges). C'est pendant cette période que de nombreux individus se déplacent entre leurs colonies de reproduction et l'océan. La plus récente estimation de la population donne un nombre de 6000 à 8500 couples reproducteurs répartis en une dizaine de colonies (Pinet et al. 2011).

L'espèce n'est pas nicheuse sur la zone d'étude, les colonies étant installées sur les hauts sommets de l'île. La zone d'étude est néanmoins fréquentée par l'espèce pour le déplacement de sa zone d'alimentation (océan) vers ses sites de reproduction avec un flux considéré comme modéré à l'échelle de l'île

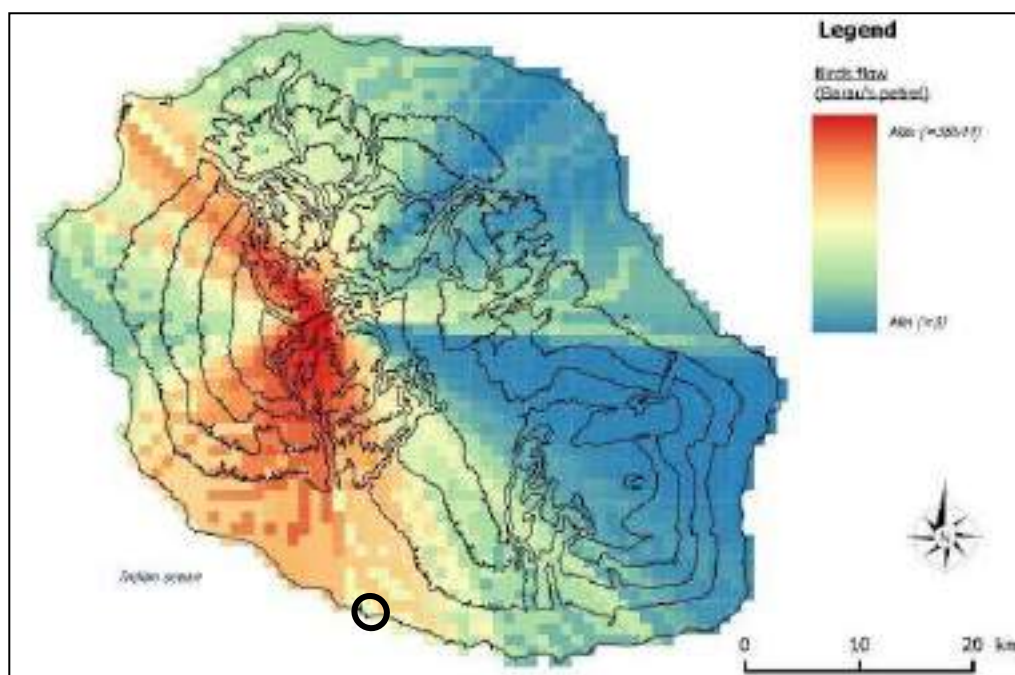


Figure 20 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Pétrel de Barau (Gineste 2016, thèse Biotope-Entropie) et zone d'étude réduite (en noir).

Les oiseaux terrestres

Le busard de Maillard (*Circus maillardi*)

Le Busard de Maillard (*Circus maillardi*) est endémique de La Réunion, et constitue le seul rapace de l'île. Cette espèce est menacée à La Réunion (en danger selon la Liste rouge UICN de 2010). Il s'observe dans tous les milieux de l'île, du littoral jusqu'à une altitude avoisinant 2000 mètres, même si les milieux arbustifs et arborés semblent avoir sa préférence pour la reproduction (Salamolard 2008 ; Grondin et Philippe 2011). A La Réunion, sa population serait comprise entre 100 à 200 couples reproducteurs (Grondin et Philippe, 2011). Sur la base des données bibliographiques disponibles, aucun domaine vital n'est recensé au sein de l'aire d'étude ni même à proximité. Le plus proche territoire connu est situé à 5 km au nord-est des zones d'études (SEOR, 2010).

Les inventaires menés en 2018 ont permis d'attester de la présence du Busard de Maillard qui survole l'ensemble de la zone d'étude mais de façon occasionnelle. L'espèce est peu présente dans la zone d'étude et semble privilégier le secteur de la Ravine des Français, zone plus favorable pour la chasse. Aucun comportement reproducteur n'a été observé lors des prospections, il est donc peu probable pour que l'espèce soit nicheuse dans ce secteur.

3 Etat initial de l'environnement

La Salangane des Mascareignes (*Aerodramus francicus*)

L'espèce est présente à La Réunion et à l'île Maurice, classée « Vulnérable » (U.I.C.N. 2010), elle se rencontre dans tous les milieux du littoral jusqu'à 2000m d'altitude, bien qu'elle affectionne particulièrement les étendues d'eau et les falaises maritimes ou les savanes de l'Ouest pour son alimentation. L'espèce niche dans les cavités de falaises ou dans des tunnels. Les colonies peuvent atteindre plusieurs milliers d'individus. A La Réunion, la population semble atteindre environ 15 000 individus [Salamolard et Ghestemme 2003 ; Biotope 2012]. Sur la zone d'étude, une colonie est recensée à proximité de la zone d'étude rapprochée au niveau de Piton Grand Anse (PNR 2010). Au niveau de la zone d'étude immédiate, l'espèce utilise les habitats littoraux (plage, fourrés, plantations d'arbres...) pour son alimentation (survol et chasse des insectes).

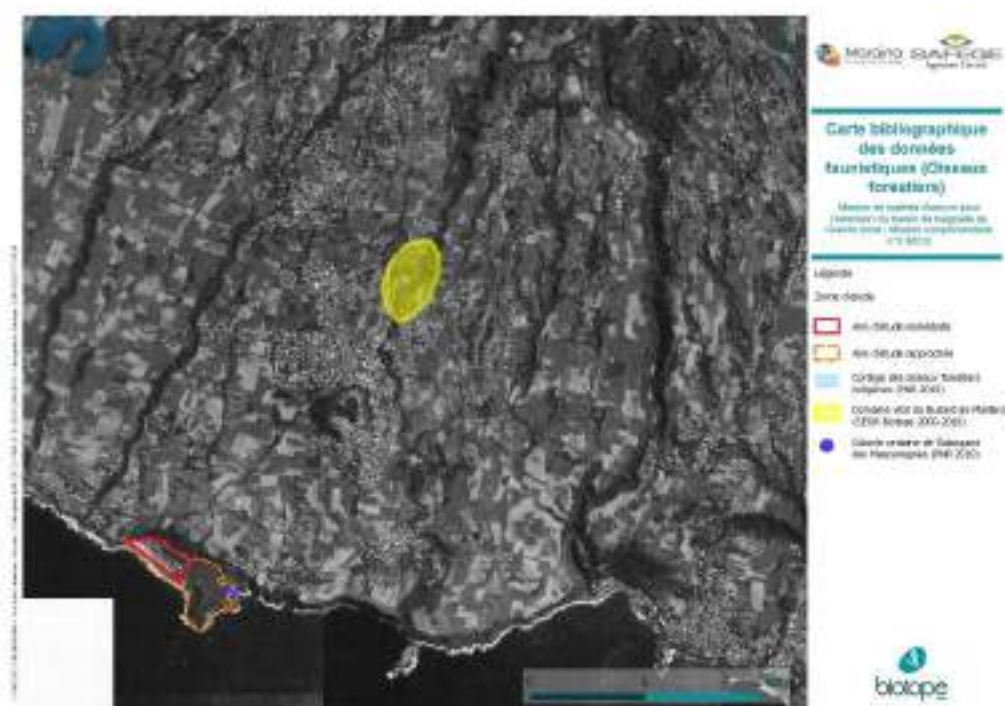


Figure 21 - Cartographie des données concernant l'avifaune selon la bibliographie (PNR, SEOR, OMAIR, BIOTOPE)

Les oiseaux forestiers (ou assimilés)

Les oiseaux forestiers constituent un cortège affilié concrètement en termes de reproductions, domaines vitaux et alimentation à des habitats naturels (PNR, 2010). Les espèces indigènes concernées par ce cortège sont : le Merle pays (*Hypsipetes borbonicus*), l'Oiseau vert (*Zosterops olivaceus*), l'Oiseau blanc ou Zosterops des Mascareignes (*Zosterops borbonicus borbonicus*), l'Oiseau la vierge (*Terspsiphonne bourbonnensis*) et le Tec tec (*Saxicola tectes*). Suivant les milieux forestiers ou arbustifs considérés, ce cortège peut être appauvri.

La zone d'étude ne présente pas les conditions et les habitats pour accueillir ce cortège. Notons toutefois que l'Oiseau blanc, espèce indigène et endémique, peut être présent dans ces habitats dégradés.

Lors des expertises menées en 2018, 9 espèces ont été contactées au moins une fois durant la série des points d'écoute (IPA) pour un nombre d'espèces moyen de 6,75 espèces par point, et

3 Etat initial de l'environnement

une abondance moyenne de 20,6 couples par série d'IPA (voir la carte des points d'écoute en annexe). La fréquence relative est représentée sur le graphique ci-après. Elle correspond à la proportion d'observations d'une espèce au droit des 4 points d'inventaire (IPA). A titre d'exemple, la fréquence relative est de 100% lorsque l'espèce considérée a été contactée sur l'ensemble des 4 points, 50% lorsque l'espèce a été contactée sur la moitié des IPA. Les classes de fréquence sont les suivantes :

- $F > 75\%$ = omniprésent
- $50\% < F \leq 75\%$ = très commun
- $25\% < F \leq 50\%$ = commun
- $F \leq 25\%$ = rare

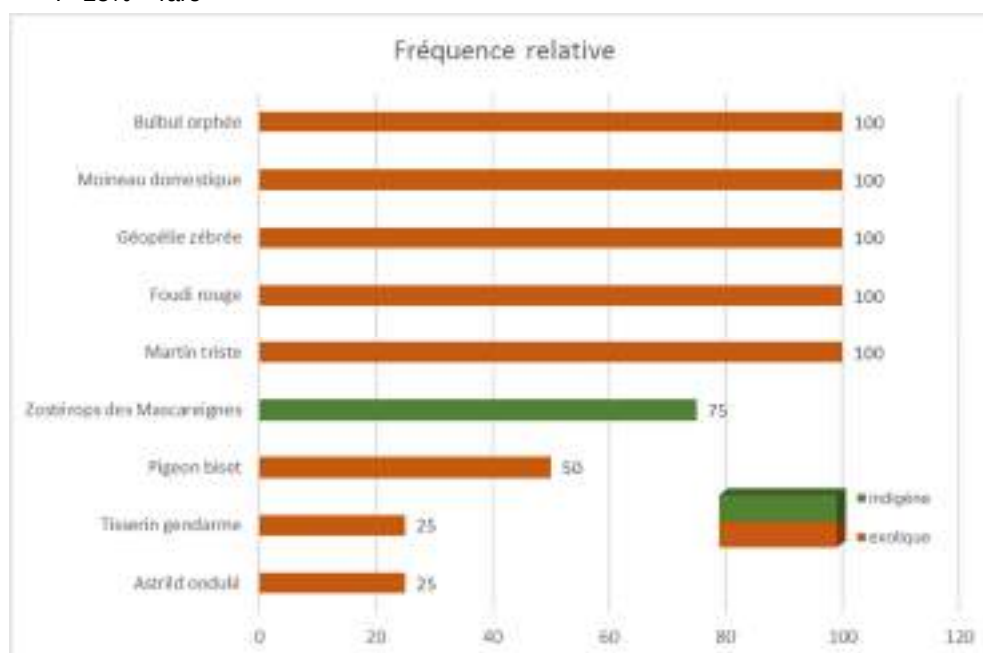


Figure 22 - Fréquence relative des espèces sur l'aire d'étude (Biotope, 2018)

Le peuplement aviaire est largement dominé par 5 espèces exotiques avec l'omniprésence du Bulbul orphée (*Pycnonotus jocosus*), de la Géopelie zébrée (*Geopelia striata*), du Martin triste (*Acridotheres tristis*), du Moineau domestique (*Passer domesticus*) et du Foudi de Madagascar (*Foudia madagascariensis*). Cela est assez typique des habitats secondaires et dégradés de basse altitude. Parmi les espèces très communes, il ressort la présence de l'Oiseau-lunettes gris (*Zosterops borbonicus borbonicus*). La Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*) espèce indigène commune, n'a pas été relevée mais est présente dans les habitats de la zone d'étude immédiate (Biotope, 2016). Enfin, les autres espèces présentes sur la zone d'étude sont des espèces exotiques considérées comme communes à l'échelle de La Réunion.

Les espèces indigènes sont donc peu représentées dans la zone d'étude, avec la présence de 2 espèces potentiellement nicheuses. Cela s'explique notamment par l'absence de milieux naturels bien conservés (notamment les milieux forestiers), traduisant la pauvreté en passereaux forestiers endémiques. En effet, dans la zone d'étude, le milieu artificialisé n'offre pas les conditions suffisantes au développement de ces espèces forestières. Dans ce secteur, seules 2 espèces se sont adaptées à cet environnement dégradé : l'Oiseau lunettes-gris (*Zosterops b. borbonicus*) et la Tourterelle malgache (*Nesoenas picturata*). Sur la zone d'étude immédiate, la diversité spécifique en espèces indigènes est donc faible dans les différents habitats d'espèces identifiés.

L'Oiseau-lunettes gris est présent sur l'ensemble du site. Il s'agit de l'oiseau forestier indigène le plus commun de La Réunion avec des effectifs estimés à 400 000 individus. Il présente un

3 Etat initial de l'environnement

caractère ubiquiste et s'accommode très bien de la proximité humaine. La Tourterelle malgache, espèce commune à la Réunion et caractéristique des milieux semi-ouverts, est également présente sur une grande partie de la zone d'étude.

Enfin, les espèces exotiques sont présentes sur l'ensemble du site, principalement dans les milieux ouverts (fourrés secondaires et arrière plage...), et sont représentées par des espèces exotiques très communes (Foudi de Madagascar, Merle de Maurice, Martin triste...).

Globalement, l'aire d'étude abrite donc un cortège d'oiseaux principalement composé d'espèces exotiques. L'omniprésence de ces espèces exotiques ubiquistes, voir envahissante pour l'une d'elle (Bulbul orphée) témoigne d'un milieu dégradé et appauvri. Dans ce contexte, seul deux espèces indigènes ont été observées et considérées comme nicheuses possibles, l'Oiseau lunettes-gris et la Tourterelle malgache.



Figure 23 – Représentativité des espèces par statut (BIOTOPE)

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Selon les résultats des analyses précédentes, il ressort clairement une dominance des espèces exotiques au niveau de la zone d'étude rapprochée.

3 Etat initial de l'environnement

En effet, il est reconnu que le cortège des oiseaux forestiers indigènes de La Réunion est notamment associé à la végétation indigène existante. Or, cette végétation n'est plus présente sur la zone d'étude, ni même aux alentours. Les fourrés arbustifs présents au sein de la zone d'étude sont constitués d'espèces exotiques, et ne permettent pas l'installation des espèces indigènes forestières à l'exception de l'oiseau blanc et de la tourterelle malgache. Ainsi, le cortège des oiseaux forestiers peut être associé à la végétation semi-naturelle fortement dégradée.

Concernant les oiseaux marins, 3 espèces survolent activement la zone d'étude principale étant donné la proximité de leurs colonies au sein des falaises bordant le Piton Grand-Anse ainsi que les ravines proches. Ces habitats propices sont présents uniquement à proximité de la zone d'étude rapprochée.

Espèces protégées, rares/menacées

Toutes les espèces d'oiseaux indigènes sont protégées à La Réunion (Arrêté du 17 février 1989 - J.O du 24/03/1989). Au total, **10 espèces protégées ont été contactées dans la zone d'étude**, étant toutes indigènes. Parmi ces espèces, 6 peuvent être considérées comme remarquables (enjeux forts et moyens), où seule l'Oiseau-lunettes gris serait nicheur possible. Une attention particulière concerne aussi 3 espèces d'oiseaux marins, qui nichent à proximité, sur le littoral (enjeux forts).

Tableau 11 : Oiseaux remarquables et protégés recensés sur le site

Nom scientifique	Présence dans l'aire d'étude	Statuts de rareté Enjeu de conservation
Noddi brun <i>Anous stolidus</i> (Linnaeus, 1758)	Espèce en transit (survol au niveau du littoral) dans la zone d'étude rapprochée/élargie Espèce nicheuse à proximité (Petite île). Quelques colonies seulement sur l'île dont la plus importante est celle de Petite île	Utilisation du site : Nicheur à proximité/Transit à proximité Pantropicale NT: Quasi menacée (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu fort
Phaéon à bec jaune <i>Phaethon lepturus</i> Daudin, 1802	Espèce en transit (survol au niveau du littoral) dans la zone d'étude rapprochée/élargie Espèce nicheuse à proximité (nidification dans falaises, remparts) Fréquentation forte au niveau du littoral	Utilisation du site : Nicheur à proximité/Transit Pantropicale LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu fort
Puffin du Pacifique <i>Puffinus pacificus</i> (Gmelin, 1789)	Espèce en transit (survol au niveau du littoral) dans la zone d'étude rapprochée/élargie Espèce nicheuse à proximité (falaises de la côte de la Petite île). Quelques colonies seulement sur l'île	Utilisation du site : Nicheur à proximité/Transit à proximité Pantropicale NT: Quasi menacée (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu fort
Busard de Maillard <i>Circus maillardi J.</i> Verreaux, 1862	Espèce non nicheuse sur site Utilisation de la zone d'étude pour s'alimenter Faible fréquentation dans la zone d'étude élargie	Utilisation du site : Non nicheur/Alimentation Endémique Réunion EN: En danger (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu moyen

3 Etat initial de l'environnement

Nom scientifique	Présence dans l'aire d'étude	Statuts de rareté Enjeu de conservation
Salangane des Mascareignes <i>Aerodramus francicus</i> (Gmelin, 1789)	Espèce commune - Alimentation sur l'ensemble de la zone d'étude. Colonie potentielle à proximité de la zone d'étude rapprochée (Piton Grande Anse)	Utilisation du site : Nicheur à proximité/Alimentation Endémique Réunion, Maurice VU: Vulnérable (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu moyen
L'Oiseau-lunettes gris <i>Zosterops borbonicus</i> (Forster, 1781)	Reproduction possible et alimentation dans l'aire d'étude rapprochée	Utilisation du site : Reproduction possible/Alimentation Endémique Réunion LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Complémentaire de ZNIEFF Enjeu moyen
Tourterelle malgache <i>Nesoenas picturata</i> (Temminck, 1813)	Reproduction possible et alimentation dans l'aire d'étude rapprochée	Utilisation du site : Reproduction possible/Alimentation Pantropicale LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Enjeu faible
Hirondelle des Mascareignes <i>Phedina borbonica</i> (J. F. Gmelin, 1789)	Espèce commune - Alimentation sur l'ensemble de la zone d'étude. Non nicheuse	Utilisation du site : Non nicheur/Alimentation Endémique Mascareignes VU: Vulnérable (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible
Pétrel de Barau <i>Pterodroma barau</i> (Jouanin, 1964)	Espèce en transit (survol uniquement des zones d'étude, non nicheuse (nidification dans les hauts de La Réunion : Gros Morne, Bénare...) Aire d'étude est située sur un corridor de déplacement non privilégié de l'espèce à l'échelle de l'île	Utilisation du site : Non nicheur/Transit Endémique Réunion EN: En danger (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible
Puffin tropical <i>Puffinus bailloni</i> Bonaparte, 1857	Espèce en transit (survol uniquement de l'aire d'étude élargie), non nicheuse (nidification dans falaises, remparts, y compris à basse altitude). Corridor peu marqué en termes de déplacements de l'espèce	Utilisation du site : Non nicheur/Transit Afro-malgache LC: Préoccupation mineure (LR IUCN) Protégée Déterminante de ZNIEFF Enjeu faible

3 Etat initial de l'environnement



Figure 24 - Cartographie des habitats favorables à l'avifaune (Biotope, 2018)

3.3.4 Les mammifères terrestres

Généralités

Les inventaires réalisés ont porté sur les chauves-souris, seul groupe d'espèces de mammifères indigènes à La Réunion. Les modalités d'expertise se sont traduites par une recherche à vue des gîtes potentiels et d'habitats favorables aux espèces ainsi qu'une recherche bibliographique.

Espèces recensées

Dans la zone d'étude, deux chauves-souris indigènes ont été observées (Biotope, 2016) : le Petit Molosse (*Mormopterus francoismoutou*) et le Taphien à ventre blanc (*Taphozous mauritanus*).

3 Etat initial de l'environnement

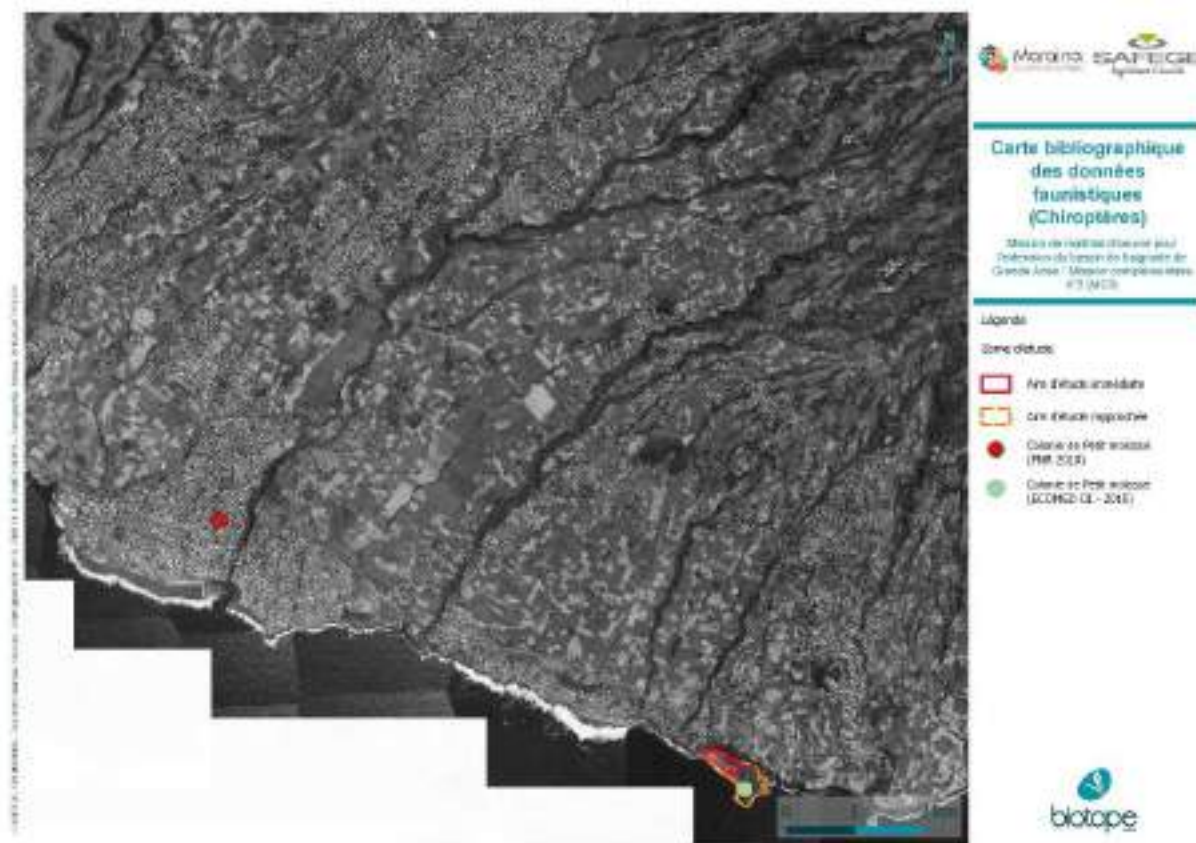


Figure 25 : Données bibliographiques concernant les chiroptères (Source : PNR, 2010 et Ecomed, 2016)

Petit Molosse (*Mormopterus francoismoutoui*)

Cette espèce endémique de La Réunion se retrouve dans la plupart des milieux de l'île jusqu'à 1 800m d'altitude (Probst, 2002). Grégaire, elle affectionne notamment les ravines et utilise les fissures ou cavités comme gîte. La population réunionnaise n'est pas évaluée à ce jour.



Figure 26 : Petit Molosse (*Mormopterus francoismoutoui*) (© Biotope 2018)

Un gîte est connu au niveau du Piton Grande Anse au niveau du flanc droit (Ecomed, 2015).

3 Etat initial de l'environnement

Taphien de Maurice (*Taphozous mauritanus*)

Le Taphien de Maurice (*Taphozous mauritanus*), espèce indigène plus discrète et moins commune à La Réunion que le Petit Molosse, possède une distribution élargie à l'Océan Indien. Considérée comme arboricole même si elle profite aussi des fissures et des cavités des parois rocheuses de certaines falaises, l'espèce est répandue sur le littoral (entre 0 et 300m), préférant chasser au-dessus des zones végétalisées. Sa population n'est pas évaluée précisément.

L'espèce est connue sur la zone d'étude. Les cocotiers présents sur la plage de Grande Anse sont favorables à l'installation de dortoir pour cette espèce, sans que cela ne soit vérifié lors des expertises.

Habitats d'espèces et fonctionnalité des milieux

Les continuités écologiques pour les chauves-souris se traduisent par une mosaïque d'habitats favorables à leur déplacement, alimentation et reproduction. La présence de gîtes (naturels ou d'origine anthropique) permet la reproduction, alors que différents types d'habitats (zones forestières ou semi-ouvertes, prairies ou friches...) offrent des ressources alimentaires à ces espèces. Pour rappel, un seul gîte (naturel) a été identifié pour Le Petit Molosse, au droit du Piton Grande Anse.

Espèces protégées, rares/menacées

Le Petit Molosse et le Taphien de Maurice, espèces protégées à La Réunion (Arrêté du 17 février 1989 - J.O du 24/03/1989), sont considérées comme remarquables du fait de leur statut de patrimonialité.

Tableau 12 : Espèces protégées de mammifères recensées sur le site

Nom scientifique	Remarques	Statuts de rareté/Enjeu de conservation
Petit Molosse (<i>Mormopterus francoismoutoui</i>)	Espèce très commune sur la zone d'étude. Utilisation de l'ensemble du site comme zone de chasse, avec forte activité de vol (alimentation). Un gîte connu au niveau du Piton Grande Anse.	Espèce ubiquiste Statut de reproduction non avéré mais probable Espèce protégée à La Réunion (arrêté du 17 février 1989) Espèce endémique de la Réunion. Espèce déterminante de ZNIEFF. Espèce « LC » : préoccupation mineure » IUCN 2010. Enjeu fort
Taphien de Maurice (<i>Taphozous mauritanus</i>)	Présence connue sur la zone d'étude. Espèce en transit et alimentation. Aucun gîte identifié lors des expertises. Présence potentielle au sein des arbres notamment les cocotiers.	Espèce ubiquiste Espèce protégée à La Réunion (arrêté du 17 février 1989) Espèce complémentaire de ZNIEFF. Enjeu faible

3 Etat initial de l'environnement

Maîtrise d'œuvre relative aux
travaux d'extension du bassin de
Grande Anse

Mai 2023



Figure 27 - Cartographie des habitats favorables aux chiroptères (Biotope, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

4 Environnement naturel marin

4.1 Qualité des eaux littorales

4.1.1 Les indicateurs généraux des eaux marines

Les indicateurs généraux des eaux marines comprennent les valeurs de température, salinité, et O₂ dissous. Pour rappel, ces mesures sont réalisées *in situ* à l'aide d'une sonde à main en subsurface. Ces données sont comparées aux données de la station DCE Grande Anse (mi-profondeur) (données disponibles via la plateforme SURVAL, pour des valeurs mesurées de 2002 à 2018 selon les paramètres). Cette station est caractéristique de la masse d'eau entourant le projet.

- **Température** : les valeurs mesurées sont comprises entre 25,4 et 25,7°C pour la campagne 1 (10/2018) et 26,78 et 27,02 pour la campagne 2 (12/2018). Elles sont comprises dans la sinusoïde de référence de l'IFREMER. Ces températures sont normales et de saison (moyenne sur la station DCE : 25,6°C).
- **Salinité** : les valeurs varient de 35,3 à 35,7 pour la campagne 1 (10/2018) et de 35,4 et 35,72 pour la campagne 2 (12/2018), et correspondent aux valeurs enregistrées sur la station DCE (moyenne de 35,2).
- **Oxygène dissous** : varie de 8,1 à 8,4 à la campagne 1 (10/2018) et de 7,51 à 7,87 à la campagne 2 (12/2018). Selon le guide DCE, ces valeurs indiquent une eau qualifiée de « Très bonne », très bien oxygénée et non eutrophisée. La moyenne enregistrée sur la station DCE est de 6,7, elle présente des valeurs plus faibles, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'elle soit située plus au large.

 **Seuils de qualité pour l'oxygène dissous, proposé par le guide DCE 2016.**

	TB	B	Mo	Me	Ma
Mg/L	>5	3-5	2-3	1-2	<1

Ces paramètres hydrologiques sont donc normaux, sans anomalie particulière et caractéristique de la masse d'eau côtières.

4.1.2 État physico-chimique des eaux littorales

L'état physico-chimique des eaux littorales peut être évalué par plusieurs paramètres (ex. : charge particulaire, nutriments, etc.). Pour rappel, ces mesures sont réalisées en laboratoire. Ces données sont également comparées aux données de la station DCE Grande Anse (mi-profondeur).

Charge particulaire

En matière de turbidité (Tableau 13), les valeurs indiquent, selon la grille utilisée dans le cadre de la DCE, une eau de très bonne qualité. Les valeurs sont situées en dessous des seuils de détection, et indique donc une eau particulièrement claire. La très bonne transparence de la masse d'eau assure ainsi une bonne pénétration de la lumière nécessaire au développement des colonies coralliennes. Concernant, le taux de **matière en suspension**, les valeurs sont également très bonnes et correspondent à la moyenne enregistrée sur la station DCE Grande Anse (1,0).

3 Etat initial de l'environnement

Tableau 13 : Résultats des paramètres de charge particulaire C1 : campagne 1 (10/2018) - C2 : Campagne 2 (12/2018).

Stations	Nord 150 m		Sud 150 m		Centre 200 m		Plage de valeur DCE 2002-2018
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	
Turbidité (FNU)	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	[<0,02 ; 0,38]
MES (mg/L)	< 0,5	0,80	0,80	<0,5	1,2	4,0	[0,10 ; 2,60]

 **Seuils de qualité pour la transparence, proposé par le guide DCE 2016.**

	Très bon	Bon	Moyen
Indice NTU	< 0,6	0,6 - 3	> 3

Nutriments

L'augmentation de la teneur en nutriments peut être à l'origine de nuisances indirectes comme la diminution de l'intensité lumineuse nécessaire à la photosynthèse ou l'augmentation des teneurs en matière organique dont la dégradation consomme de l'oxygène dissous, générant des phénomènes anoxiques. Cet enrichissement en nutriments est souvent dû à des apports du bassin versant en lien avec les activités humaines (ex. : agriculture, avec rejet de matières organiques...). Ce sont donc des paramètres importants à surveiller. Le Tableau 14 résume les résultats d'analyses de ces paramètres. A ce jour, les masses d'eau réunionnaises ne disposent pas de grille d'analyse pertinente permettant d'évaluer la qualité de l'eau pour ces paramètres (un outil a été défini pour la France métropolitaine, mais n'est pas adaptée au contexte tropical réunionnais). Il est proposé de réaliser une comparaison avec les données de la station de référence DCE situé au large de Grand Anse. Ces données sont issues de l'outil « Surval » de l'IFREMER, pour la station DCE Grande Anse, avec des données relevées entre 2002 et 2018 (sur le support « eau filtrée – niveau surface 0-1 m »).

Tableau 14 : Résultats des analyses des nutriments effectués sur les 3 stations hydrologiques. Les valeurs sont en $\mu\text{mol/L}$. C1 : Campagne 1 (10/2018) ; C2 : Campagne 2 (12/2018)

Station	Nord 150 m		Sud 150 m		Centre 200 m		Plage de valeur DCE 2002-2018
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	
Ammonium ($\mu\text{mole/L}$)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	[<0,01; 0,43]
Phosphates ($\mu\text{mole/L}$)	0,40	0,28	0,38	0,25	0,36	0,26	[< 0,02 ; 0,38]
Nitrites ($\mu\text{mole/L}$)	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	[<0,04 ; 0,91]
Nitrates ($\mu\text{mole/L}$)	0,58	0,27	0,64	0,42	0,78	0,34	-
Nitrates et Nitrites ($\mu\text{mole/L}$)	< 0,62	<0,31	< 0,68	<0,46	< 0,82	<0,38	[<0,01 ; 2,86]
Silicates ($\mu\text{mole/L}$)	5,84	3,81	5,04	4,34	4,97	4,30	[1 ; 7,47]

Il apparaît donc que ces nutriments présentent des valeurs légèrement supérieures à celles mesurés plus au large au niveau de la station DCE. Cela peut notamment s'expliquer par le caractère côtier des stations de mesures. En outre, la zone semble également accueillir des apports par percolations d'eaux douces potentiellement chargées en nutriments azotés et phosphorés issues du bassin versant selon un gradient Sud-Nord (PARETO, BCEOM, 2004). De manière générale, l'analyse des nutriments en 2018 ne présente donc pas de valeurs anormales.

Matière organique

Le **carbone organique totale** est le taux de carbone provenant de la matière organique biotique ou abiotique retrouvée dans le milieu. Il est notamment lié à la charge en matière organique, pouvant elle-même modifier les concentrations en nutriments. Les valeurs pour cette étude sont comprises entre 0,77 et 0,91 mg/L pour la campagne 1 (10/2018) et entre 0,73 et 0,81 mg/L pour la campagne 2 (12/2018). Ce taux reste donc bas et ne révèle pas d'anomalies particulières.

3 Etat initial de l'environnement

4.1.3 État bactériologique des eaux littorales

Les valeurs mesurées pour l'étude de l'état bactériologique de la masse d'eau côtière au droit du projet sont présentées ci-dessous.

Les résultats mettent en évidence une eau de bonne qualité sur le plan bactériologique.

Tableau 15 : Résultats bactériologiques des prélèvements effectués au niveau de la pente externe et du littoral

	Bassin	Hors bassin	[Pente externe] Nord 150m	[Pente externe] Centre 200m	[Pente externe] Sud 150m
E. coli (NPP/100mL)	<15	15	<15	<15	<15
Entérocoques (NPP/100 mL)	<15	<15	<15	<15	<15

 **Grille de qualité pour les paramètres bactériologiques étudiés (UFC/100 mL) proposé par le guide Ifremer, Arvam, Agence de l'eau, XXXX.**

	Bon	Moyen	Mauvais
E. coli	< 100	100 - 2000	> 2000
Entérocoques	<100	>100	-

Pour cette frange littorale, les informations issues de indiquent que les eaux de baignades sont conformes aux normes européennes et globalement excellentes (Pareto, BCEOM, 2004). Plus récemment, la qualité bactériologique a révélé des valeurs inférieures à 46 ind./100ml pour E. coli, ce qui témoigne d'une faible teneur bactériologique, mais qui reste propice à la baignade et sans danger pour le développement biologique et la santé humaine (Biotope, 2011).

La qualité bactériologique du site de Grande Anse (littoral et pente externe) peut donc être considéré comme « Bonne ».

4.2 Les habitats marins

La baie de Grande-Anse fait partie de la zone sensible pour le milieu littoral et marin côtier Ouest définie au titre de la Loi sur l'eau n°92-3 du 03/01/1992 au niveau Piton Grande-Anse, entre 0 et 50 m de profondeur (Biotope, 2016). En outre, l'ensemble de la formation corallienne se développant dans ce secteur fait partie des Espaces Naturels Remarquables du littoral (SAR, 2011).

La zone d'étude peut être définie comme une plate-forme récifale composée de plusieurs faciès de la plage vers le large (Carex et Arvam 2005, Pareto & Bceom, 200 ; Montaggioni & Faure, 1980 in Biotope, 2016 - Figure 28). Ce complexe peut se décomposer de la sorte :

- **Une pente externe à éperons et sillons** parfois marqués (Montaggioni et Faure, 1980 in Biotope, 2016). La partie supérieure de la pente externe est également parsemée de failles. La couverture corallienne y est forte sur la partie supérieure (d'après ZNIEFF, 2014a et 2014b). La zone de pente externe à « éperon sillons » constitue un des faciès les plus remarquables de l'écosystème récifal réunionnais.
- **Un front récifal** discontinu, entrecoupé de deux fausses passes centrales et d'une passe à l'Ouest isolant une portion de récif très réduite. Ce front présente des peuplements peu abondants voire inexistant du fait des conditions hydrodynamiques extrêmes, favorisant le développement d'algues calcaires.

3 Etat initial de l'environnement

- **Un platier interne**, qui occupe la quasi-totalité du récif et présente un faciès de platier récifal à coraux dispersés, avec un recouvrement corallien relativement important (40%) sur la petite partie protégée par le bassin.
- **Une « zone d'arrière-récif »**, quasi-inexistante, présentant un beach-rock affleurant en bas de plage sur les $\frac{3}{4}$ de la longueur de la plateforme récifale. Il n'y a pas de colonisation corallienne à ce niveau, probablement dû à l'hydrodynamisme trop important.
- **Le bassin de baignade** est un milieu artificiel offrant des conditions hydrodynamiques atypiques pour la zone, et présente un faciès de méga-blocs basaltiques et beach rock (grés de plage) colonisés par la faune corallienne mais également des faciès à zones sableuses et à zones de galets de rivières. En lien avec le faible hydrodynamisme, il présente une diversité d'habitats importantes, dont certains peuvent jouer un rôle de nurserie (Carex et Arvam, 2005), et d'autres sont des peuplements atypiques pour la zone (ZNIEFF, 2014a, 2014b). La zone au sud-est du bassin présente également des méga-blocs basaltiques.

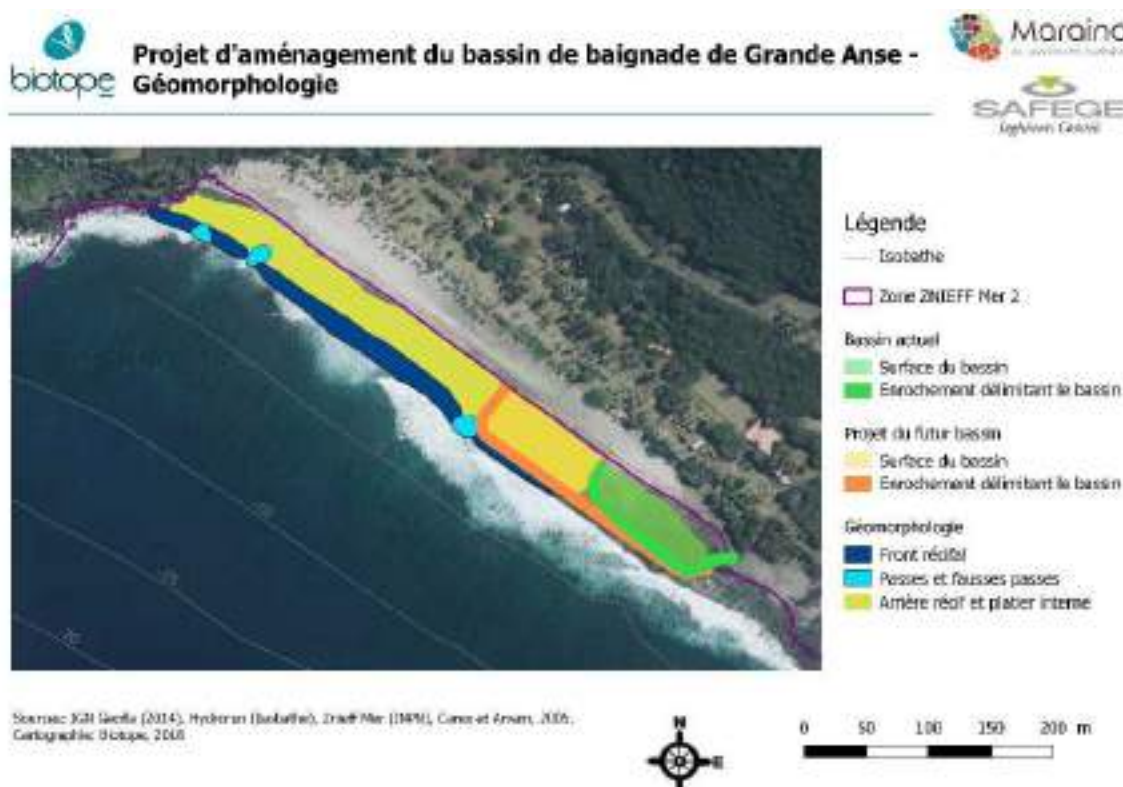


Figure 28 : Géomorphologie de la zone d'étude. D'après Carex et Arvam, 2005. La zone marine non cartographiée est la pente externe.

Une description détaillée et une évaluation des différents habitats marins est proposée sur la base des expertises réalisées³ et de la bibliographie disponible.

³ Le front récifal n'a pas pu être exploré du fait des conditions hydrodynamiques dangereuses

3 Etat initial de l'environnement

La pente externe

Elle correspond à une zone à éperons-sillons sur toute la longueur de la « baie » de Grande Anse (Montaggioni et Faure, 1980 in Biotope, 2016). Ces éperons et sillons caractérisent de manière claire ce type de formation corallienne au niveau des zones peu profondes de la pente externe (Figure 29 et Figure 30).



Figure 29 : Imagerie drone laissant apparaître le début de ces éperons/sillons caractéristique de cette pente externe. © Ocean Obs, 2021.

3 Etat initial de l'environnement

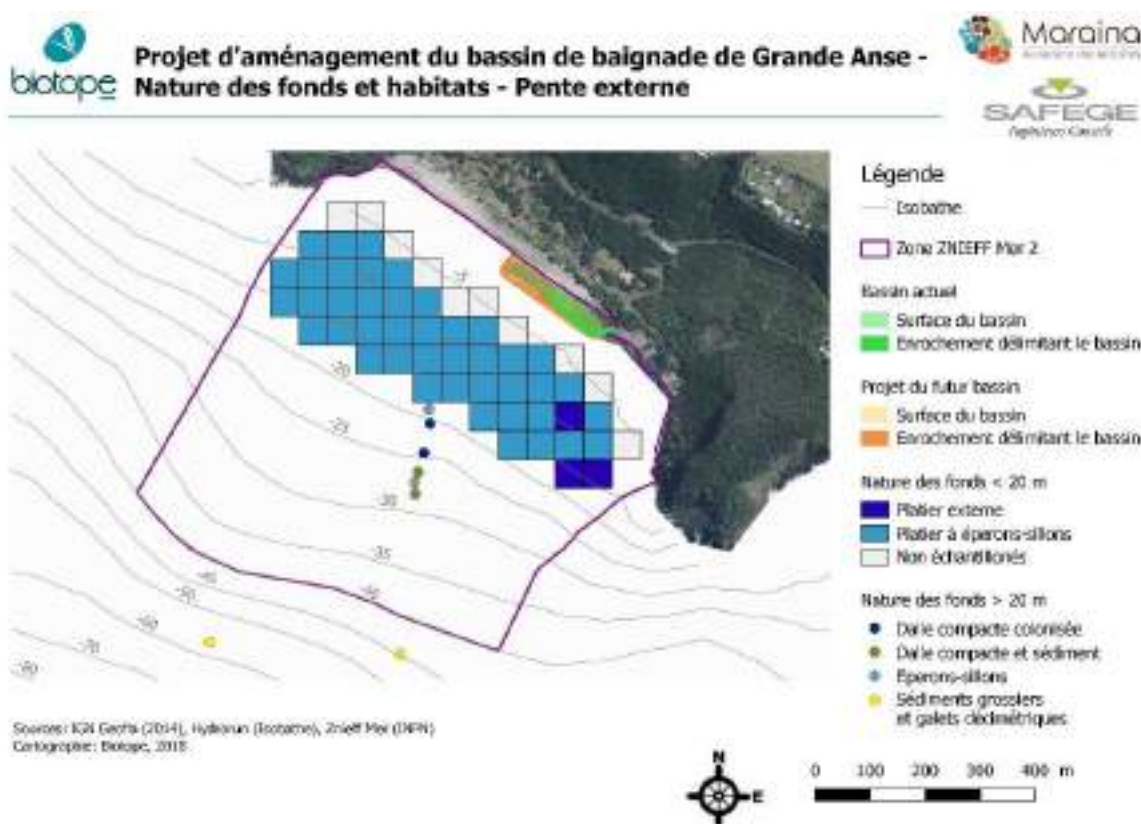


Figure 30 : Résultats des reconnaissances vidéo sur la pente externe entre 4 et 14 mètres et au-delà de 15 mètres.

Cet habitat est formé par des sillons et vallons, plus ou moins marqués, et allant de 1 à plusieurs mètres de haut, créant par endroit de véritables failles et tombants propices à abriter de nombreuses espèces. La partie la moins profonde de la pente externe (< 10m) semble plus marquée par ces sillons que la partie plus profonde (> 10m) réduisant ainsi l'importance du relief et la richesse de l'habitat (Figure 31 et Figure 32). La couverture corallienne est importante (entre 5 et 50% selon les zones), et diminue avec la profondeur. Aucune zone sableuse n'a été recensée entre 4 et 40 mètres de profondeur, hormis quelques accumulations sédimentaires dans le fond des sillons. Les éperons-sillons sont donc encore présents jusqu'à 20 mètres (sillons faiblement marqués), avant d'être remplacés progressivement par de la dalle compacte colonisée puis par des sédiments grossiers associés à des galets décimétriques à partir de 40 mètres (Figure 33).

3 Etat initial de l'environnement

Maîtrise d'œuvre relative aux
travaux d'extension du bassin de
Grande Anse

Mai 2023

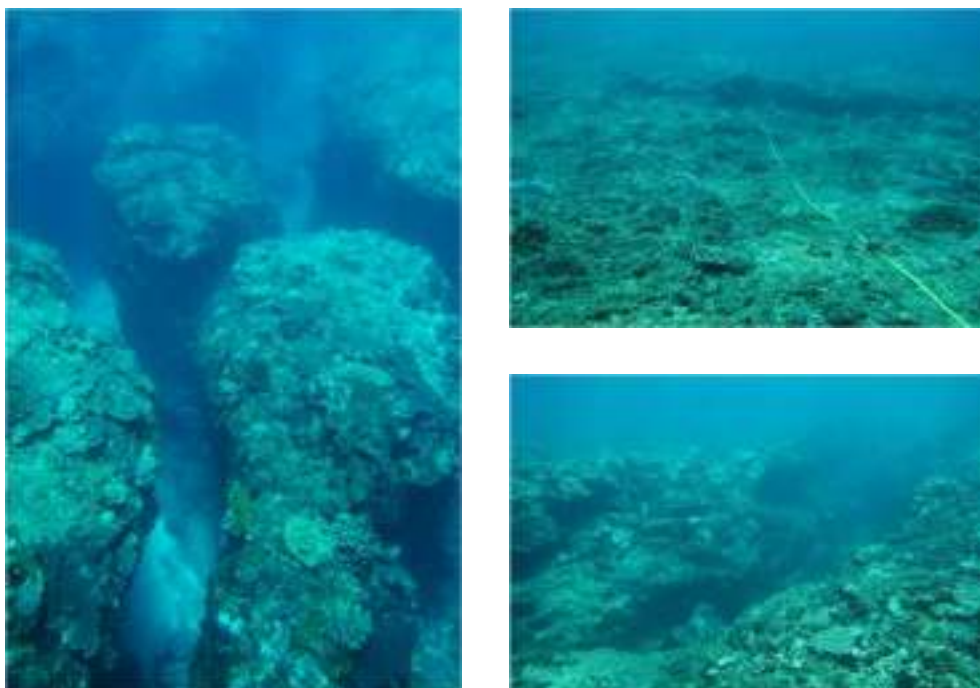


Figure 31 : Éperons-sillons très marqués dans la zone des 8-9 mètres de profondeur (© Biotope, 2018).

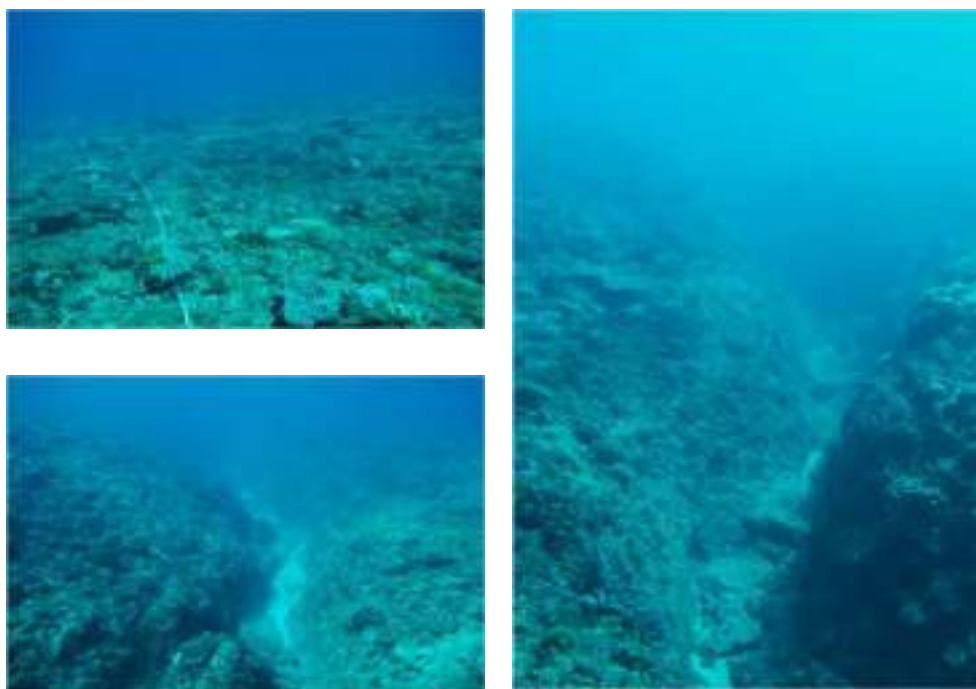


Figure 32 : Éperons-sillons moins marqués dans la zone des 12-13 mètres (© Biotope, 2018)

3 Etat initial de l'environnement



Figure 33 : Fonds à sédiments grossiers associés à des galets décimétriques (© Biotope, 2018)

Le platier interne

L'habitat se présente sous la forme de blocs basaltiques colonisés au niveau de la passe (côté nord) et d'un platier à éléments dispersés au centre et au sud-est (Figure 34). Le platier interne est fermé d'un côté par le front récifal et délimité de l'autre par le beach-rock. La couverture corallienne semble assez faible excepté exceptée pour certaines zones où les colonies coralliennes se concentrent (Figure 35). Les conditions hydrodynamiques intenses ne favorisent pas le développement de la faune fixée, ce qui explique la pauvreté du recouvrement corallien. La proximité du bassin de baignade semble toutefois constituer un abri artificiel, permettant un développement plus important pour la zone.

3 Etat initial de l'environnement

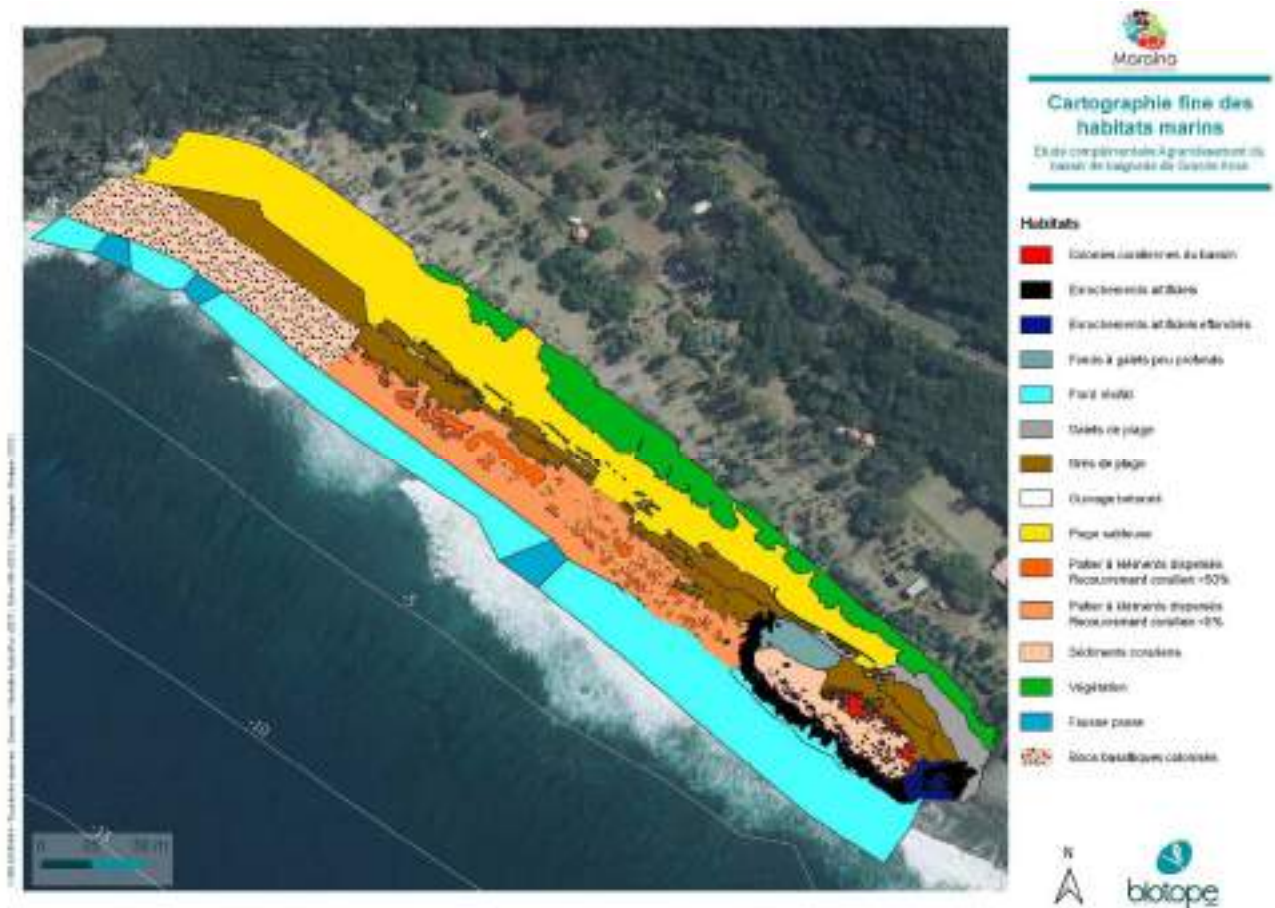


Figure 34 : Habitats et géomorphologie du platier interne de Grande Anse. Cartographie combinant les analyses de terrain, données bibliographiques et imageries aérienne par drone (d'après Carex et Arvam, 2005 ;Pareto, BCEOM, 2004 et Biotope/Ocean Obs, 2021).

3 Etat initial de l'environnement

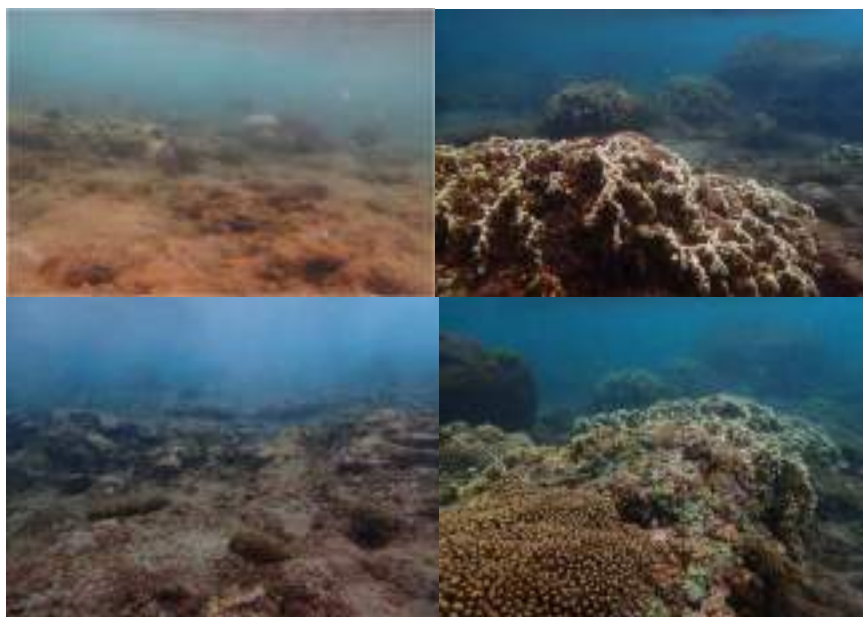


Figure 35 : A gauche, couverture corallienne faible voire nulle à proximité du bassin de baignade, à droite couverture plus importante dans la zone sud-ouest du bassin (© Biotope, 2018).

Le bassin de baignade

Ce bassin de baignade se situe donc en fond de baie de Grande Anse. Il est constitué d'une ceinture d'enrochements naturels basaltiques de 110 mètres, parallèle à la côte, et installé en 1989. Le substrat est dominé par du grès basaltique, ainsi que du sable et débris corallien (SPL Maraina, 2016 - Figure 36). Le bassin atteint une profondeur de 0,5 à 1 m et présente des substrats colonisés par les colonies coralliennes au niveau de méga-blocs basaltiques et du grès (Carex et Arvam, 2005).

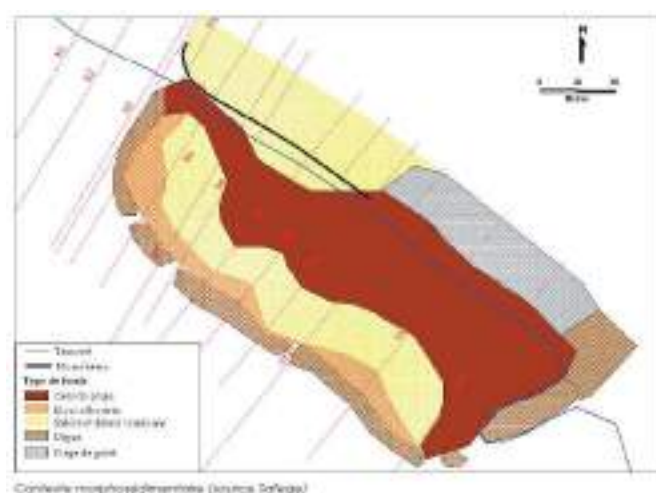


Figure 36 : Contexte morpho-sédimentaire du bassin de baignade (d'après SPL MARAINA, 2016).

3 Etat initial de l'environnement

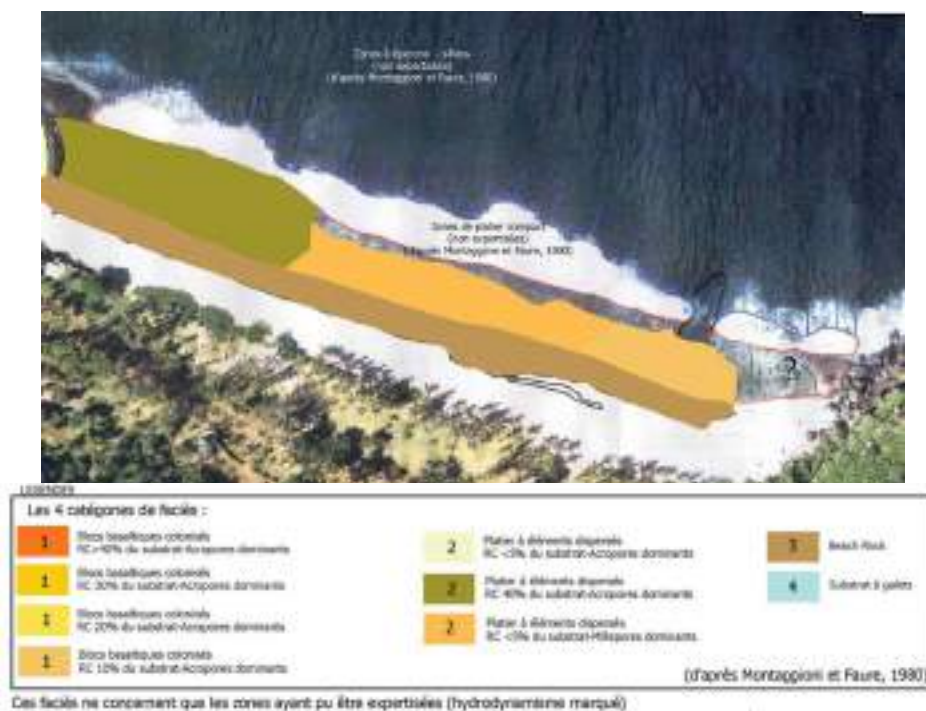


Figure 37 : Géomorphologie du platier interne (d'après PARETO, BCEOM, 2004).

Sur la base des expertises réalisées en décembre 2018 et de l'étude complémentaire réalisée en 2021 (imagerie drone & vérité terrain), il est possible de préciser les différents habitats rencontrés (Figure 42) :

- Au nord côté plage, à « l'entrée du bassin » après le beach rock, se trouve une zone peu profonde à galets, non colonisée par le corail. Les peuplements y sont appauvris (benthos fixe/mobile et poissons).



Figure 38 : Fonds à galets à l'entrée du nord du bassin. © Biotope, 2021.

3 Etat initial de l'environnement

- Côté plage, une vaste dalle de gré s'étend jusqu'à la limite sud-est du bassin. Cette dalle est colonisée au niveau de la partie central du bassin par de nombreuses colonies coralliennes principalement représentées par des *Porites cf lutea/lobota* massifs.



Figure 39 : Colonies de *Porites* localisées principalement au centre du bassin. © Biotope, 2021.

- Ces colonies de *Porites sp* sont également sur une zone de transition entre la dalle et une zone plus sableuse qui couvre toute la longueur du bassin côté mer. Quelques enrochements effondrés et blocs basaltiques sont également présents dans cette zone et peuvent être colonisés par quelques colonies coralliennes.

3 Etat initial de l'environnement



Figure 40 : Zone sableuse présentant quelques galets et blocs basaltiques (non visibles sur la photo). © Biotope, 2021.

- Enfin la partie sud-est de la zone sableuse, présente également des méga blocs basaltiques sur lesquels se développent de nombreuses colonies coralliennes (dont de nombreux Acropores, Pavona et Pocillopores).



Figure 41 : Colonies coralliennes présentes au niveau de la partie sud -est du bassin. © Biotope, 2021.

3 Etat initial de l'environnement

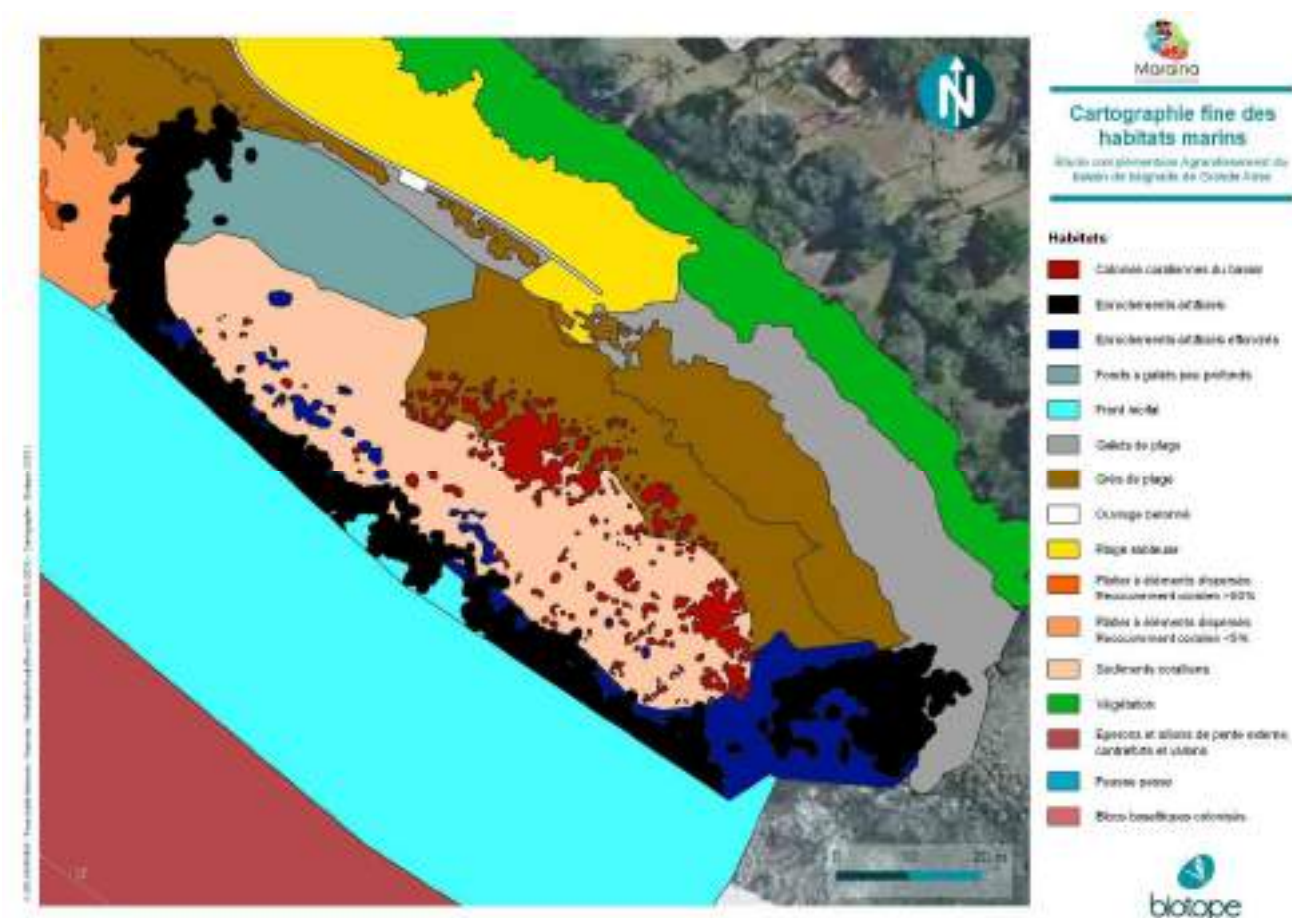


Figure 42 : Cartographie fine des habitats du bassin de baignade de Grande Anse (actualisation 2021)

4.3 Les peuplements benthiques et ichtyologiques

4.3.1 Les peuplements benthiques

Cette partie présente les peuplements benthiques se développant au niveau de la pente externe, du platier interne et du bassin de baignade.

La plateforme récifale de Grande Anse est définie comme possédant une forte richesse générique des communautés coralliennes (Carex et Arvam, 2005), notamment dans l'enceinte du bassin de baignade aménagé sur la partie sud-est du récif. Ailleurs, la couverture corallienne est globalement faible. La bonne croissance des peuplements coralliens est largement limitée par la forte exposition à la houle.

La pente externe

De façon à caractériser les peuplements marins de la pente externe, deux radiales ont été réalisées, à des profondeurs respectives de 8 et 12 mètres, considérant l'étude des peuplements benthiques et de l'ichtyofaune.

3 Etat initial de l'environnement

La pente externe présente une richesse spécifique élevée ainsi qu'une couverture corallienne importante sur la partie supérieure de la pente externe (30-50%) (ZNIEFF, 2014a et b). Elle se compose principalement d'*Acropora abrotanoides*, de *Porites rus*, et d'Acropores digités, et Pocillopores.

- [Pente externe - 12 mètres de profondeur]

A cette profondeur, l'habitat est caractérisé par des sillons d'une profondeur de 2 à 3 mètres, et colonisé par des colonies coralliennes petites et dispersées (Figure 43). La couverture et la vitalité corallienne sont moyennes, respectivement 25,1 et 24,8%, caractéristiques de ce type d'habitat à fort potentiel de bioconstruction (entre 20 et 50% de couverture corallienne pour les éperons-sillons). A titre de comparaisons, la majorité des formations coralliennes de La Réunion présente une couverture corallienne entre 20 à 50% (suivi GCRMN - Wickel et al., 2016). La couverture algale est importante (environ 73%) et principalement représentée par du turf algal (Figure 44). Cependant, il apparaît une forte présence des algues calcaires du genre *Halimeda* sp., représentant 2,1 % de la couverture totale (Figure 45). La présence d'algue ne semble toutefois pas montrer de dégradation des formations.



Figure 43 : A gauche, profil général de la station à colonies coralliennes petites et dispersées - A droite, exemple d'une petite colonie corallienne du genre *Galaxea* sp (© Biotope, 2018)

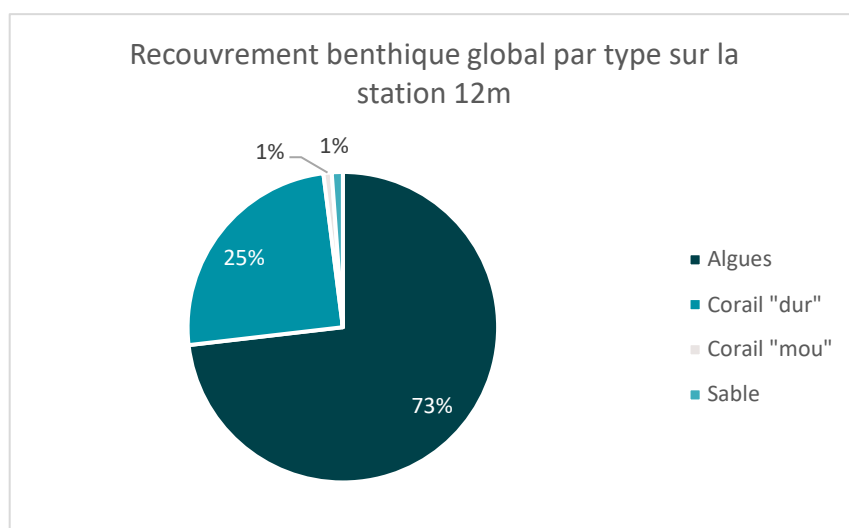


Figure 44 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 12m de profondeur.

3 Etat initial de l'environnement

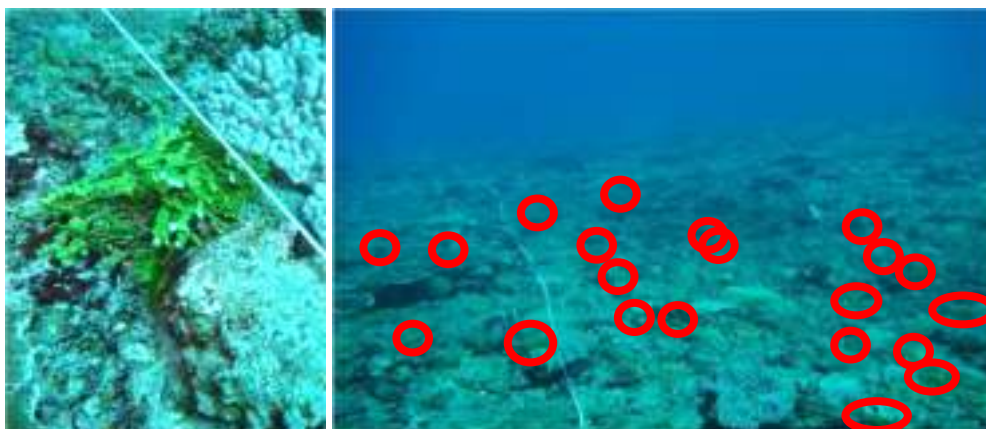


Figure 45 : Présence importante des algues calcaires *Halimeda sp* (cercles rouges).

Les **communautés coralliennes** se distinguent de la manière suivante :

- Une forte dominance des coraux non Acropores (NAC), avec 82% du recouvrement relatif (Figure 46). Les coraux mous sont assez bien représentés (3% de l'ensemble des coraux) avec un recouvrement relatif de 0,8%. Les Acropores composent 15% du recouvrement.
- Les formes largement dominantes sont les coraux encroûtants (41,8%) et les coraux submassifs (31,1%), suivi par les formes tabulaires (10,3%), témoignant d'un hydrodynamisme important limitant le développement des formes branchues (Figure 47). Les principaux genres rencontrés sont les *Pocillopora*, *Astreopora* et *Acropora* (Figure 48). Neuf genres ont été relevés uniquement sur le transect indiquant une diversité générique bonne.

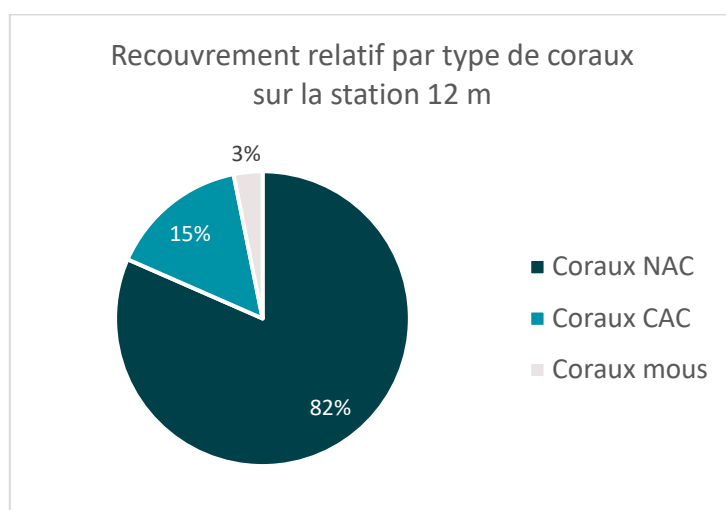


Figure 46 : Recouvrement relatif des grands types de coraux au niveau de la pente externe, à 12 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores]

3 Etat initial de l'environnement

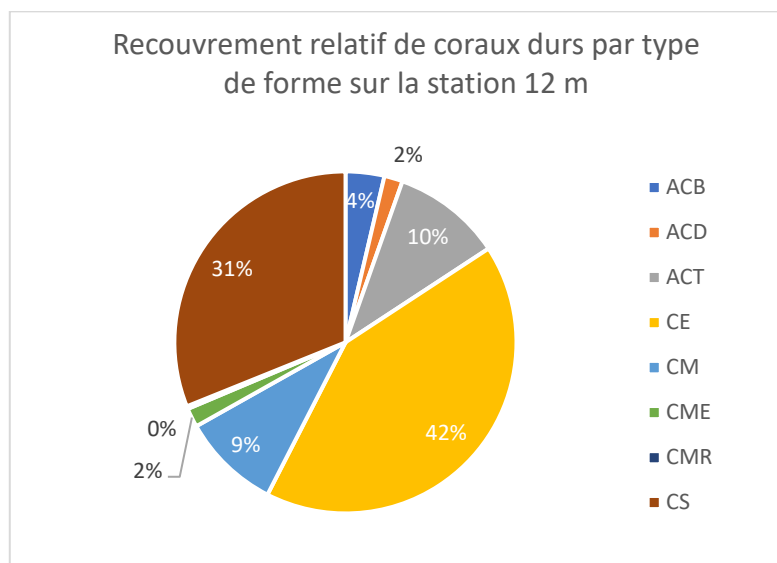


Figure 47 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe (profondeur de 12 m). ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroûtant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CMR : Corail champignon ; CS : Corail Submassif.

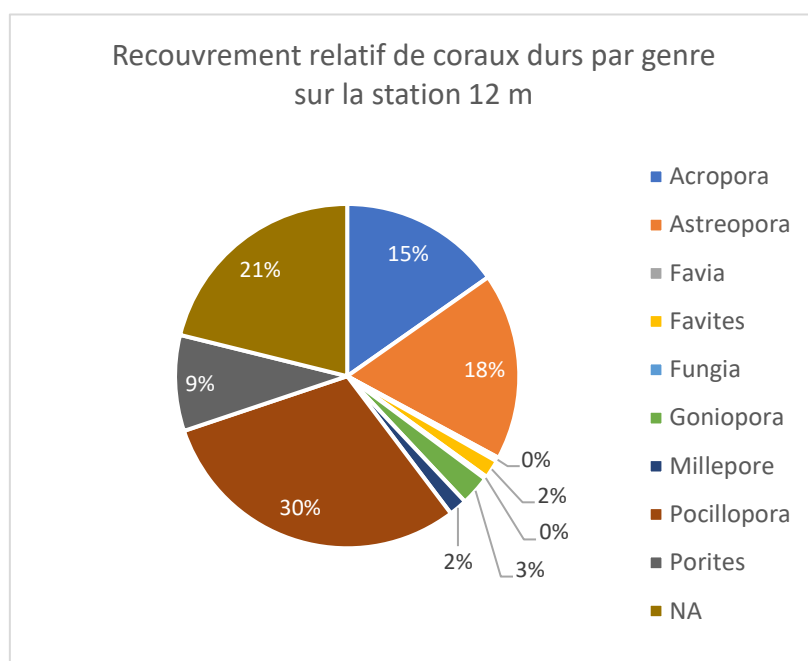


Figure 48 : Répartition des genres pour les coraux durs présents au niveau de la pente externe à 8 mètres de profondeur.

- [Pente externe - 8 mètres de profondeur]

L'habitat est caractérisé par des sillons plus marqués (cf. Figure 31) supérieurs à 3 mètres de profondeurs à colonies coralliennes plus denses et moins dispersées (Figure 49). La couverture

3 Etat initial de l'environnement

et la vitalité corallienne sont bonnes (respectivement 31,4 et 33,6%), caractéristiques de ce type d'habitat à fort potentiel de bioconstruction (entre 20 et 50% de couverture corallienne pour les éperons-sillons). Pour rappel, la majorité des formations coralliennes de la Réunion présentent une couverture corallienne comprises entre 20 à 50% (suivi GCRMN, Wickel et al., 2016). La couverture algale est importante (environ 60,2%) et exclusivement représentée par du turf algal (Figure 50). Aucune algue calcaire du genre *Halimeda* n'a été recensée.

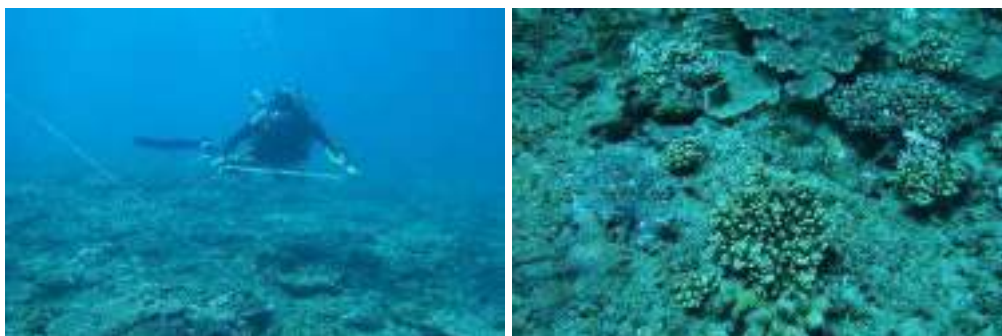


Figure 49 : A gauche, profil général de la station à colonies coralliennes plus grandes et moins dispersées - A droite, exemple de colonies coralliennes très proches les unes des autres, avec dominance du genre *Acropora* sp (© Biotope, 2018)

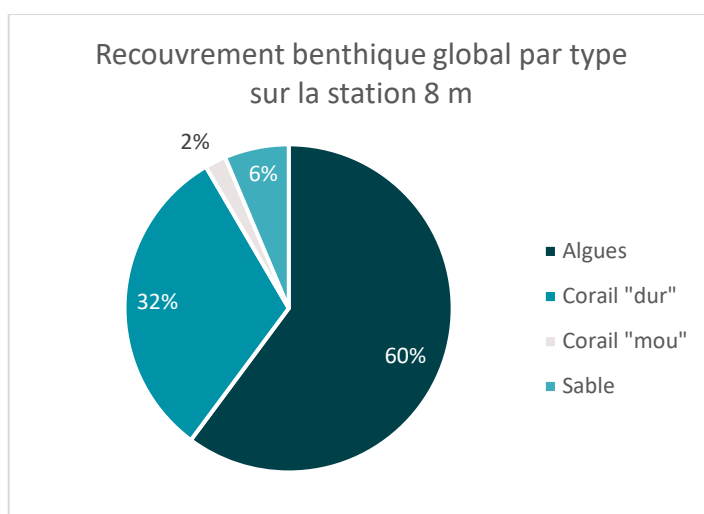


Figure 50 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 8m de profondeur.

Les **communautés coralliennes** se distinguent de la manière suivante :

- Une légère dominance des coraux Acropores (CAC), avec 48,8% du recouvrement relatif (Figure 51). Il apparaît d'ailleurs un certain équilibre entre les coraux acropores et non branchus (CAC : 48 % vs NAC : 44,6%). Les coraux mous sont également présents, représentant 2.1 % du recouvrement total relatif, soit 6,6% de l'ensemble des coraux.
- Les formes largement dominantes sont, par ordre d'importance, les Acropores tabulaires (28,4%), les coraux submassifs (21,3%), les coraux encroûtants (19,7%) et les acropores encroûtants (11,9%). Cette dominance des formes encroûtantes, submassives et tabulaires témoigne encore une fois d'un hydrodynamisme important limitant le développement des formes branchues (Figure 52). Les Acropores sont le genre largement dominant (48,8), suivi par les Pocillopora (18,6%) (Figure 53). Les

3 Etat initial de l'environnement

Millépores sont deux fois plus présents que sur la station 12 mètres avec 3,4% contre 1,7. Huit genres ont été recensés uniquement sur le transect.

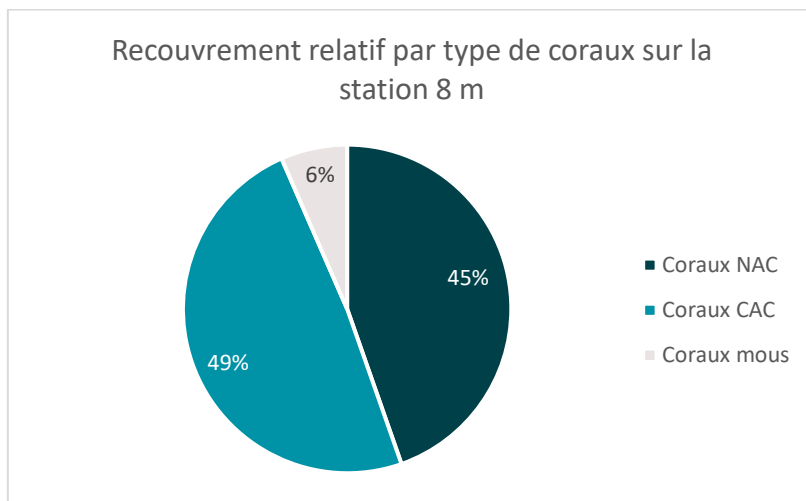


Figure 51 : Recouvrement relatif par type de coraux au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores].

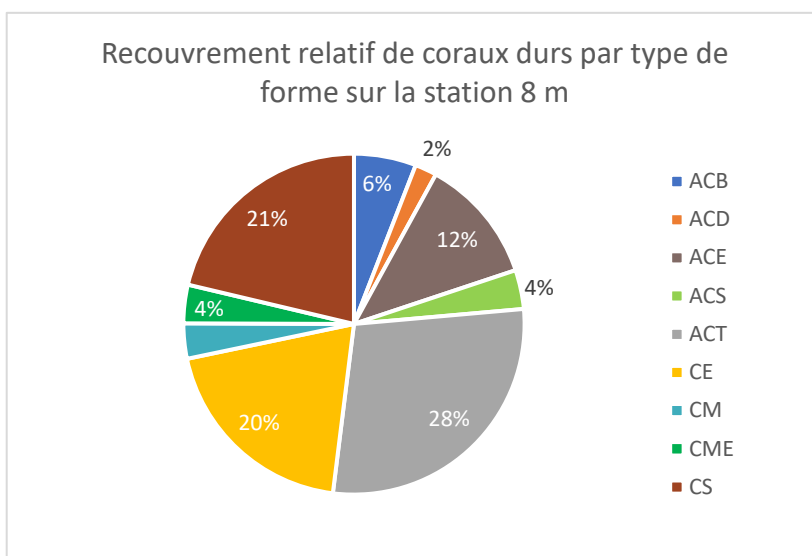


Figure 52 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACE : Acropore encroutant ; ACS : Acropore submassif ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroutant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CS : Corail Submassif].

3 Etat initial de l'environnement

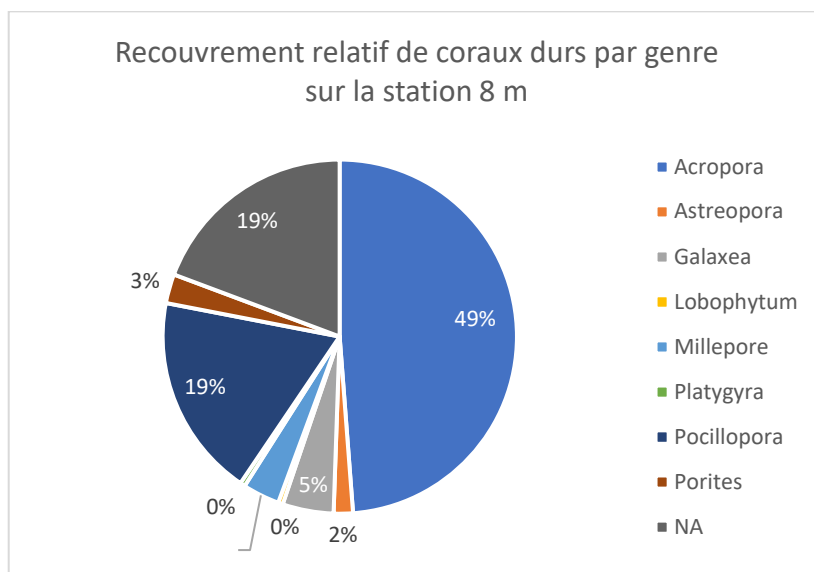


Figure 53 : Répartition des genres des coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur.

Le platier interne

Le platier interne est composé de blocs basaltiques colonisés dans sa partie nord et d'un platier à éléments dispersés dans sa partie sud et centrale (Figure 37, Pareto & BCEOM, 2004). Accolée au bassin, la partie Sud de la plateforme récifale est partiellement protégée de la houle et des courants. Elle affiche donc un développement corallien relativement important (>40%). Les espèces sont globalement les mêmes qu'à l'intérieur du bassin (voir ci-dessous), avec des formes plus aplanies en lien avec l'important hydrodynamisme (Pareto & BCEOM, 2004).

La prospection aléatoire effectuée en Décembre 2018 a permis d'actualiser cette cartographie. L'ensemble du platier interne n'a pu être prospecté du fait de conditions hydrodynamiques se renforçant avec l'éloignement du bassin. La partie la plus sensible à cependant pu être couverte.

Dans le cadre de la présente étude, les expertises ont permis d'actualiser ces connaissances (cf. Figure 34 – Biotope, 2018). Ainsi, il apparaît que la zone à proximité directe du bassin ne semble plus présenter une couverture corallienne aussi importante qu'en 2004. Les enrochements ne sont pas colonisés et les colonies coralliennes sur le platier sont très rares. En s'éloignant quelques peu du bassin, les colonies coralliennes redeviennent denses avec une couverture corallienne estimée à 30% (estimation visuelle). La zone à enjeux semble donc s'être réduite en surface selon un facteur 3 (environ 5800 m² à 2000m²). Les colonies présentes sont principalement composées d'Acropores, Pocillopores et Millepores, dans des formes massives, submassives et encroutantes.

3 Etat initial de l'environnement

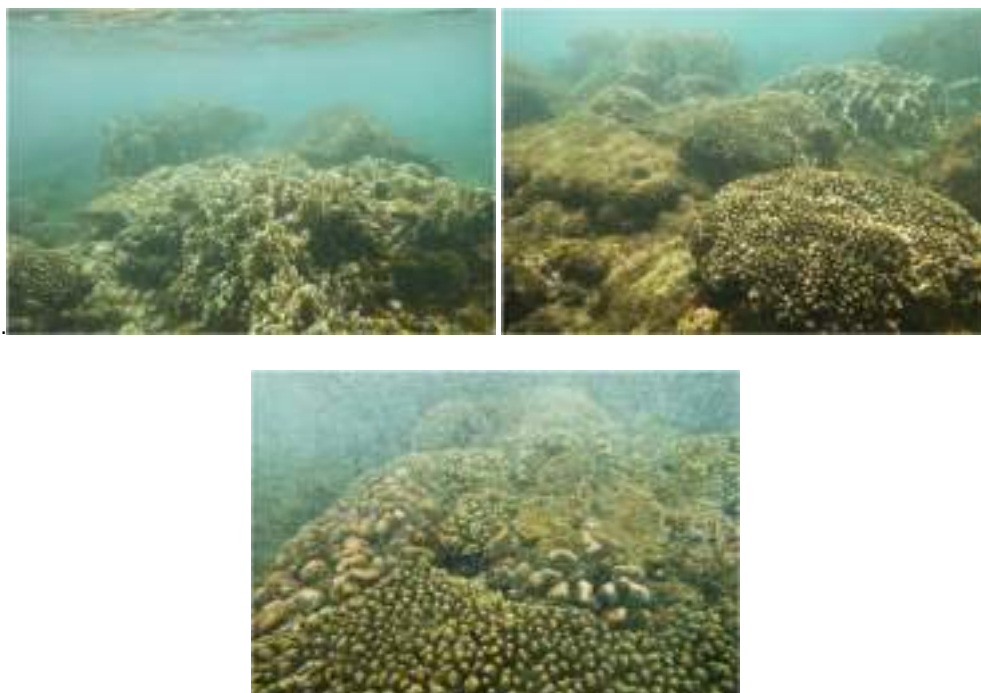


Figure 54 : Colonies coralliennes rencontrées au niveau du platier interne (prospection aléatoire). Colonies de Millépores (en haut à gauche), Acropores (en haut à droite) et formes massives et submassives (en bas).

Le bassin de baignade

En se référant à la bibliographie, le bassin accueille des blocs basaltiques, de taille métrique ou pluri-décimétrique, plus ou moins colonisés selon leur exposition à la houle (Pareto & BCEOM, 2004). Dans le bassin, le recouvrement corallien varie de 40% (dans la partie sud) à moins de 10% (partie centrale plus fréquentée). Une zone à galet est également présente en partie centrale et non colonisée du fait de leur instabilité (Figure 55). Les coraux colonisent également les ouvrages de protections.

3 Etat initial de l'environnement

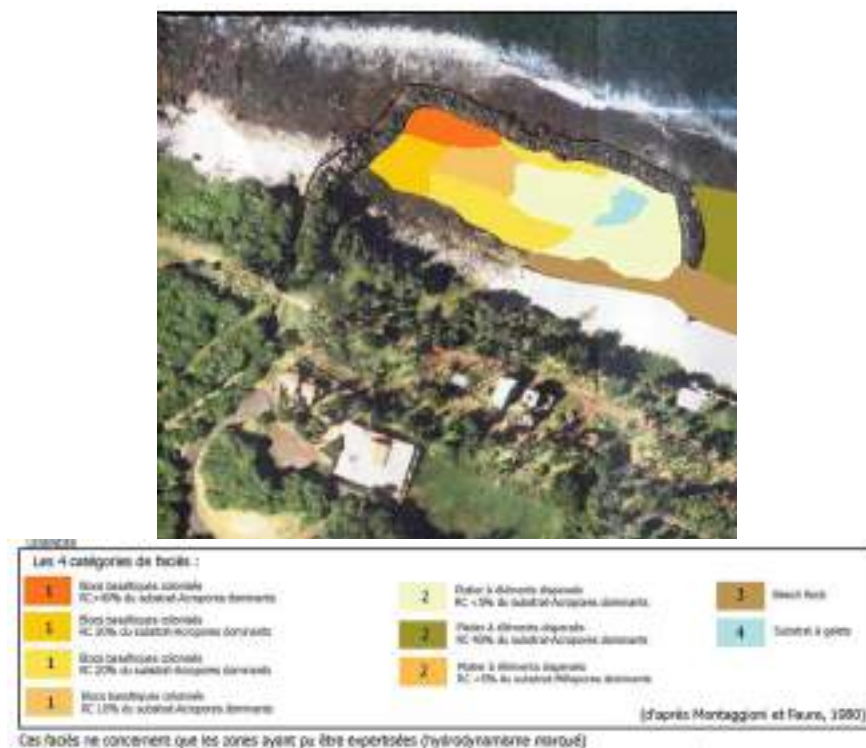


Figure 55 : Géomorphologie du bassin de baignade (d'après PARETO, BCEOM, 2004)

Les expertises réalisées en décembre 2018 et 2021 ont permis d'actualiser ces connaissances (Figure 42). Depuis 2004 (dernière cartographie réalisée), différents paramètres et/ou événements naturels ont pu influencer l'état du milieu (événements climatiques intenses, fréquentation humaine, pollution...).

Ainsi, depuis 2004, il apparaît que la zone à galets semble nettement plus étendue, couvrant la majeure partie de la zone nord-ouest du bassin (la plus fréquentée). Au niveau des enrochements de protection, des colonies coralliennes se développent tout le long, et notamment sur des enrochements effondrés dû aux nombreuses houles (Figure 56).



Figure 56 : Colonies coralliennes présentes au niveau des enrochements effondrés à proximité de l'enceinte du bassin (© Biotope, 2018)

Les colonies coralliennes se concentrent principalement au centre du bassin et au sud-est (cf. Figure 42). Ces deux zones de concentration présentent des faciès bien différents :

3 Etat initial de l'environnement

- Zone corallienne du sud-est du bassin : ce faciès présente un recouvrement important au niveau des enrochements effondrés et blocs basaltiques diminuant au centre du bassin (Figure 57). La couverture corallienne est globalement importante (34,5%, Figure 58) et la couverture algale y est faible (soit 13,5%, composé à 66% de turf algal et 34% d'algues calcaires), et laissant une part importante à l'abiotique (roche nue). Les colonies coralliennes sont largement représentées par des coraux du genre *Acropora*, *Pavona*, *Pocillopora* de formes tabulaires, digités et submassives (Figure 60). La présence de formes branchues atteste d'une zone protégée par l'hydrodynamisme. Aucun corail mou n'a été observé sur ce transect. La faible couverture algale peut s'expliquer par l'importante population d'oursins brouteurs dans le bassin (*Diadema savigny*, 1,06 individus par m², Figure 59) régulant la couverture algale (turf algal) de façon importante. La densité de cette espèce est très importante (Figure 62).

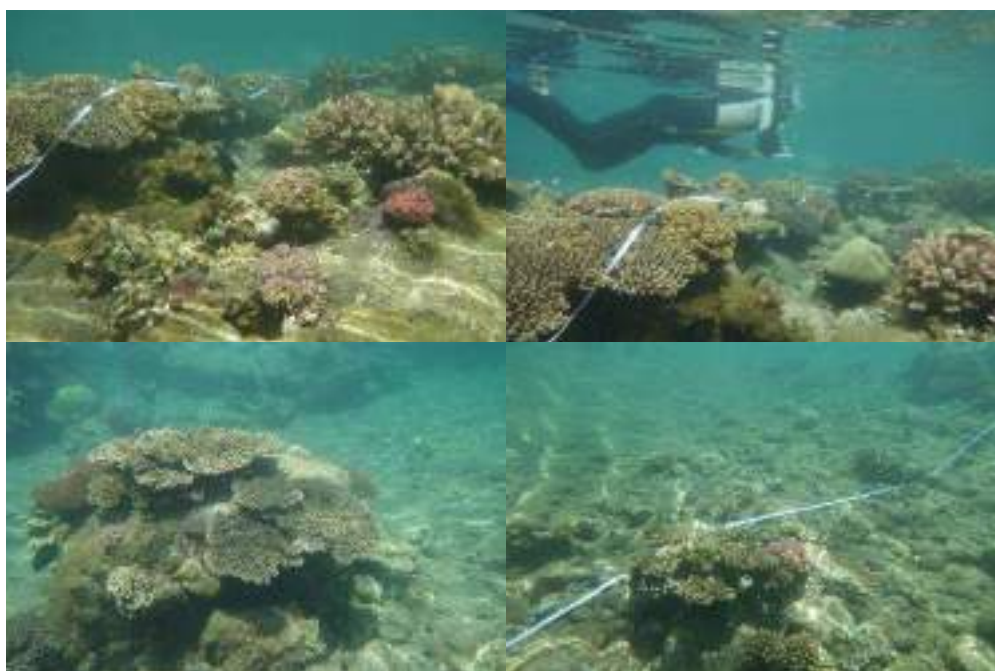


Figure 57 : Colonies coralliennes observées sur le secteur sud-est du bassin de baignade. En haut, couverture corallienne importante en début de transect (à proximité des enrochements), en bas couverture corallienne plus faible (à proximité du centre du bassin) (© Biotope, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

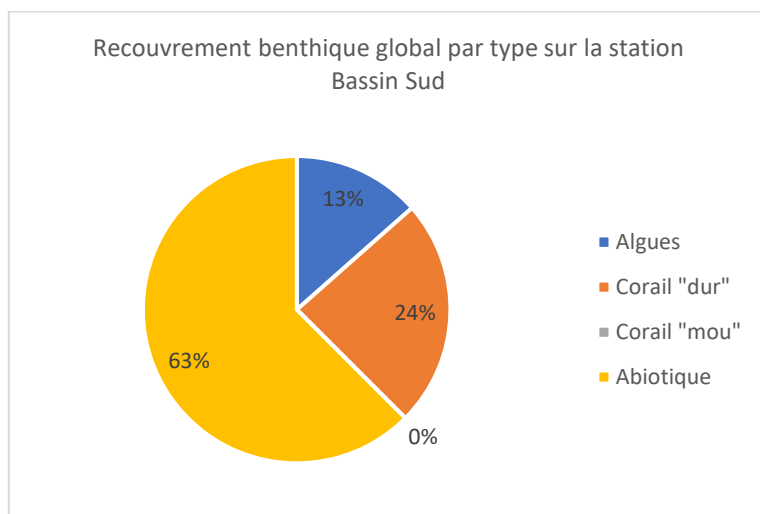


Figure 58 : Recouvrement benthique sur la station située au sud-est du bassin de baignade.



Figure 59 : Le bassin de baignade accueille localement le développement important des oursins (*Diadema savigny*) (© Biotope, 2018)

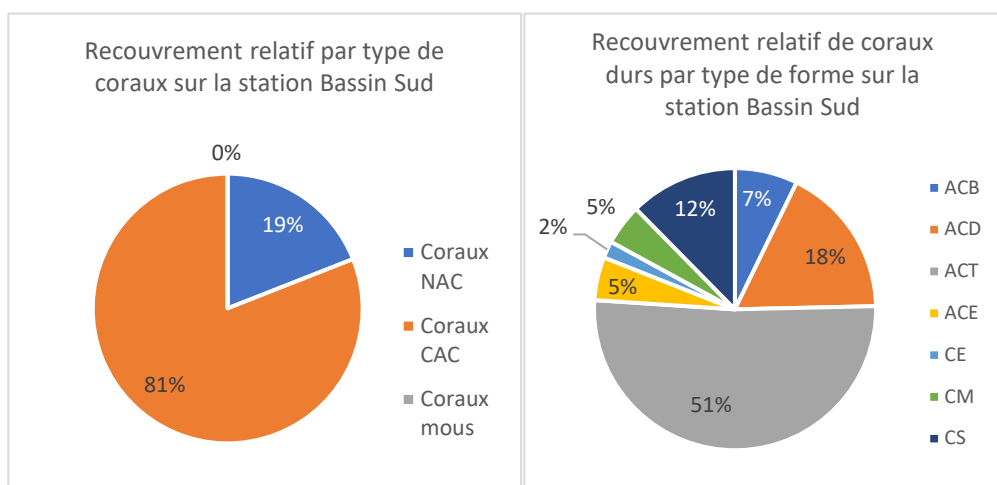


Figure 60 : Recouvrement par type de coraux (à gauche) et par type de forme (à droite) sur la station sud-est du bassin de baignade. NAC : Non Acropore ; CAC : Coraux Acropores.

3 Etat initial de l'environnement

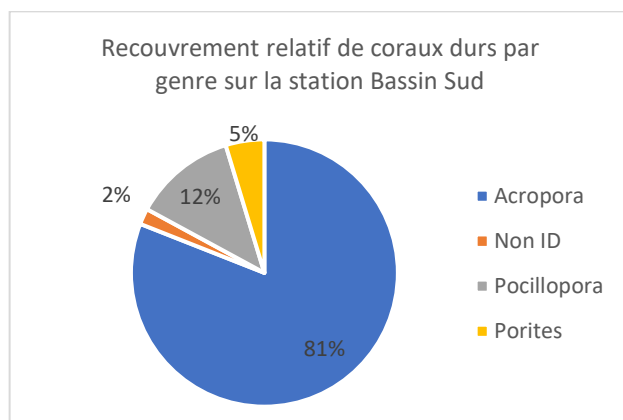


Figure 61 : Diversité des genres coralliens au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.

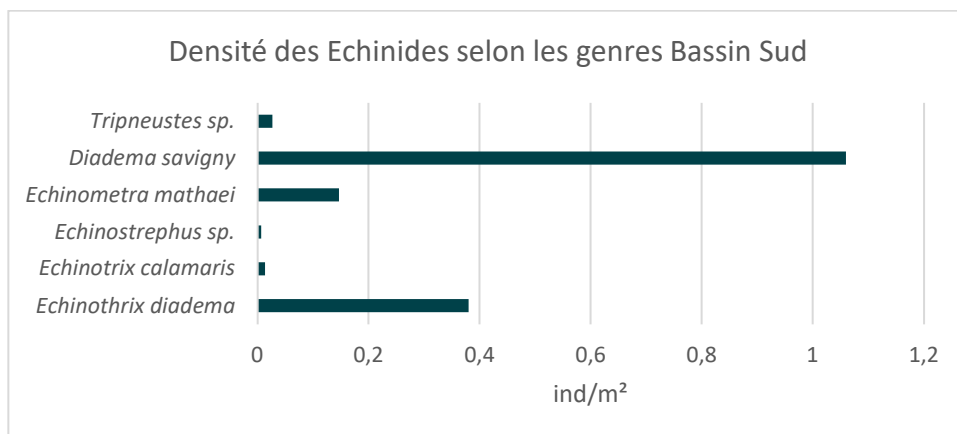


Figure 62 : Densité des échinidés au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.

- Zone corallienne centrale : ce faciès (Figure 63) présente une couverture corallienne plus faible (16,7%), la tendance est similaire pour la couverture algale (4,8 %). L'abiotique représente une importante partie du recouvrement (Figure 65). Les coraux sont largement représentés par les non-acropores et les formes principales massives, submassives et digitées (Figure 66). Les Porites massifs sont largement présents. La faible couverture algale peut s'expliquer par l'importante populations d'oursins brouteurs dans le bassin (*Diadema savigny* notamment) régulant fortement la couverture algale (turf algal). Ces oursins semblent inféodés à des zones spécifiques. Ils ont en effet été régulièrement observés de façon concentrées au même endroit (Figure 64). La densité de cette espèce est très importante (1,14 individus par m², Figure 68). D'autres espèces d'oursins ont été recensées (*Echinometra mathaei*, *Echinotrix diadema* et *Echinotrix calamaris*). Aucune holothurie ou astérides n'ont été observés sur le transect.

3 Etat initial de l'environnement



Figure 63 : Formations coralliennes observées au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade (© Biotope, 2018).



Figure 64 : Zone où se concentrent les oursins diadèmes. © Ocean Obs, 2021.

3 Etat initial de l'environnement

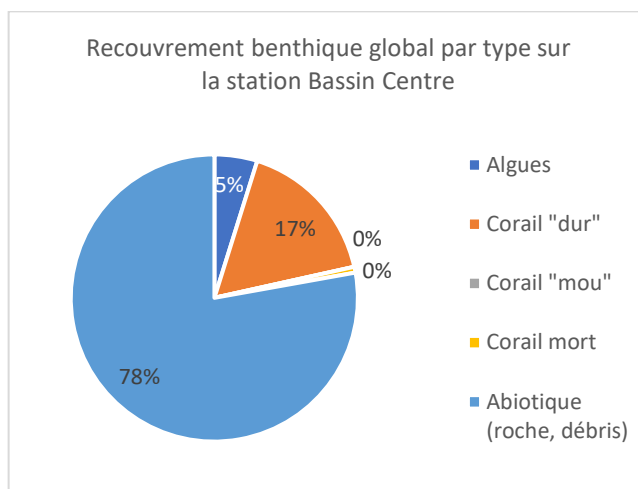


Figure 65 : Recouvrement benthique au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade.

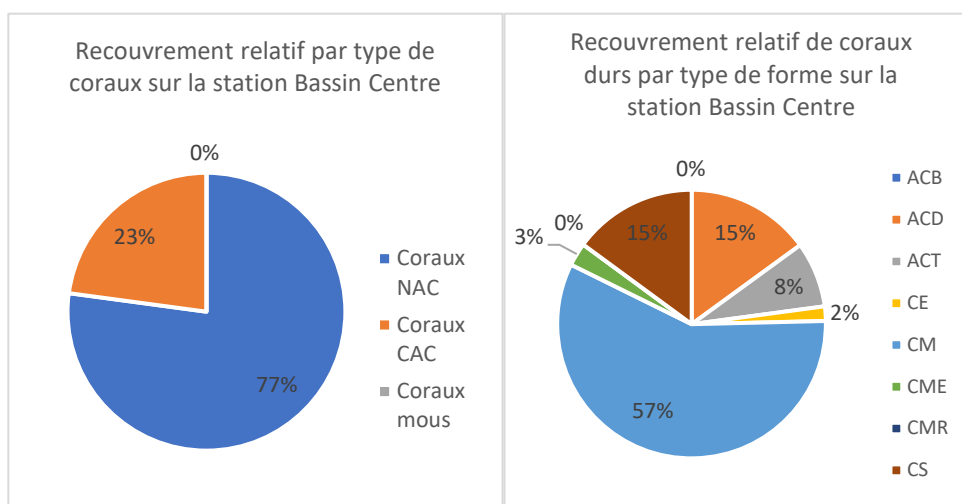


Figure 66 : Type de coraux (à gauche) et type de formes (à droite) des colonies coralliennes sur la station centre-ouest du bassin de baignade.

3 Etat initial de l'environnement

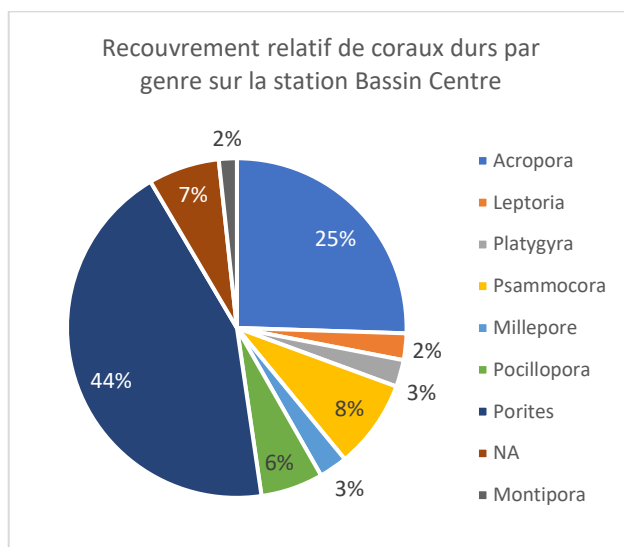


Figure 67 : Répartition des genres de coraux observés au niveau de la station centre-ouest.

Il est à noter que ce récif a fait l'objet d'un blanchissement corallien modéré en 2004 (Carex & Arvam, 2005) et d'un potentiellement blanchissement en 2015 (Source SAFEGE in SPL MARAINA, 2016).

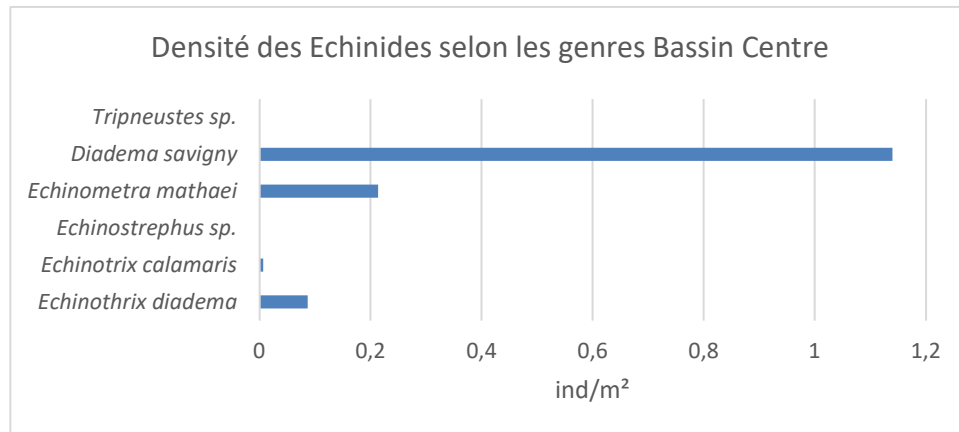


Figure 68 : Densité des différents Échinides observés au niveau de la station centre-ouest du bassin.

Le bassin accueille donc des formations coralliennes, qui présentent cependant 2 faciès différents. Cela s'explique notamment par les conditions environnementales qui semblent suffisamment différentes sur ces 2 zones pour entraîner le développement de communautés coralliennes bien distinctes. Un ensemble de paramètres expliquent ces différences, à savoir : la nature du substrat, l'hydrodynamisme (proximité ou non des digues de protection), les résurgences d'eau douce, la fréquentation humaine (pmt) ...

3 Etat initial de l'environnement

4.3.2 Inventaire et description des invertébrés marins

Cette partie présente un état des lieux des lieux des invertébrés marins recensés dans le bassin de Grand Anse. Ce travail se base sur des inventaires réalisés par Biotope en 2018 et 2021, ainsi que des données collectées par Vie Océane en 2021 (mise à disposition gracieuse par cette étude).

Ces inventaires ont mis en évidence un total de 256 espèces recensées au sein du bassin de baignade (Biotope, 2021 & Vie Océane, 2021). Ces espèces appartiennent à 7 embranchements différents (Figure 69), soit :

- 88 espèces de mollusques,
- 59 espèces d'arthropodes (crustacés...),
- 47 espèces de cnidaires,
- 45 espèces d'échinodermes,
- 8 espèces de plathelminthes,
- 6 espèces d'annélides,
- 3 espèces de spongiaires.

La liste complète des espèces est présentée en Annexe 3.

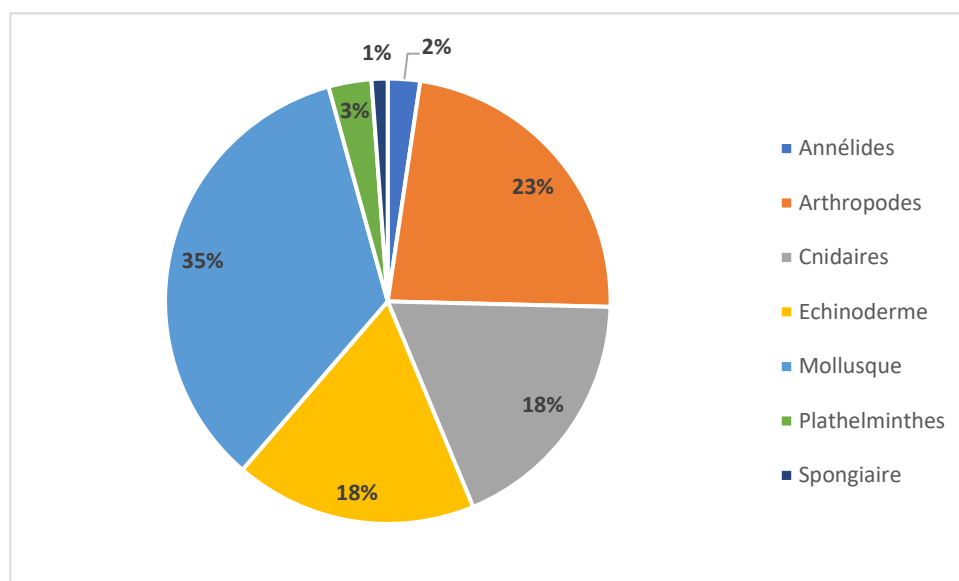


Figure 69 : Répartition des 256 espèces potentiellement identifiées au sein des embranchements. Annélides (6 espèces), Arthropodes (59), Cnidaires (47), Echinoderme (45), Mollusque (88), Plathelminthes (8) et Spongiaire (3).

La richesse spécifique est globalement proportionnelle à la diversité relative des différents embranchements, avec notamment 35% espèces de mollusques, 23 % d'arthropodes ou 18% de cnidaires et 18% d'échinodermes.

Quelques espèces rencontrées sont illustrées en Annexe 4.

3 Etat initial de l'environnement

Concernant les coraux, il ressort notamment une belle richesse spécifique en cnidaires, avec 47 espèces. Au total, ces espèces se répartissent dans 19 genres, avec des espèces dominées par les acropores (18%) suivi par les Dipsastrea (11%) et les Montipora (9%) (Figure 70).

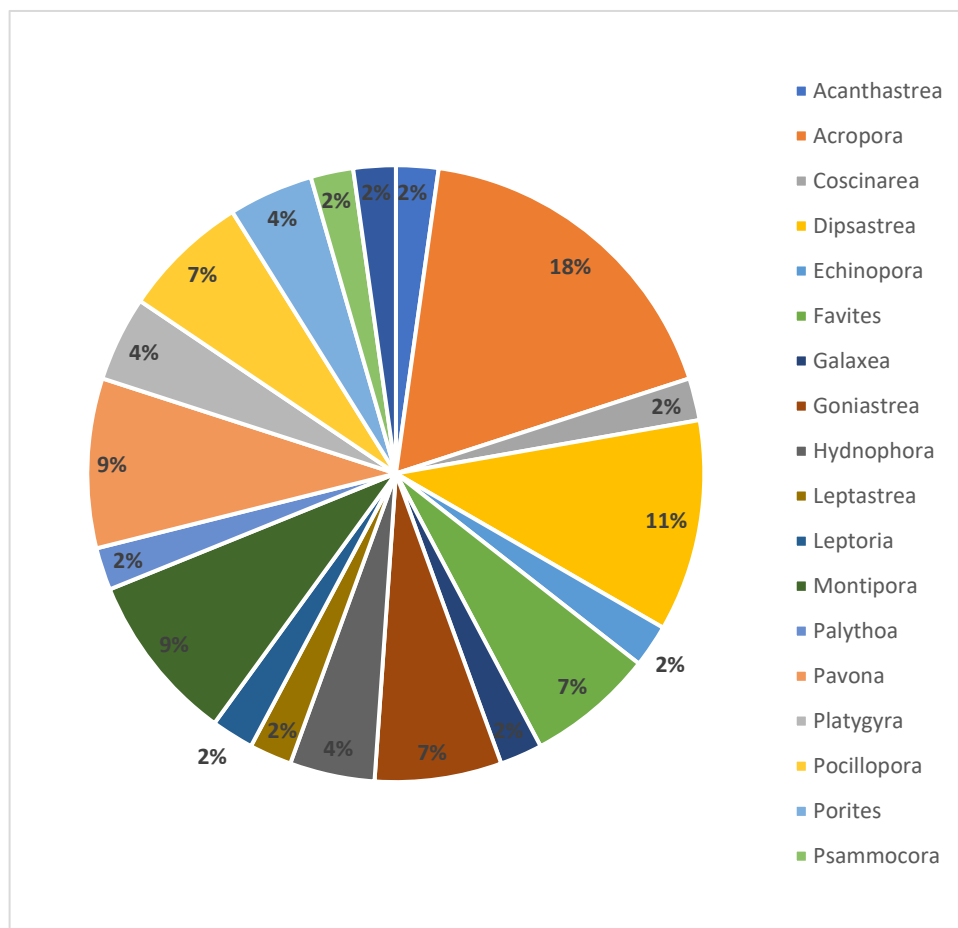


Figure 70 : Dominance des genres de coraux au sein du bassin de baignade.

Synthèse des enjeux et espèces remarquables

Pour l'évaluation patrimoniale des espèces, différents critères sont considérés tels que :

- Le niveau de menace (Liste rouge mondiale/locale UICN),
- Le caractère déterminant ZNIEFF (DEAL Réunion, 2018).

Parmi ces 256 espèces, considérant ces deux critères, il ressort 28 espèces remarquables d'invertébrés marins (déterminantes ZNIEFF et/ou menacées et inscrites sur la liste rouge UICN), soit environ 10% des espèces inventoriées.

3 Etat initial de l'environnement

Le tableau ci-dessous présente ces espèces remarquables.

Tableau 16 : Synthèse de l'évaluation patrimoniale des invertébrés marins recensés dans la zone d'étude

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Source
<i>Holothuria (Microthele) nobilis</i>	Echinoderme	Oui	En danger	Biotope, 2021
<i>Acropora abrotanoides</i>	Cnidaires	Oui	En danger (Réunion)	Vie Océane, 2021
<i>Arctides regalis</i>	Arthropodes	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Enoplometopus occidentalis</i>	Arthropodes	Oui	Préoccupation mineure	Biotope, 2021
<i>Panulirus penicillatus</i>	Arthropodes	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Coscinaraea monile</i>	Cnidaires	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Echinopora gemmacea</i>	Cnidaires	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Favites pentagona</i>	Cnidaires	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
<i>Acropora digitifera</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Acropora humilis</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Acropora tenuis</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Galaxea fascicularis</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Montipora sp aff undata</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Porites lobata</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Leptoria phrygia</i>	Cnidaires	Oui	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
<i>Pavona decussata</i>	Cnidaires	-	Vulnérable	Vie Océane, 2021
<i>Turbinaria mesenterina</i>	Cnidaires	-	Vulnérable	Vie Océane, 2021
<i>Pavona cactus</i>	Cnidaires	Oui	Vulnérable	Vie Océane, 2021
<i>Actinopyga mauritiana</i>	Echinoderme	Oui	Vulnérable	Biotope, 2021
<i>Carpilius convexus</i>	Arthropodes	Oui	-	Biotope, 2021
<i>Pinctada imbricata</i>	Mollusque	(Non id. ?)	-	Vie Océane, 2021
<i>Carpilius maculatus</i>	Arthropodes	Oui	-	Vie Océane, 2021
<i>Acropora granulosa</i>	Cnidaires	Oui	-	Vie Océane, 2021
<i>Colobocentrotus atratus</i>	Echinoderme	Oui	-	Biotope, 2021
<i>Eucidaris metularia</i>	Echinoderme	Oui	-	Biotope, 2021
<i>Heterocentrotus mamillatus</i>	Echinoderme	Oui	-	Biotope, 2021
<i>Tridacna maxima</i>	Mollusque	Oui	-	Vie Océane, 2021
<i>Tridacna squamosa</i>	Mollusque	Oui	-	Vie Océane, 2021

Parmi ces espèces, 13 sont considérées comme menacées ou quasi-menacées, au regard de la liste rouge UICN, soit :

- En danger : 2 espèces,
- Vulnérable : 4 espèces,

3 Etat initial de l'environnement

- Quasi-menacé : 7 espèces
- (6 espèces sont identifiées en Préoccupation mineure).

En danger (EN)



Holothuria (Microthele) nobilis © Biotope, 2021.

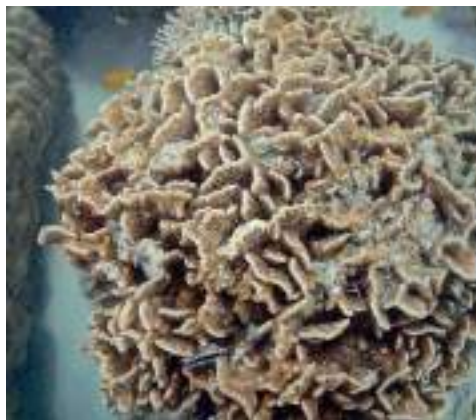


Acropora abrotanoides (Liste Rouge Réunion) ©
coralsofttheworld.org

Vulnérable (VU)



Pavona cactus (Liste rouge mondiale et Réunion) ©
coralsofttheworld.org



Pavona decussata © coralsofttheworld.org

3 Etat initial de l'environnement



Turbinaria mesenterina © coralsofttheworld.org

Quasi menacée (NT)



Acropora digitifera © coralsofttheworld.org



Acropora humilis © coralsofttheworld.org



3 Etat initial de l'environnement

Acropora tenuis © coralsofttheworld.org

Galaxea fascicularis © Biotope, 2021



Montipora sp aff undata © coralsofttheworld.org

Porites lobata © coralsofttheworld.org

Figure 71 : Planche d'illustrations d'invertébrés remarquables et menacés

De plus, parmi les espèces remarquables, considérant un contexte plus local, 19 sont identifiées comme déterminantes ZNIEFF à La Réunion.

Quelques espèces sont illustrées ci-dessous.

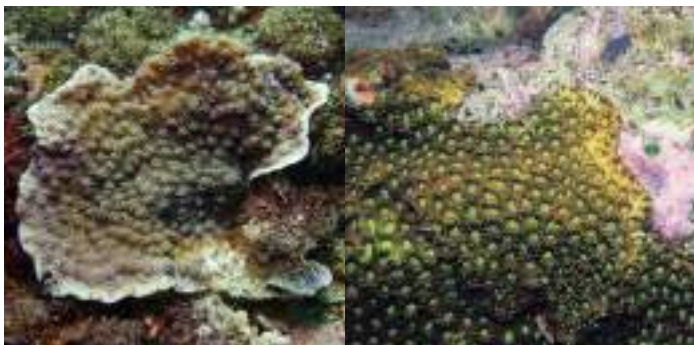


Figure 72 : A gauche : *Echinopora gemmacea* ; Au centre : *Favia pentagona* (© Biotope, 2021)

3 Etat initial de l'environnement



Figure 73 : Individu de *Eucidaris metularia* observé de jour dissimulé dans une anfractuosité. © Biotope, 2021.



Figure 74 : Individu de *Carpilius convexus* observé de nuit. © Biotope, 2021.

3 Etat initial de l'environnement



Figure 75 : Individu de *Tridacna* sp. © Biotope, 2021.

Le bassin de Grande Anse permet donc le développement d'une biodiversité variée et remarquable. Un des intérêts majeurs de ce bassin réside dans la présence et le développement d'une diversité remarquables de coraux, représentée par 15 cnidaires remarquables (plus de la moitié des espèces remarquables recensées dans ce bassin).

4.3.3 Les peuplements ichthyologiques

Pour les poissons, il convient de distinguer deux grands types de peuplement, liés à l'habitat d'espèce, à savoir **le platier et la pente externe**. Ces deux habitats présentent des caractéristiques différentes pour l'accueil et le développement de la faune ichthyologique. Le platier correspond davantage à un habitat de faible profondeur (< 1.5m), dans lequel se développe des formations coralliennes de manière localisée, en particulier dans la zone protégée du bassin de baignade. Cet habitat accueille notamment des espèces assez typiques des récifs coralliens, bien que les zones plus battues (platier interne exposé) limitent le développement d'un cortège plus diversifié. La pente externe se caractérise par des formations coralliennes se développant en éperons-sillons. Cela offre ainsi des habitats différents dans des profondeurs comprises entre 7 et 15m de profondeur.

Le platier et bassin de baignade

Comme cela est précisé dans la description des habitats et des peuplements benthiques, le platier interne est donc constitué d'une dalle basaltique compacte, soumise à un régime hydrodynamique marqué, accueillant localement un développement corallien. Il est à noter l'existence d'un bassin de baignade, qui offre donc des habitats moins exposés à la houle, avec donc des peuplements plus diversifiés.

Nota : Pour information, au vu des conditions difficiles de travail sur le platier interne (zone ouverte exposée aux vagues et au risque requin -intervention en palme/masque/tuba-), seul le bassin de baignade a pu faire l'objet d'une expertise approfondie.

3 Etat initial de l'environnement

Richesse et abondance

Dans le bassin de baignade, les inventaires mettent en évidence une richesse spécifique de 141 espèces pour un total de 31 familles (Biotope, 2018 & 2021 ; Vie Océane, 2021), ce qui reflète les peuplements pouvant se développer au niveau d'un platier interne protégé.

Il ressort une moyenne de 25 espèces par transect, ce qui est assez proche des résultats obtenus pour des habitats côtiers de ce type. L'abondance relative est de 121 ind./m², constituant aussi un indicateur proche des peuplements des formations côtières.

En se référant à d'autres données de référence (cf. Tableau 17), il ressort que le peuplement présent au niveau du bassin de baignade (platier interne) est assez proche des peuplements se développant dans les habitats côtiers avec formations coralliennes. Cela permet de montrer que ce peuplement est riche et typique des formations côtières avec colonies coralliennes, mais moins fourni que certains récifs coralliens de l'Ouest de La Réunion.

Tableau 17 : Tableau de synthèse d'indicateurs de référence sur la structuration des peuplements sur d'autres sites de La Réunion

	Grand Anse (Biotope, 2018)		St Leu Kelonia (Biotope, 2017 / Arvam, 2011)		St Leu Varangue (Arvam 2013)	Saint Pierre (Biotope, 2014)		Saint-Denis (Biotope, 2016)
	PI*	PE**	PI*	PE**	Platier	Pic Diable	Rav. Cabri	Pointe Gouffre
Richesse spécifique	44	52	24(2011) 18(2017)	31(2011) 32(2017)	22	57	49	81
Abondance (ind./m²)	121	141	108(2011) 53(2017)	170(2011) 92(2017)	315	67	55	150
Famille	16	11	8	13	nc	19	18	26

*Platier interne / ** Platier externe



Figure 76 : Habitat étudié dans le bassin de baignade avec peuplement ichtyologique associé (© Biotope, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

Représentativité des familles et structuration trophique

La représentativité des familles (Figure 77) montre une dominance des espèces omnivores et carnivores (consommant de petits invertébrés), telles que les labres (Labridae), les poissons demoiselles (Pomacentridae) soit respectivement 11 et 10 espèces (47 % de l'ensemble des espèces recensées au niveau du platier). A un degré moindre, les poissons papillon (Chaetodontidae) et les mullets (Mullidae) ne représentent que 6 familles à eux deux. Les herbivores sont notamment représentés par les poissons chirurgiens (Acanthuridae) avec seulement 5 espèces. Enfin, parmi les carnivores et prédateurs de poissons, les Serranidae sont faiblement présents avec seulement 2 espèces recensées. Cette répartition des familles est assez typique des formations coralliennes au niveau des habitats côtiers, largement dominés par ces familles.

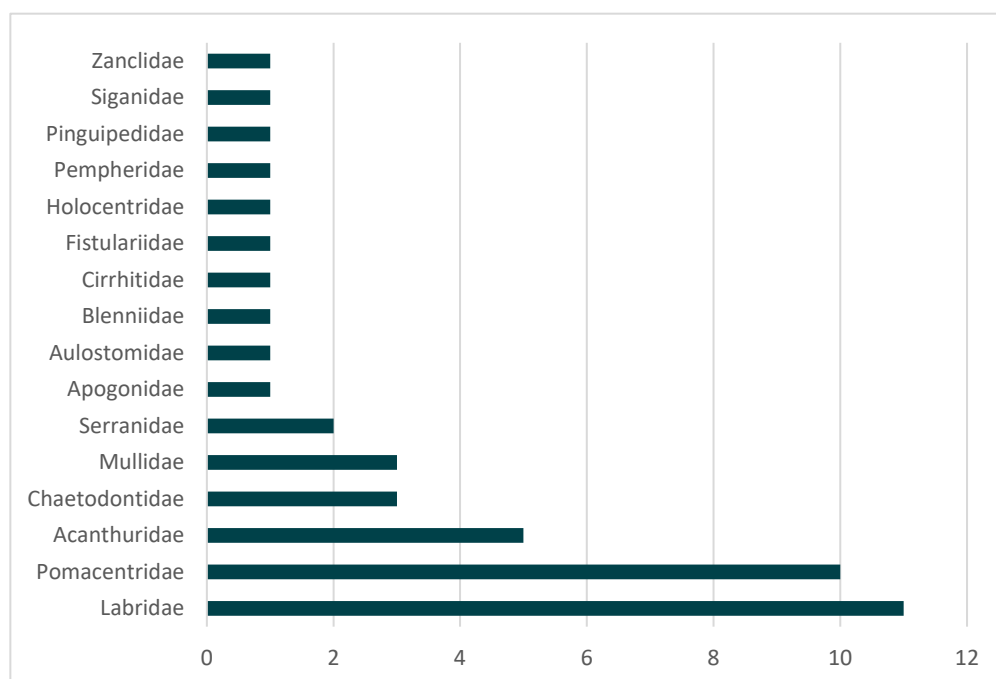


Figure 77 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage

En considérant la structuration trophique du peuplement, les carnivores (mangeurs de petits invertébrés) représentent environ 30 % du peuplement, et les omnivores environ 41 %. Pour les carnivores au sens large, cela correspond donc à 71 % du peuplement, alors que les herbivores couvrent 29 % du peuplement (cf. figure ci-dessous). Ce ratio correspond à une structure trophique typique de peuplements coralliens en bonne santé (Harmelin-Vivien, 1979), avec une forte proportion de carnivores (généralement entre 60 et 80 % dans un milieu équilibré).

3 Etat initial de l'environnement

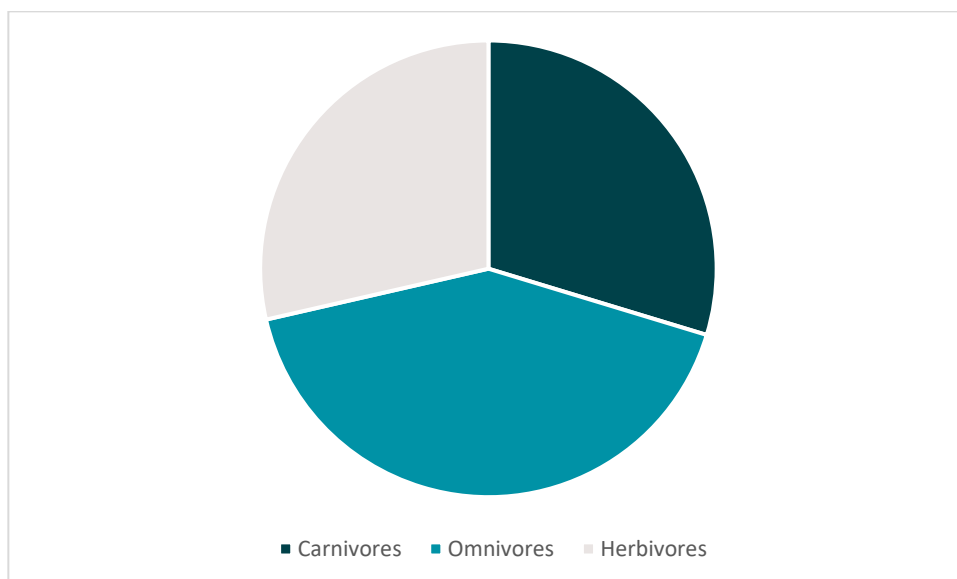


Figure 78 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)

Enfin, pour les espèces courantes, il s'agit des notamment des poissons demoiselles (pomacentridae) avec *Stegastes limbatus*, *Plectroglyphidodon phoenixensis*, *Plectroglyphidodon dickii* ou *Stegastes nigricans* dont certaines territoriales (cas des *Stegastes*). A un degré moindre, il apparaît également les labres (*Stethojulis albobittata*), les poissons papillons (*Chaetodon vagabundus*) ou les mulets (*Parupeneus trifasciatus*). Enfin, il est à signaler la présence d'espèces plus grégaires comme *Acanthurus triostegus*.

La pente externe

La pente externe est donc constituée d'éperons-sillons alternant avec des plateaux coralliens, dont le recouvrement est supérieur à 30%. Cet habitat est favorable aux poissons, dont les différentes niches permettent leur développement.

Richesse et abondance

Pour la pente externe, la richesse spécifique est donc de 52 espèces pour un total de 11 familles, ce qui reflète les peuplements d'habitats côtiers, mais reflétant un cortège à priori appauvri. Il ressort une moyenne de 20 espèces par transect, ce qui est assez proche des résultats obtenus pour des habitats côtiers de ce type. L'abondance relative est de 141 ind./m², constituant aussi un indicateur proche des peuplements des formations côtières (étant également supérieur à l'abondance relative enregistrée au niveau du platier interne).

En se référant à d'autres données de référence (cf. Tableau 17), ce peuplement présente les caractéristiques similaires à d'autres formations côtières avec récifs coralliens. Cette pente externe permet donc le développement d'un peuplement typique de ces habitats.

3 Etat initial de l'environnement



Figure 79 : Habitat d'espèce de la pente externe avec peuplement ichthyologique associé (© Biotope, 2018)

Représentativité des familles et structuration trophique

A l'instar du platier interne, pour la pente externe, la représentativité des familles (Figure 80) suit globalement la même distribution avec une dominance des espèces omnivores et carnivores (consommant de petits invertébrés), telles que les labres (Labridae), les poissons demoiselles (Pomacentridae) et les poissons papillon (Chaetodontidae), soit respectivement 12, 8 et 7 espèces (52 % de l'ensemble des espèces recensées au niveau de la pente externe). Il est à noter que les poissons papillons sont un peu plus présent que sur le platier. C'est le cas également des herbivores (poissons chirurgiens - Acanthuridae) avec 8 espèces. Les autres familles sont moins représentées, avec 3 espèces maximum par famille. Les prédateurs sont très peu nombreux, témoignant d'une pêche sur la zone. Cette structuration témoigne donc d'un peuplement typique des récifs coralliens, mais appauvri.

3 Etat initial de l'environnement

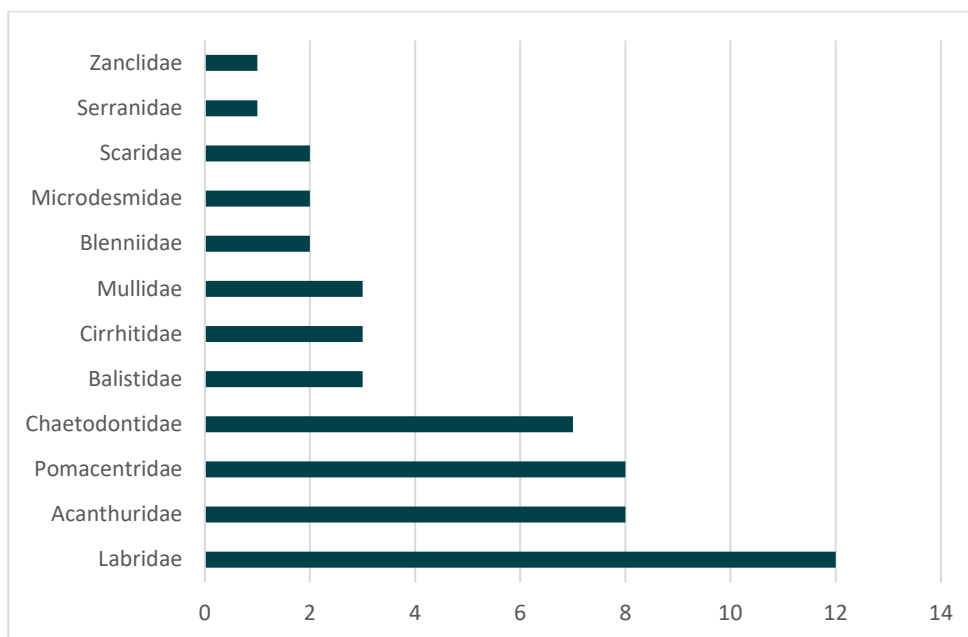


Figure 80 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage

En considérant la structuration trophique du peuplement, les carnivores (mangeurs de petits invertébrés) représentent environ 60 % du peuplement (intégrant une petite espèce grégaire : *Chromis nigrura*) et les omnivores environ 23 %. Pour les carnivores au sens large, cela correspond donc à 83 % du peuplement, alors que les herbivores ne couvrent que 17 % du peuplement (cf. figure ci-dessous). Ce ratio sort des références connues pour les structures trophiques typiques des peuplements coralliens en bonne santé où la proportion des carnivores est comprises entre 60 et 80 %. Toutefois, il est à noter que si on considère le nombre d'espèce par régime alimentaire, les herbivores couvrent 21 % des espèces.

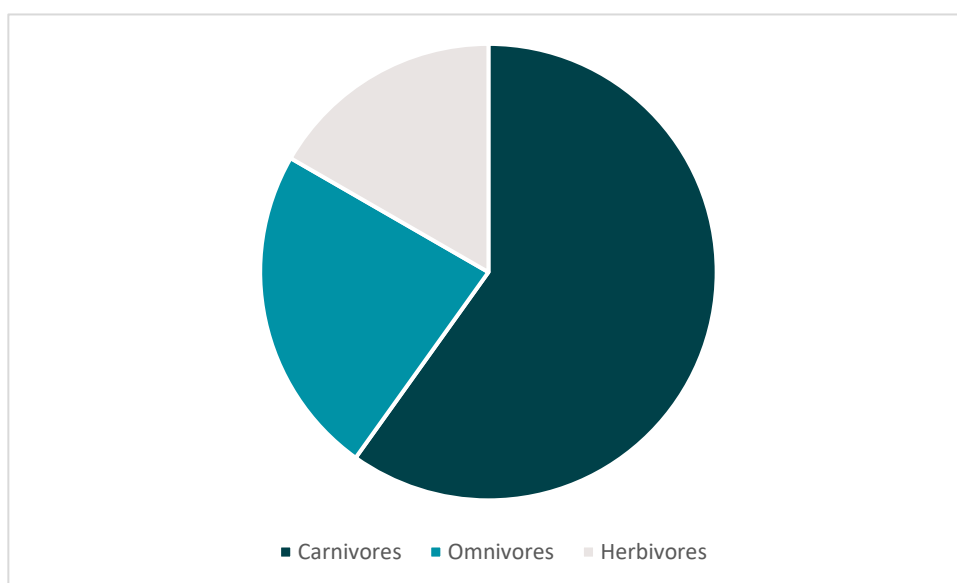


Figure 81 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)

3 Etat initial de l'environnement

Enfin, pour les espèces courantes, il est à noter la présence d'une espèce grégaire de demoiselle (pomacentridae), qui domine très largement le peuplement : *Chromis nigrura*. Parmi les autres espèces largement représentées, il y a d'autres pomacentridae (*Plectroglyphidodon dickii*, *Plectroglyphidodon imparipennis*) et des labres comme *Thalassoma amblycephalum*. Suivant les typologies d'habitats coralliens (et leur état de conservation), il s'agit d'espèces qui se retrouve de manière habituelle dans ces peuplements. Il est à noter la faible présence des prédateurs de poissons, témoignant d'une pression de pêche.

Synthèse des enjeux et espèces remarquables

Pour l'évaluation patrimoniale des espèces de poissons, différents critères sont considérés tels que :

- Son endémicité ou la distribution de l'espèce,
- Le niveau de menace (Liste rouge mondiale UICN, ou locale : Fricke & al., 2009),
- Le caractère déterminant ZNIEFF (DEAL Réunion, 2018).

Le croisement de l'ensemble de ces informations permet ainsi de dégager les espèces remarquables.

Pour les poissons d'intérêt commerciaux, il s'agit de prendre en compte les familles de poissons présentant un intérêt pour la pêche. Les familles suivantes sont en général considérées : Serranidae, Lutjanidae, Haemulidae, Lethrinidae, Mullidae, Labridae (« grosses » espèces), Scaridae, Acanthuridae (chirurgiens, Naso), Siganidae.

Au total, **20 espèces remarquables** (Tableau 18) soit 14% des espèces recensées au niveau du platier interne et de la pente externe (10 pour le platier, 14 au niveau de la pente externe). Parmi ces espèces remarquables, il est possible de distinguer :

- 5 espèces en danger critique,
- 9 espèces en danger,
- 5 espèces vulnérables,
- 1 espèce quasi-menacée.

Il est à noter qu'une espèce présente une distribution limitée au sud-ouest de l'océan Indien, et présente le statut de Déterminante ZNIEFF : le Chirurgien à barres noires (*Acanthurus polyzona*).

3 Etat initial de l'environnement

Tableau 18 : Tableau de synthèse des espèces remarquables pour la zone d'étude

FAMILLE	NOM (Genres – Espèces)	Red List Réunion (Fricke & al., 2009) ZNIEFF Réunion (2018)	Intérêt commercial	PRESENCE ZONE D'ETUDE	
				Platier	Pente externe
Cirrhitidae	<i>Paracirrhites forsteri</i> (Schneider in Bloch & Schneider, 1801)	CR			x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon guttatissimus</i> Bennett, 1833	CR			x
Cirrhitidae	<i>Paracirrhites arcatus</i> (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1829)	CR		x	x
Cirrhitidae	<i>Cirrhitoops fasciatus</i> (Bennett, 1828)	CR			x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon meyeri</i> Schneider in Bloch & Schneider, 1801	CR			x
Syngnathidae	<i>Hippocampus jayakari</i>	EN / DET-Znieff		x	
Labridae	<i>Thalassoma hardwicke</i> (Bennett, 1830)	EN		x	x
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon dickii</i> (Liénard, 1839)	EN		x	x
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon imparipennis</i> (Sauvage in Vaillant & Sauvage, 1875)	EN			x
Blenniidae	<i>Ecsenius lineatus</i> Klausewitz, 1962	EN			x
Acanthuridae	<i>Zebrasoma scopas</i> (Cuvier, 1829)	EN		x	x
Blenniidae	<i>Exallias brevis</i> (Kner, 1868)	EN		x	
Labridae	<i>Gomphosus caeruleus</i> Lacepède, 1801	EN		x	
Labridae	<i>Cheilinus trilobatus</i> Lacepède, 1801	EN		x	
Pomacentridae	<i>Chromis nigrura</i> Smith, 1960	VU			x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon auriga</i> Forsskål in Niebuhr, 1775	VU			x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon kleinii</i> Bloch, 1790	VU			x
Chaetodontidae	<i>Heniochus acuminatus</i> (Linnaeus, 1758)	VU		x	x
Chaetodontidae	<i>Chaetodon vagabundus</i> Linnaeus, 1758	VU		x	
Acanthuridae	<i>Acanthurus polyzona</i> (Bleeker, 1868)	NT / DET-Znieff		x	

Pour les **poissons d'intérêt commercial**, il ressort 28 espèces (soit 19 % des espèces totales inventoriées). Elles se répartissent suivant 11 espèces d'Acanthuridae, 3 espèces d'Holocentridae, 8 espèces de Mullidae, 3 espèces de Scaridae, 2 espèces de Serranidae, 1 espèce de Siganidae. Il ressort la (quasi) absence de certaines familles (et espèces) telles que les Lutjanidae, Haemulidae, Lethrinidae. Cela témoigne notamment d'une certaine pression de pêche sur la zone, notamment au niveau de la pente externe.

4.3.4 Bioévaluation

L'études des communautés benthiques et ichtyologiques dans la zone d'étude permet d'évaluer des niveaux de sensibilités écologiques plus ou moins forts, basés sur divers critères. Trois niveaux de sensibilité peuvent ainsi être déterminés :

- **Enjeu fort** : peuplement où le développement corallien est important (>30%) et où la diversité générique et la qualité des eaux est bonne voir très bonne. Ces zones peuvent être soumises selon les conditions climatiques à des dégradations de la qualité des eaux (percolations d'eau douce, ruissellement des ravines...). Le front récifal et les passes/fausses-passes sont intégrées à cette sensibilité écologique forte du fait de leur rôle essentiel pour la plateforme corallienne de Grande Anse (protection contre la houle,

3 Etat initial de l'environnement

limitation de l'érosion de la plage, renouvellement de la masse d'eau via les passes, etc.).

- **Enjeu moyen** : peuplement où le développement corallien est moyen (10 à 30%), présentant une diversité générique moyenne. La qualité de l'eau reste bonne, et potentiellement plus soumise à l'hydrodynamisme et à la dégradation de sa qualité. Les peuplements coralliens sont caractéristiques de ces zones plus soumises à l'hydrodynamisme (coraux massifs, Millepores, faible proportion d'Acropora...).
- **Enjeu faible** : peuplement où le développement corallien est faible (<10 %). Le milieu est fortement soumis à l'hydrodynamisme, et/ou des facteurs de dégradation des habitats (fréquentation, pollution, type de substrat -galets instables-). De ce fait, les forces mécaniques et les particules en suspension sont plus présentes et contraignent le développement corallien. Ces zones correspondent à des zones d'arrière-récifs notamment.

D'après cette approche, en se basant sur l'ensemble des données collectées, il est donc possible de réaliser une évaluation du patrimoine naturel (Tableau 19). Il en ressort également une cartographie des enjeux écologiques dans la zone d'influence du projet (Figure 82). Pour cette zone d'étude, il ressort donc certains habitats et secteurs présentant des enjeux forts et une certaine sensibilité vis-à-vis de ce projet côtier. Cela concerne en particulier la plateforme récifale de Grande Anse (étant également définie comme zone sensible au titre des ZNIEFF de type I et II).

Tableau 19 : Description des différents habitats et communautés et critères pour définir leur enjeu écologique.

Peuplements	Secteur	Habitats/Facies	Description	Enjeu écologique
Habitats et communautés benthiques et ichthyologiques	Pente externe	Éperons-sillons	Couverture corallienne > 25%, dominance de non-acropores, 13 espèces déterminantes (données ZNIEFF). La couverture corallienne diminue avec la profondeur Habitat déterminant ZNIEFF	Fort (< 15m)
	Platier interne	Platier a éléments dispersés à recouvrement corallien fort	Protection vis-à-vis de la houle : développement corallien important (> 30%),	Fort
		Platier a éléments dispersés à recouvrement corallien moyen	Protection moins importante vis-à-vis de la houle : développement corallien modéré (< 10%) sur le reste du platier	Moyen
	Bassin de baignade	Blocs basaltiques et dalle à recouvrement corallien fort	Protection vis-à-vis de la houle : développement corallien important (> 25%). Nombreux Acropores notamment et autres coraux dont certains ZNIEFF et UICN Densité importante d'oursins (>1 indivu/m ² ; Diadema savigny)	Fort
		Blocs basaltiques et dalle à recouvrement corallien moyen à faible	Protection vis-à-vis de la houle : développement corallien moyen (< 25%), fréquentation anthropique plus importante. Nombreux Porites. Densité importante d'oursins (>1 indivu/m ² ; Diadema savigny)	Fort
		Sédiments coralliens	Absence de recouvrement corallien, quelques blocs colonisés sur le reste du bassin sauf zones à galets	Faible

3 Etat initial de l'environnement

Peuplements	Secteur	Habitats/Facies	Description	Enjeu écologique
		Ouvrage de protection	Blocs colonisés de façon plus ou moins importante, couverture et diversité corallienne moyenne	Faible à Moyen
		Fonds à galets peu profonds	Aucune colonie en développement sur ce facies	Faible

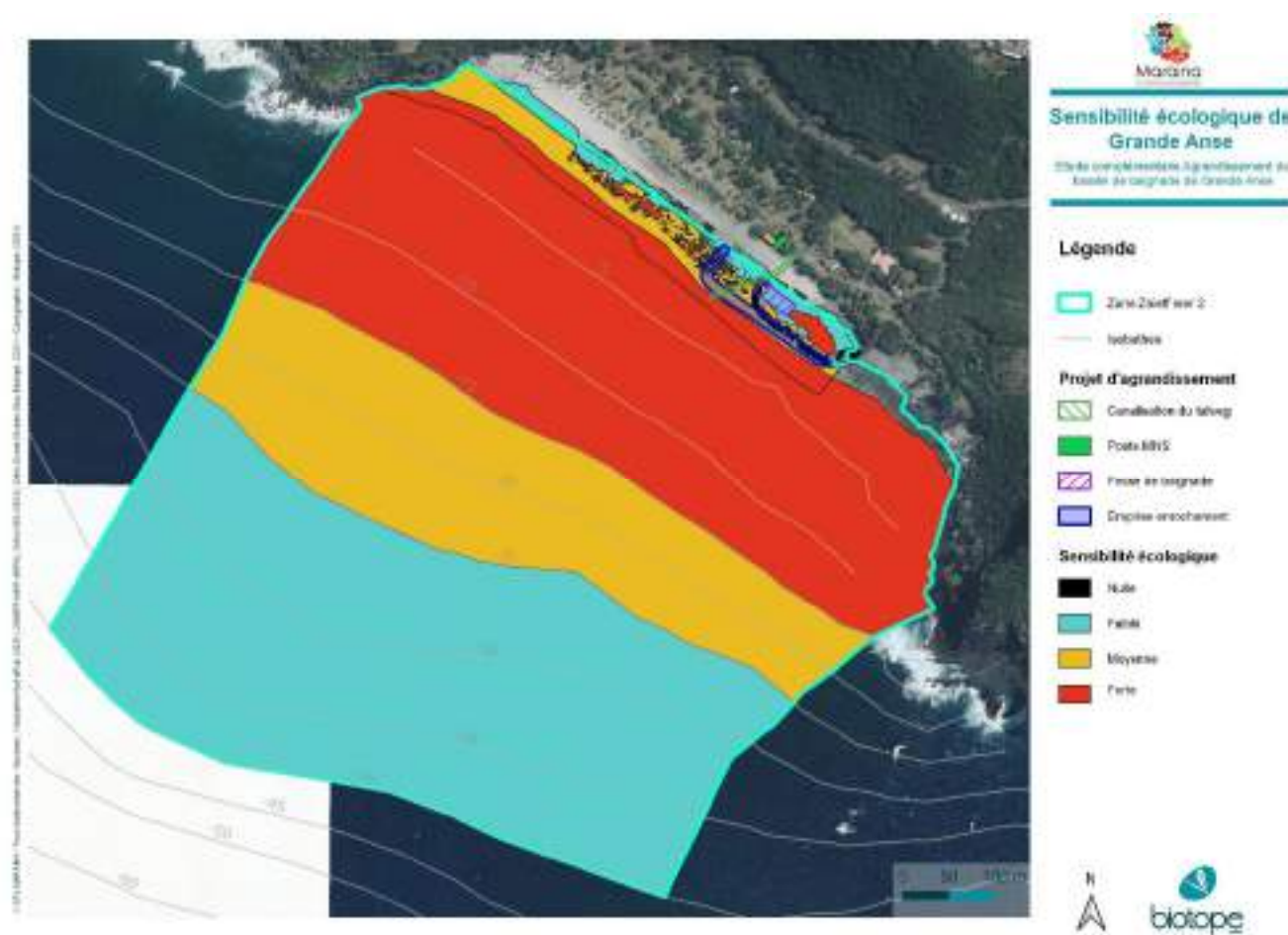


Figure 82 : Cartographie des enjeux pour le milieu marin dans le cadre de ce projet (Biotope, 2021)

3 Etat initial de l'environnement

4.4 Mégafaune marine

4.4.1 Les mammifères marins

Un total de vingt et une espèces de cétacés est recensé à ce jour à la Réunion., dont cinq espèces sont fréquemment observées dans la bande côtière et représentent donc des enjeux importants :

- Le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (*Tursiops aduncus*)
- Le Grand dauphin commun (*Tursiops truncatus*)
- Le Dauphin long bec (*Stenella longirostris*)
- Le Dauphin tacheté Pantropical (*Stenella attenuata*)
- La Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) (présence uniquement durant l'hiver austral)

D'après Cottarel et al. 2018, deux espèces apparaissent plus côtières et donc plus sensibles aux aménagements littoraux et activités humaine:

- le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique, considéré comme menacé localement (« en danger » selon la liste rouge UICN à La Réunion), car il présente notamment un habitat côtier restreint situé dans des profondeurs inférieures à 100 mètres, avec une petite population sédentaire et côtière d'environ 70 individus).
- la Baleine à bosse considérée comme menacée dans les eaux côtières de La Réunion en période de reproduction (hiver austral), avec un statut local jugé comme « Vulnérable » (liste UICN).

Dans la zone d'étude, en se référant aux données collectées entre 2008 et 2017, 6 espèces de cétacés ont été recensées (Globice, 2018 – cf. Tableau 20, Figure 83 ; Figure 84). Pour toutes ces espèces, un total de 68 observations a été réalisé dans la zone, représentant un nombre total minimum de 385 individus inventoriés sur une période de 10 ans. L'effort de prospection est constant dans la zone d'étude (Figure 85) et les observations sont majoritairement réalisées dans la bande bathymétrique 0-200 m (soit une distance de la côte d'environ 1,5 km). La zone d'étude reste une zone faiblement prospectée (effort de prospection > 200 km) du fait notamment des conditions maritimes fréquemment dégradées dans le sud de l'île, ce qui peut engendrer une sous-estimation de la fréquentation de cette zone par les cétacés. À titre de comparaison, la zone de Saint-Gilles-les-Bains (commune de Saint-Paul), pour une surface de prospection similaire, constitue le secteur le plus prospectée de l'île, avec un effort de prospection d'environ 40 000 km pour une durée similaire.

Tableau 20 : Synthèse des données collectées entre 2008 et 2017 pour les cétacés côtiers dans la zone d'étude (Globice 2018) [Nombre d'observations, nombre d'individus total et taille moyenne des groupes observés dans la zone d'étude]

	Nombre d'observation	Nombre d'individus total	Taille moyenne des groupes
Baleine à bosse <i>Megaptera novaeangliae</i>	50	101	2
Grand dauphin de l'Indo-	11	56	5,1

3 Etat initial de l'environnement

	Nombre d'observation	Nombre d'individus total	Taille moyenne des groupes
Pacifique <i>Tursiops aduncus</i>			
Grand dauphin commun <i>Tursiops truncatus</i>	3	128	42,7
Dauphin d'électre <i>Peponocephala electra</i>	2	Minimum 100	Minimum 50
Dauphin tacheté Panropical <i>Stenella attenuata</i>	1	NA	NA
Dauphin de Fraser <i>Lagenodelphis hosei</i>	1	NA	NA

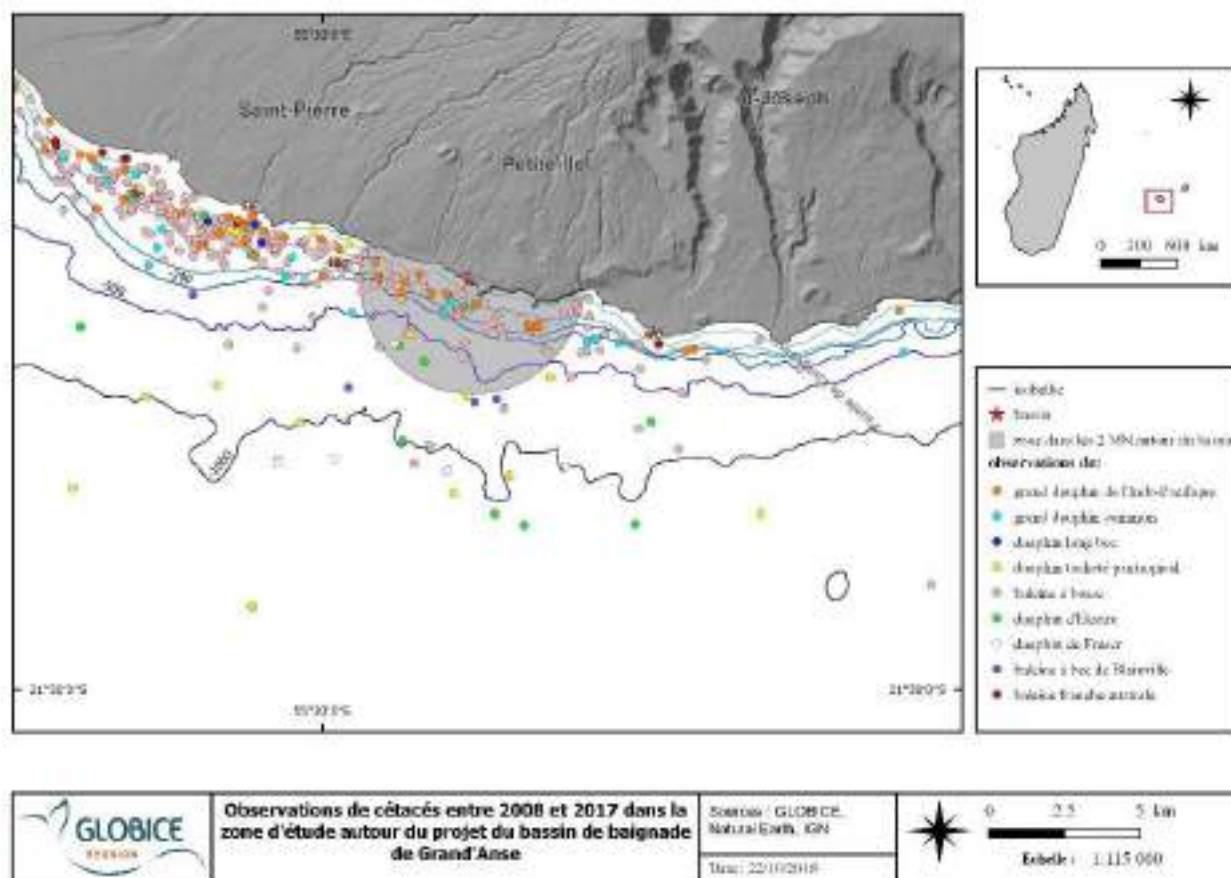


Figure 83 : Synthèse cartographique des observations de cétacés dans le Sud-Ouest de l'île entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

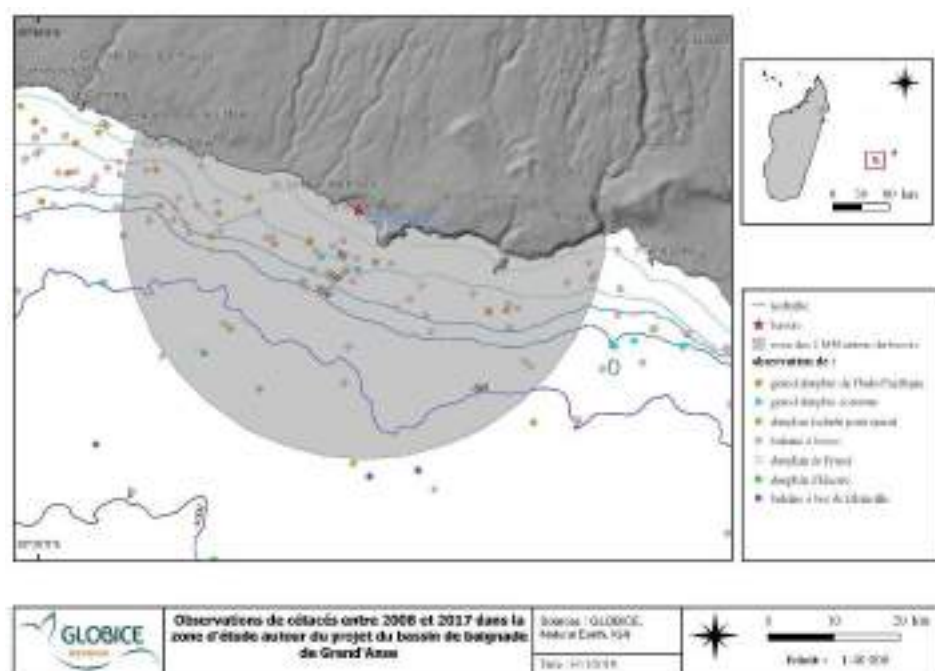


Figure 84 : Synthèse des observations de cétacés dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018).

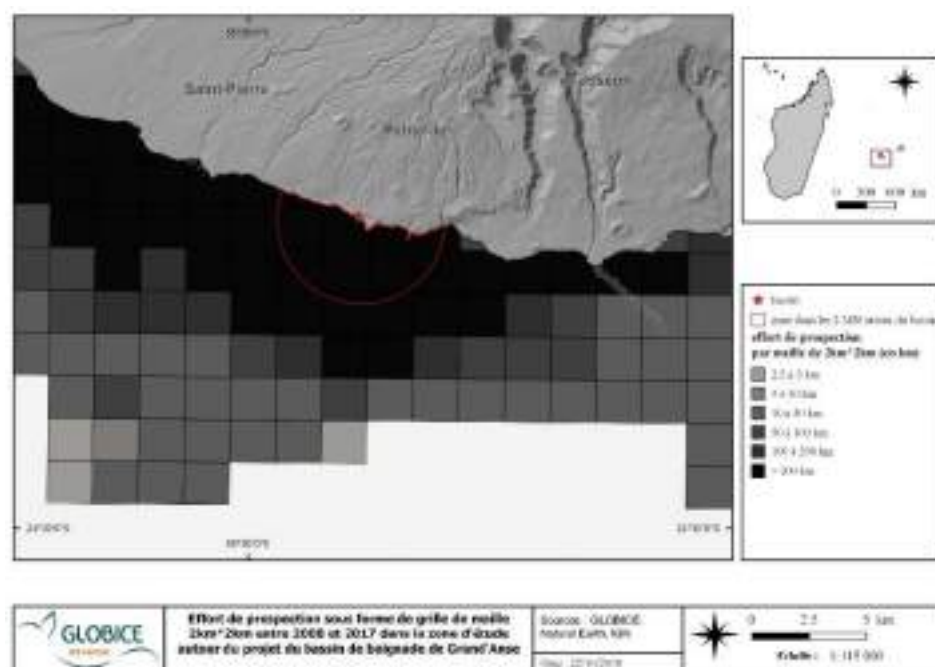


Figure 85 : Effort de prospection réalisé dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

La Baleine à bosse

D'après Cottarel et al. 2018, durant l'hiver austral, la Baleine à bosse est présente tout autour de l'île, avec une présence accrue dans l'Ouest et Sud de l'île de La Réunion. Il ressort également les individus fréquentent préférentiellement les eaux peu profondes (Dulau et al., 2008), les couples mères/baleineau préférant les eaux d'une profondeur avoisinant les 50 mètres. La bathymétrie de la zone d'étude correspond à cet habitat préférentiel durant la période de reproduction entre juin et novembre (50m – 100m). L'abondance relative est de 0 à 0,1 individus par kilomètre et la fréquence des observations est de 0 à 0,01 observation par kilomètre (Figure 87 et Figure 88). Bien que faibles, ces valeurs sont à corrélérer avec l'effort de prospection (faible à moyen). Ces informations permettent de confirmer la présence de la Baleine à bosse dans la zone d'étude en période de reproduction.

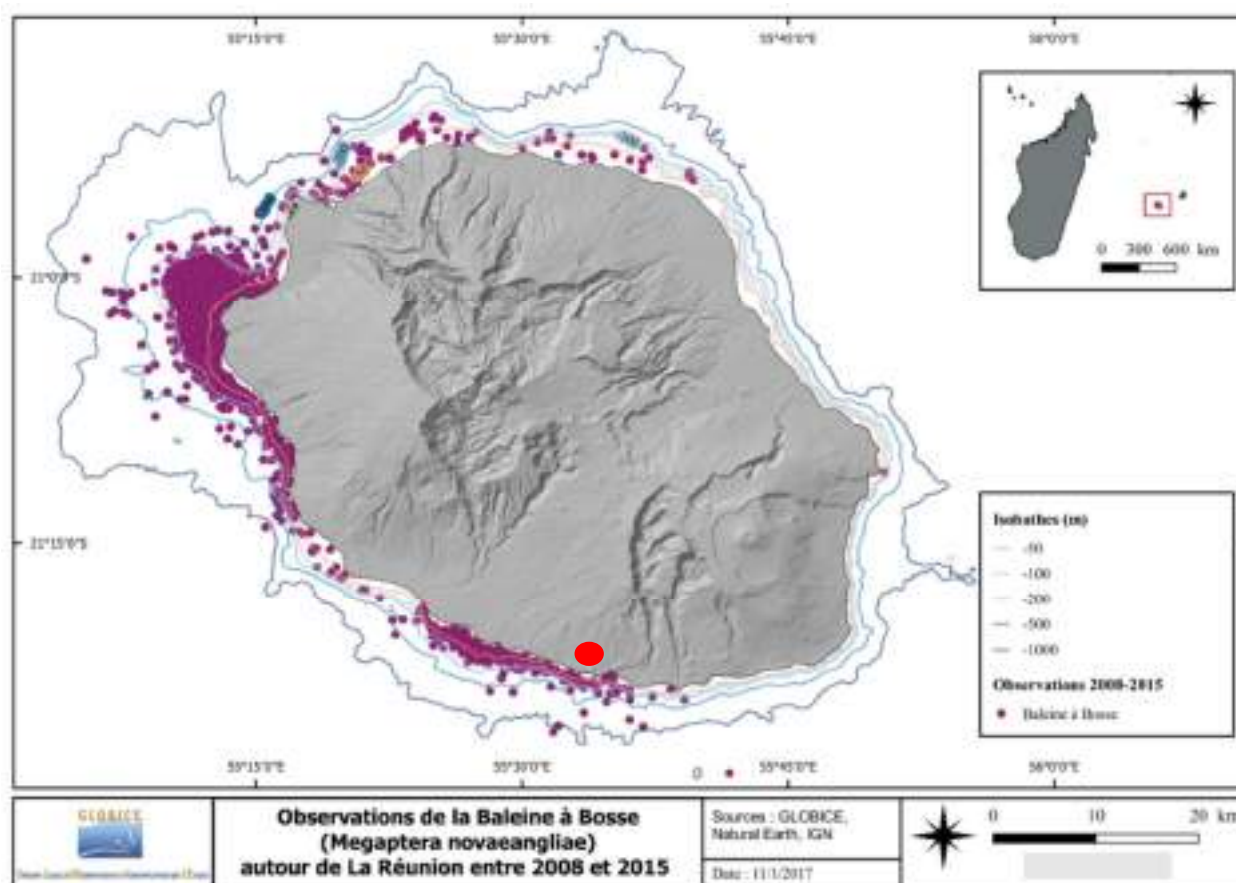


Figure 86 : Distribution des observations de Baleine à bosse autour de la Réunion entre 2008 et 2015
(Cottarel et al., 2018) [Point rouge : bassin de Grande Anse]

3 Etat initial de l'environnement

Maîtrise d'œuvre relative aux
travaux d'extension du bassin de
Grande Anse

Mai 2023

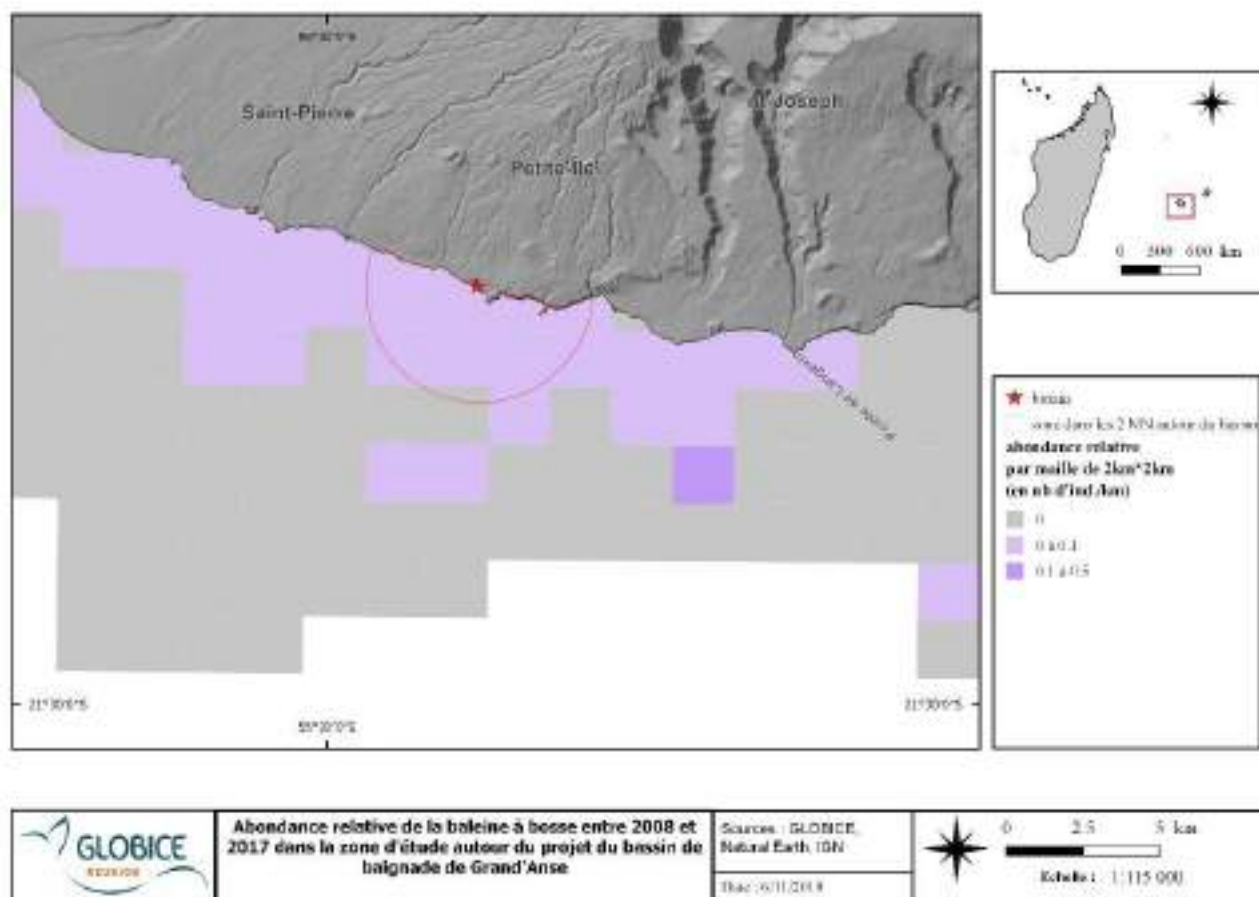


Figure 87 : Abondance relative de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

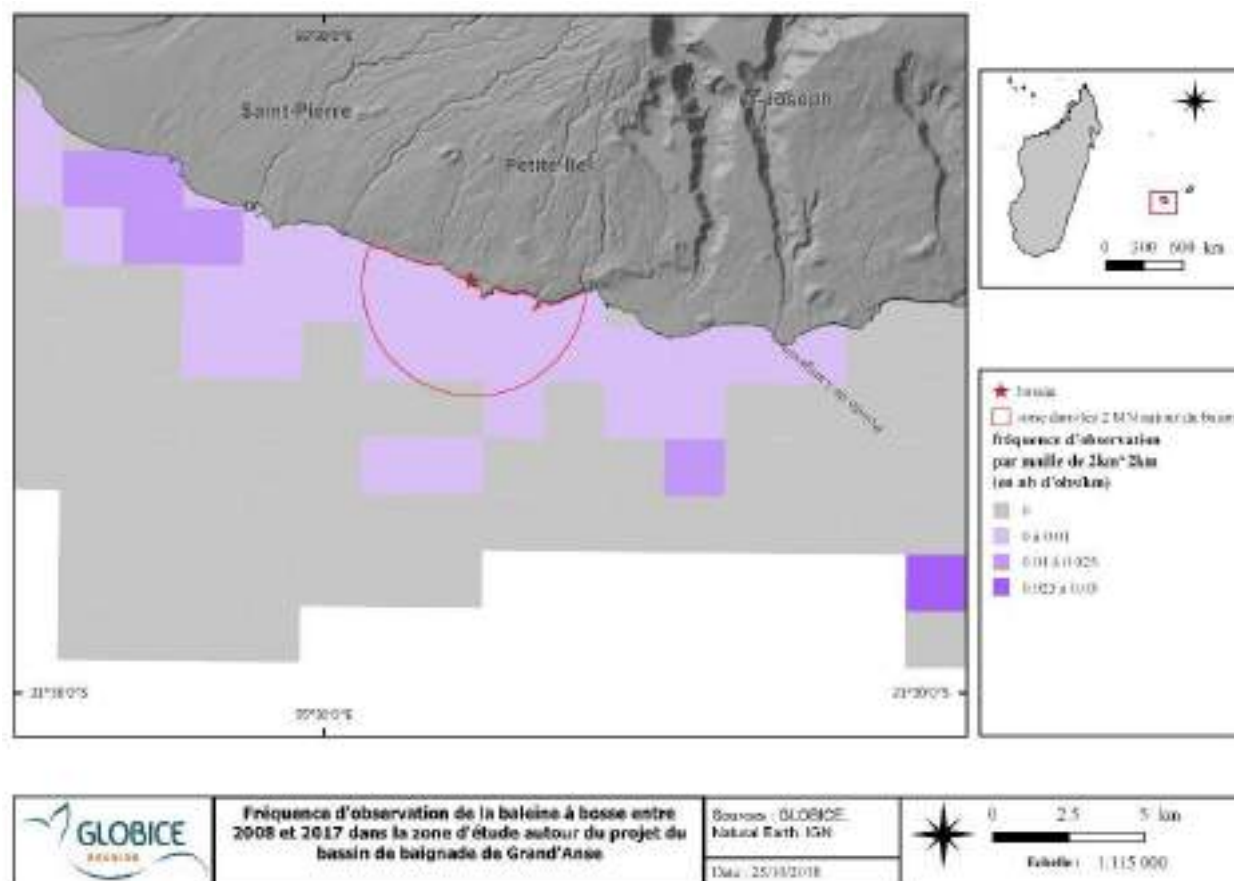


Figure 88 : Fréquence d'observation de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

Le Grand dauphin commun de l'Indo-Pacifique

D'après Cottarel et al. 2018, le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique est fréquemment observé tout au long de l'année à La Réunion sur l'ensemble du littoral (Figure 89). L'habitat de cette espèce constitue une bande côtière continue, pour des profondeurs comprises entre 4,7 et 75,8 m (Condet & Dulau, 2016). Cet habitat est très étroit et longe l'intégralité du périmètre côtier de l'île. La population locale est estimée à environ 70 individus (Dulau et al., 2017 in Cottarel et al. 2018).

La zone d'étude présente les caractéristiques propices à son habitat, bien que les modélisations de son habitat ne l'incluent pas (Figure 90). En effet, les fonds ne présentent pas strictement les caractéristiques préférentielles de cette espèce (préférentiellement des fonds de substrats meubles pour l'alimentation). La zone d'étude semble davantage s'apparenter à une zone de passage, correspondant à l'habitat préférentiel de l'espèce (bathymétrie inférieure à 100 mètres). L'abondance (Figure 91) et la fréquence d'observation (Figure 92) indique en effet que l'espèce fréquente au moins partiellement la zone. L'abondance relative est de 0 à 0,1 individus par kilomètre et la fréquence des observations est de 0 à 0,01 observation par kilomètre. Malgré des indicateurs faibles et un effort de prospection limité, le nombre d'observations totale sur 10 ans reste faible (n=11). A titre de comparaison, un habitat moyennement favorable présente des fréquences d'observations supérieures (entre 0,034 et 0,85 - Biotope, 2017). Ces informations permettent donc d'avérer la présence du Grand Dauphin de l'Indo-Pacifique dans la zone d'étude tout au long de l'année, fréquentant le secteur davantage en transit.

3 Etat initial de l'environnement

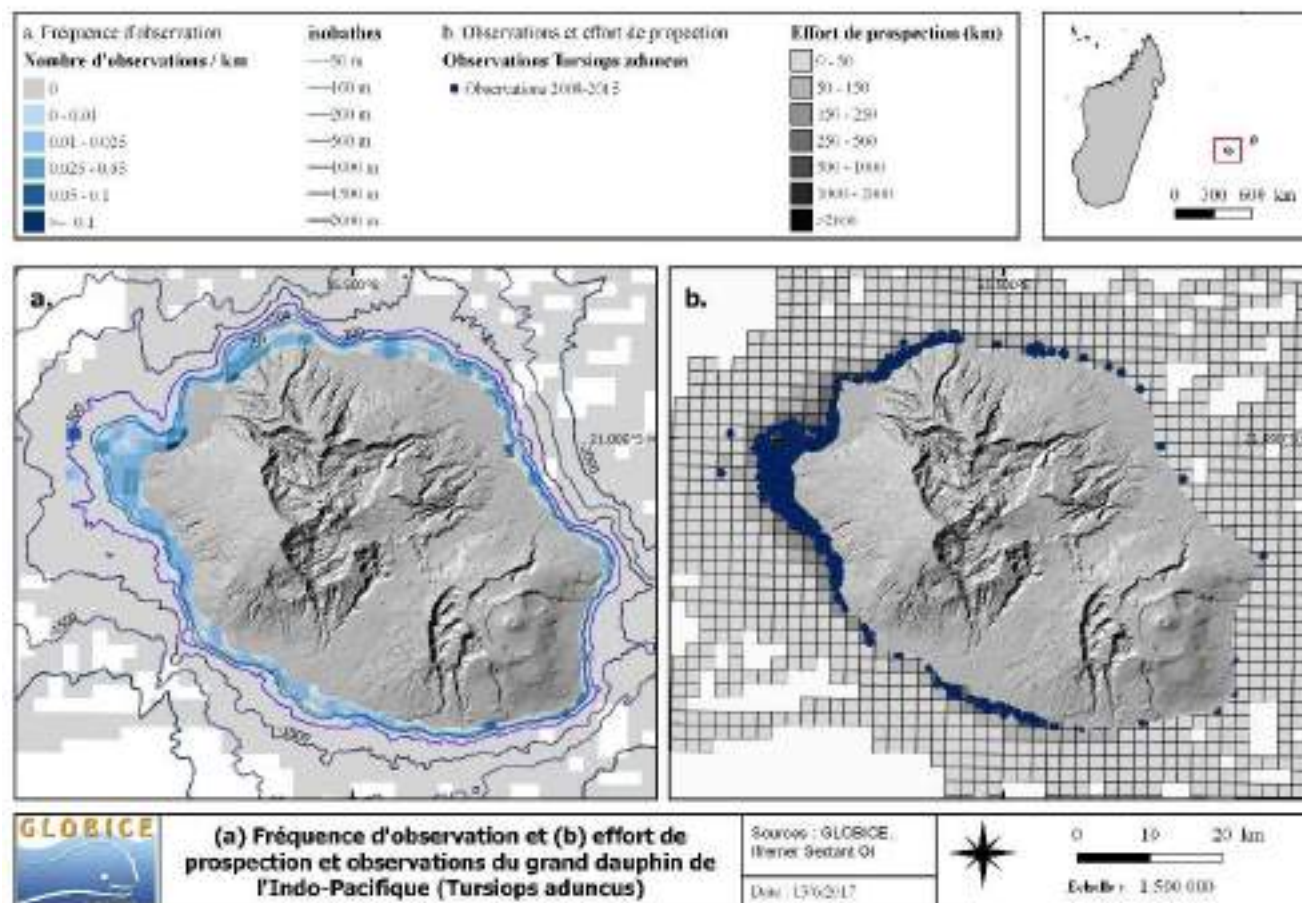


Figure 89 : Fréquence d'observation et observation du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2015. D'après Cottarel et al. 2018.

3 Etat initial de l'environnement

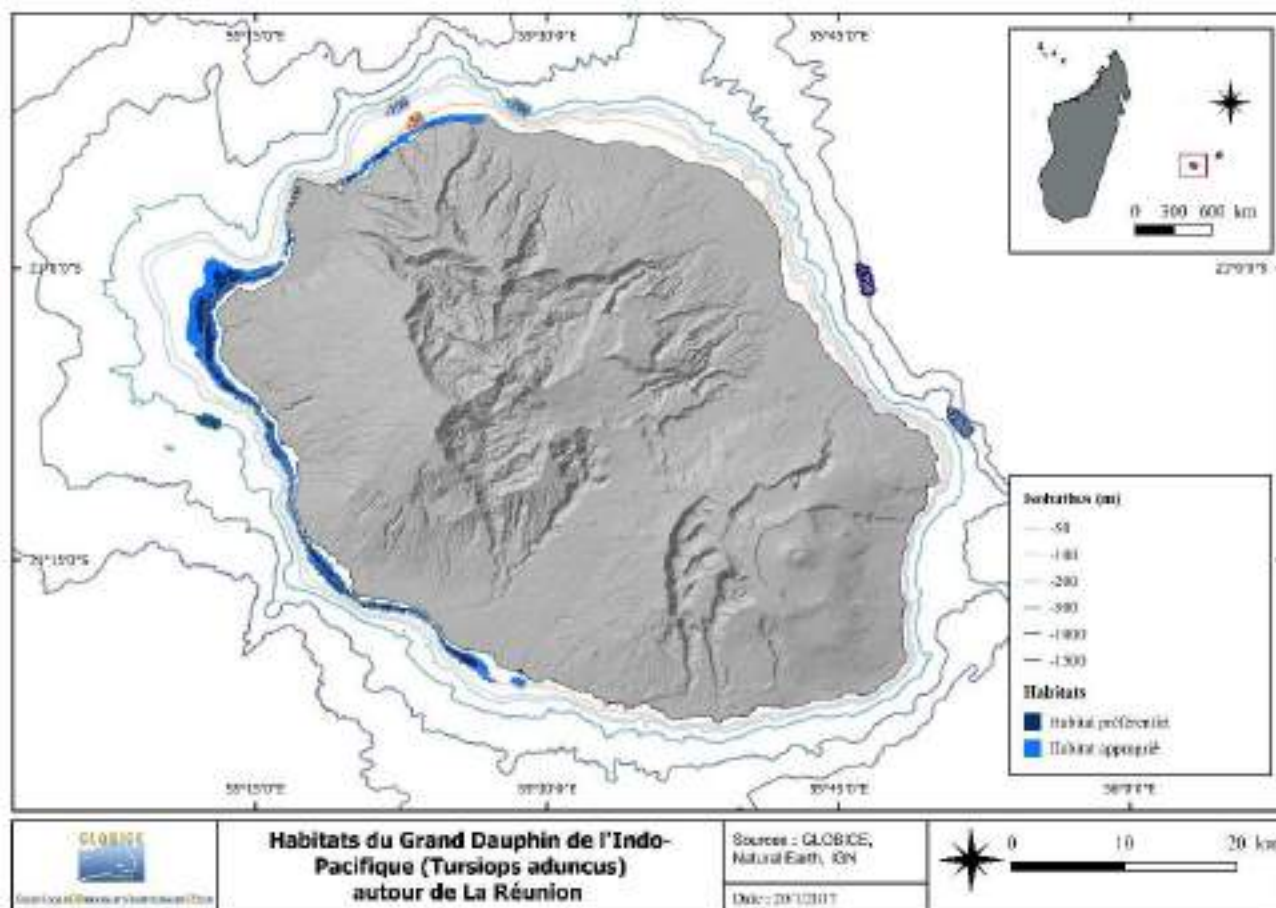


Figure 90 : Modélisation de l'habitat du Grand Dauphin de l'Indo-Pacifique à la Réunion. D'après Cottarel et al., 2018.

3 Etat initial de l'environnement

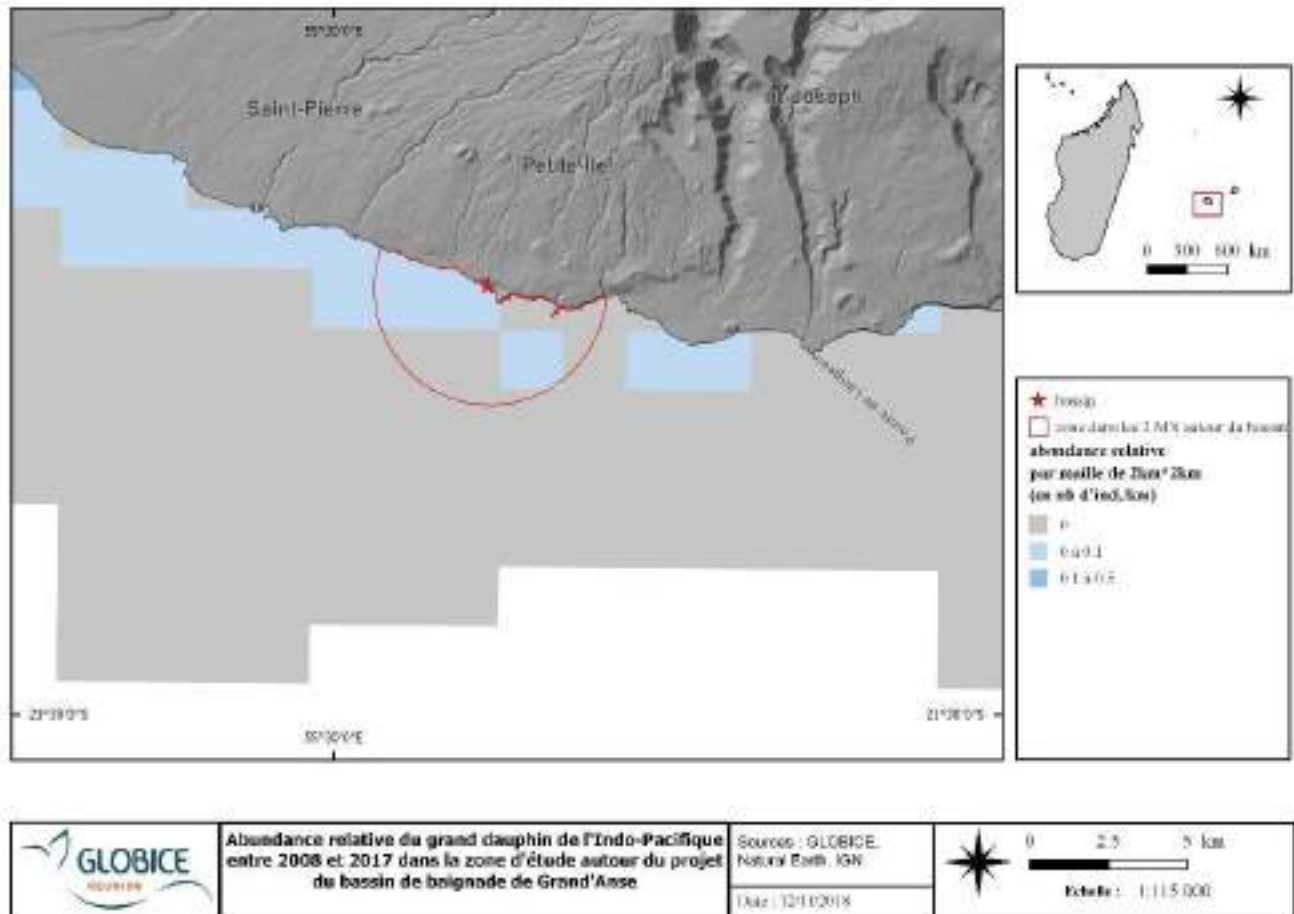
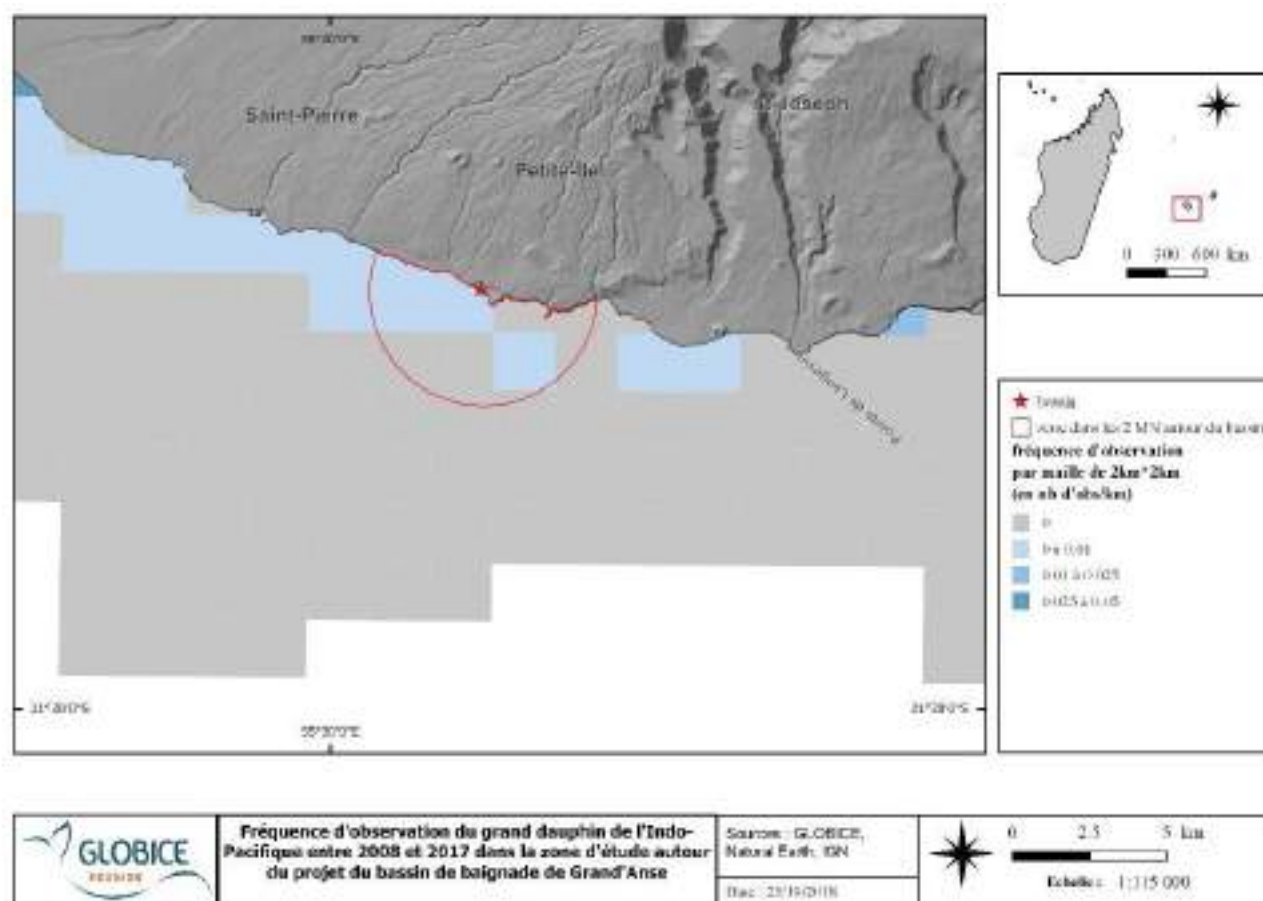


Figure 91 : Abondance relative du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

3 Etat initial de l'environnement



Autres espèces de cétacés

Dans la bande côtière, quatre autres espèces de cétacés ont été observés de manière plus occasionnelle sur les 10 dernières années :

- Le Grand dauphin commun (*Tursiops truncatus*)
- Le Dauphin long bec (*Stenella longirostris*)
- Le Dauphin tacheté Pantropical (*Stenella attenuata*)
- Le Dauphin d'Electre (*Peponocephala electra*)
- Le Dauphin de Fraser (*Lagenodelphis hosei*)⁴

⁴ La présence de cette espèce est rare, avec très peu de données collectées

3 Etat initial de l'environnement

Bioévaluation : synthèse des enjeux pour les mammifères marins

La zone d'étude est concernée par une fréquentation évaluée à moyenne par les cétacés côtiers, avec la présence de deux espèces principalement : la Baleine à bosse et le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (cf. Tableau 21). Pour la Baleine à bosse, sa présence est importante durant l'hiver austral, période de reproduction et de mise-bas des petits. Elle fréquente le sud de La Réunion, ce qui constitue un enjeu fort, et une sensibilité forte vis-à-vis du projet (emprise côtière acoustique). Le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique est un delphinidé sédentaire, fréquentant les eaux côtières de faible profondeur autour de La Réunion. Il fréquente davantage les habitats présentant un substrat meuble voire mixte, ce qui n'est pas nécessairement le cas de la zone d'étude dans la baie de Grande Anse. En transit dans ce secteur (passage et/ou alimentation), l'espèce présente donc un enjeu modéré et une sensibilité modérée vis-à-vis du projet. Pour les autres cétacés, les enjeux sont faibles.

Les enjeux écologiques sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 21 : Enjeux écologiques pour les mammifères marins recensés dans la zone d'étude

Espèce	Protection	Liste rouge IUCN (Réunion)	Statut et présence dans la zone d'étude	Enjeu écologique
Baleine à bosse <i>Megaptera novaeangliae</i>	Oui	Vulnérable	Présence variable, migratrice (présence entre juin et novembre) Habitat préférentiel : côtier (reproduction, juvénile) et large	FORT
Grand dauphin de l'Indo-Pacifique <i>Tursiops aduncus</i>	Oui	En danger	Espèce fréquente et sédentaire (principalement en transit) Habitat préférentiel : eaux côtières (<100 m de fond) Population peu importante (environ 70 individus)	MOYEN
Grand dauphin commun <i>Tursiops truncatus</i>	Oui	Données insuffisantes	Espèce fréquente, présente à l'année Habitat préférentiel : mixte (côtier et > 80m)	FAIBLE
Dauphin tacheté pantropical <i>Stenella attenuata</i>	Oui	Préoccupation mineure	Espèce fréquente, présente à l'année Habitat préférentiel : large (> 200m)	FAIBLE
Dauphins de Fraser <i>Lagenodelphis hosei</i>	Oui	Données insuffisantes	Présence occasionnelle dans la zone d'étude Habitat préférentiel : large	FAIBLE
Dauphin d'Electre <i>Peponocephala electra</i>	Oui	Données insuffisantes	Présence occasionnelle dans la zone d'étude Habitat préférentiel : large	FAIBLE

3 Etat initial de l'environnement

4.4.2 Les tortues marines

Au total, cinq espèces de tortues marines sont présentes dans le Sud-Ouest de l'océan Indien. A La Réunion, deux sont présentes tout au long de l'année sur les côtes de l'île : la Tortue verte (*Chelonia mydas*) et la Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*). Ces deux espèces semblent y trouver des sites d'alimentation et de développement favorables (Kelsonia, 2012). La Tortue verte s'alimente d'algues rouges et de phanérogames qu'elle trouve sur les habitats des littoraux rocheux et coralliens de l'île, alors que la Tortue imbriquée privilégie les coraux mous et éponges sur les récifs frangeants (Philippe et al., 2014). Il est à noter que ces espèces sont menacées à l'échelle mondiale, présentant des statuts de conservation défavorables : « en danger » pour la Tortue verte et en « danger d'extinction » pour la Tortue imbriquée (Liste rouge UICN).

À La Réunion, il semble exister une disparité concernant la fréquentation du littoral par les 2 espèces côtières, où la côte Ouest présente des habitats plus favorables aux besoins des tortues marines. Cependant, ces dernières années, il a été montré une augmentation de la population de tortues marines fréquentant les eaux côtières de la Réunion (Tableau 22), ce qui peut amener à coloniser de nouveaux habitats (Kelsonia, 2012, Philippe et al., 2014). La tortue verte est la seule connue pour se reproduire sur les plages de La Réunion avec en moyenne 1 femelle par an (Kelsonia, 2012, Ciccione & Bourjea, 2006).

Tableau 22 : Évolution des effectifs des tortues marines s'alimentant à la Réunion. D'après Philippe et al. 2014.

Espèce	Effectifs actuels	localisation	stade	Évolution du XVII ^e au XIX ^e siècles	Évolution au cours du XX ^e siècle	Évolution depuis 2000
<i>Chelonia mydas</i>	Faible/résiduel	Zone littorale	Grands juvéniles (40 cm) à adultes	Très forte diminution	Diminution	Augmentation
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Faible	Zone Littorale	Grands juvéniles (40 cm) à adultes	Inconnu	Diminution	Légère augmentation
<i>Caretta caretta</i>	Inconnu	Au large	Sub-adultes	Inconnu	Inconnu	Inconnu
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Inconnu	Au large	Sub-adultes	Inconnu	Inconnu	Inconnu
<i>Geomochelys zanirova</i>	Inconnu	Au large	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu



Figure 93 : Tortue verte (à gauche) et Tortue imbriquée (à droite). © J.S. Philippe, Biotope.

Concernant la zone d'étude, il semble que la zone soit fréquentée par la tortue verte et potentiellement par la tortue imbriquée (Figure 94). Les observations de tortues restent peu nombreuses mais récurrentes notamment sur la zone rocheuse au niveau de piton Grande Anse (com. pers.).

3 Etat initial de l'environnement

Le site ne semble pas présenter de biocénoses favorables à l'alimentation de la tortue verte et peu à l'alimentation de la tortue imbriquée (herbier à phanérogames, populations d'algues rouges et coraux mous...). À l'échelle de l'île, en termes de fonctionnalité et de continuité écologique, la zone d'étude semble donc plus constituer une zone relai entre différents sites plus favorables aux espèces (formations coralliennes et herbiers de l'Ouest et du Sud-Est de l'île).

La plage de Grande Anse est également connue pour avoir accueilli une ponte de tortue en 1999, ce qui est une occurrence exceptionnelle pour la Réunion où seulement 21 pontes ont eu lieu entre 1980 et 2012 (Figure 95). Ce site présente donc potentiellement des conditions pour la ponte bien que les conditions optimales ne soient pas (ou plus) remplies : plages sans pollution lumineuse et couvert végétal dense (Delacroix 2002, Gorjux, 2006, Ackerman 1997 in Biotope, 2016). Il est donc important de conserver autant que possible cette plage pouvant être un site de reproduction d'une espèce menacée. Pour information, aucune observation n'a été réalisée en 2018 durant les prospections en plongée et en bateau (recherches non ciblées sur ces espèces durant les inventaires – Biotope, 2018).

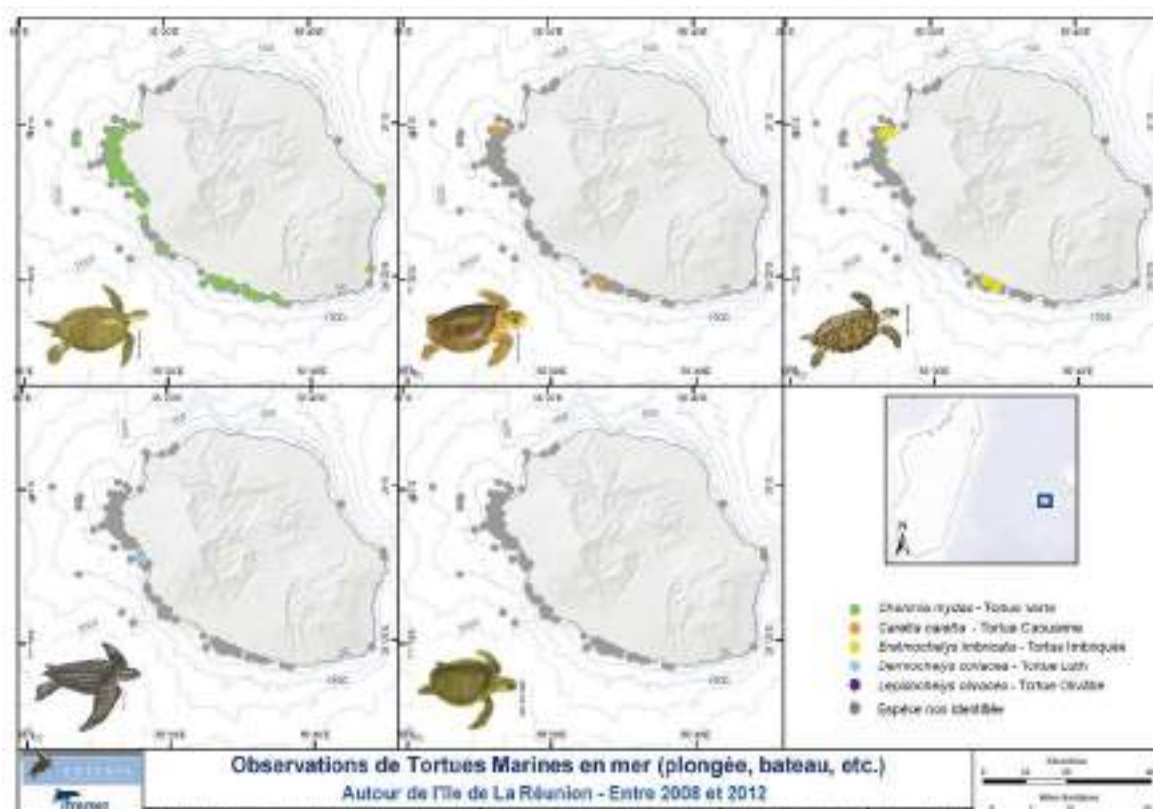


Figure 94 : Bilan des observations de tortues marines à la Réunion (Kelonia, Ifremer, Natural Earth, Globice, IGN). D'après Philippe et al., 2014.

3 Etat initial de l'environnement

Tableau 23 : Enjeux écologiques pour les tortues marines sur la zone d'étude

Espèce	Protection (*)	Liste rouge IUCN	Statut et présence dans la zone d'étude	Enjeu écologique
Tortue verte <i>Chelonia mydas</i>	OUI	En danger	Présence avérée dans la zone Habitat ne présentant que peu de source d'alimentation Ancienne plage de ponte (1999)	FORT
Tortue imbriquée <i>Eretmochelys imbricata</i>	OUI	En danger critique	Présence potentielle dans la zone Habitats pouvant présenter une source d'alimentation	FAIBLE (MOYEN)

(*) Arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection

4

Conclusion

4 Conclusion

1.1 Les enjeux écologiques pour le milieu terrestre

Concernant les **habitats naturels**, la zone d'étude immédiate présente des enjeux globalement faibles avec une prédominance de milieux artificialisés, dans un état de conservation plutôt dégradé. Seul un habitat présente **un enjeu moyen** au sein de la zone d'étude immédiate : **la végétation littorale située sur la plage de sable**. Concernant la zone d'étude rapprochée, 2 enjeux forts sont déterminés pour des habitats naturels situés principalement au niveau des falaises littorales du Piton Grande Anse.

Concernant **la flore**, sur les 135 espèces relevées, 28 sont indigènes certaines (et 12 indigènes incertaines) contre 88 exotiques (et 3 exotiques incertaines) et 4 espèces au statut incertain, le cortège est donc largement dominé par les exotiques. **Deux espèces présentent des enjeux de conservation au sein de la zone d'étude immédiate : la Liane cochon (*Canavalia rosea*), située au niveau de la plage de Grande Anse, *Adiantum rhizophorum* localisée au niveau de la ravine des Français**. Plusieurs autres espèces présentent des enjeux moyens et forts dans la zone d'étude rapprochée (7 espèces à enjeux moyens et 7 espèces à enjeux forts). **Les potentialités de développement de ces espèces indigènes protégées restent très faibles voire nulles dans l'aire d'étude immédiate**. La présence d'espèces exotiques envahissantes représentées par 21 espèces reconnues comme « envahissantes ou très envahissantes en milieu naturel ». Les espèces les plus problématiques sur la zone d'étude sont le Faux-poivrier (*Schinus terebinthifolia*) et le Filaos (*Casuarina equisetifolia*).

La **faune terrestre** de la zone d'étude immédiate est caractéristique des milieux artificialisés et des végétations littorales, offrant ainsi des habitats d'espèces propices au développement d'espèces exotiques et peu favorables aux espèces indigènes. La faune terrestre indigène est beaucoup plus représentée en termes de diversité au niveau des falaises littorales au sein de la zone d'étude rapprochée (cas de Piton Grand Anse). Pour la faune, les principaux enjeux concernent certaines espèces. Pour les reptiles, au-delà de la présence du Caméléon Panthère (*Furcifer pardalis*), espèce protégée à enjeu faible, il convient de considérer la présence possible -non observée et certifiée- du Léopard vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata*) au niveau du Piton Grande Anse voire de la plage, dans la mesure où la zone d'étude est incluse dans l'aire de répartition de l'espèce (Sanchez & Caceres, 2012). Pour les oiseaux, les enjeux se situent davantage dans la présence d'oiseaux marins dont la nidification est avérée à proximité de la zone d'étude immédiate, au niveau des falaises du Grand-Anse et du littoral de Petite-Ile (cas du Noddi brun, du Puffin du Pacifique, du Paille-en-queue). Une attention sera aussi portée aux espèces nicheuses potentielles comme l'Oiseau-lunette gris. Pour les chauves-souris, deux espèces indigènes sont présentes, avec une présence possible du Taphien à ventre blanc au niveau des troncs des cocotiers ou autres arbres sur la plage. Le Petit Molosse présente seulement une activité de vol pour son alimentation.

4 Conclusion



Figure 96 : Carte de synthèse des enjeux pour le milieu terrestre

1.2 Les enjeux écologiques pour le milieu marin

Pour le milieu marin, les **caractéristiques du milieu physique** témoignent d'une eau de bonne qualité, avec des paramètres physico-chimiques et bactériologiques répondant aux normes réglementaires.

Pour le milieu biologique, il apparaît que la zone d'étude s'inscrit dans un **complexe récifale frangeant**, constitué d'un platier, d'un front récifal puis d'une pente externe. Cette dernière est marquée par un faciès à éperons-sillons, se caractérisant par un recouvrement corallien relativement important (entre 21 et 35%), typique de ce type d'habitat à fort potentiel de bio-construction et présentant une biodiversité relativement importante. Le platier interne est composé de blocs basaltiques plus ou moins colonisés à l'extrémité nord-est et d'un platier à éléments dispersés plus ou moins colonisés. Cette zone étant en partie protégée de la houle par le front récifal, elle présente quelques zones où le recouvrement corallien est estimé à environ 30% (cas de l'actuel bassin de baignade). Le reste du platier est relativement peu recouvert par le corail, probablement dû à un hydrodynamisme important malgré la protection du récif et représente peu d'intérêt. Les imageries aériennes (drone) montre que des zones de couverture corallienne importante sont morcelées tout le long du platier. L'emprise du projet devra intégrer ces secteurs où le recouvrement corallien est plus important. Du fait d'une protection contre l'hydrodynamisme (grâce aux enrochements), le bassin de baignade présente un intérêt biologique en lien avec les habitats coralliens créés. Ainsi, deux types de faciès corallien s'y développent (sur de la dalle et sur des blocs basaltiques), accompagnés par des zones à galets peu profonds, des zones de sable corallien et des zones à dalles non colonisées. Le

4 Conclusion

recouvrement y est variable selon les zones mais peut y être très important (35% pour la zone corallienne au sud-est du bassin et 17% pour la zone corallienne centrale). Les **invertébrés marins** sont très présents dans le bassin de baignade, avec une densité notable d'oursin diadèmes mais aussi tout une biodiversité riche diurne et nocturne au sein de différents embranchements (annélides, échinodermes, arthropodes, mollusques, plathelminthes, ...). Un total de 28 espèces remarquables d'invertébrés marins a été inventorié dans l'actuel bassin de baignade (espèces ZNIEFF et/ou liste rouge UICN). Au regard des caractéristiques biologiques des peuplements benthiques, il ressort que les enjeux forts se situent au niveau de la pente externe, du platier interne au niveau des zones coralliennes colonisées et des habitats coralliens du bassin de baignade, notamment la zone sud-est ou de nombreuses colonies d'*Acropora abrotanoides* (liste rouge UICN Réunion : En Danger).

Le **peuplement ichthyologique** accueille 141 espèces, ce qui témoigne d'une diversité spécifique intéressante, reflétant notamment une diversité de niches écologiques des habitats marins côtiers. En termes d'abondance, les peuplements sont typiques, assez proches des autres formations coralliennes côtières. La répartition des familles et les structures trophiques sont proches des peuplements typiques des récifs coralliens. Pour les poissons, 20 espèces remarquables ont été identifiées, du fait notamment de leur degré de rareté ou de menace (déterminantes ZNIEFF et/ou liste rouge UICN. Enfin, 28 espèces présentent un intérêt commercial (pêche), avec cependant un intérêt faible (abondance limitée et petites tailles des individus).

Pour ces biocénoses marines, l'enjeu écologique est qualifié de fort pour les formations coralliennes côtières de très faible profondeur (avec faune et flore associées). Le projet va concerner différentes zones de sensibilité écologique faible à fort, qu'il conviendra de considérer dans les aménagements (notamment par rapport aux enrochements délimitant le nouveau bassin, la sortie de la canalisation du talweg, la fosse d'apprentissage de baignade).

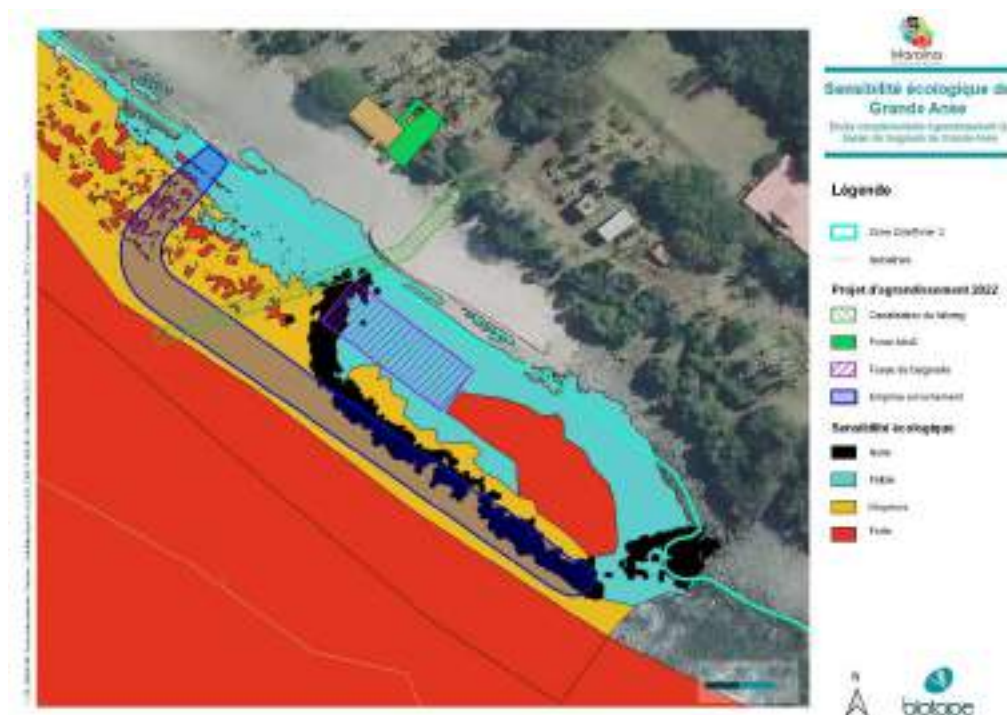


Figure 97 : Carte de synthèse des enjeux pour les biocénoses marines

4 Conclusion

S'agissant des **tortues marines**, sur la base des données bibliographiques, 2 espèces menacées semblent fréquenter la zone du projet. Cette zone peut servir d'habitat d'alimentation mais surtout de transit pour ces espèces. Il est important de noter que la plage de Grande Anse a constitué historiquement un site de ponte pour la tortue verte (*Kelonia_CEDTM*, 2009). Au regard de ce contexte, les enjeux sont considérés comme fort pour la tortue verte (ancienne plage de ponte) et faible pour la tortue imbriquée.

Enfin, les **mammifères marins** fréquentent également la zone d'étude, avec 6 espèces recensées (analyse des données collectées entre 2008 et 2017 – Globice, 2018). Il apparaît une fréquentation assez occasionnelle pour 4 des 6 espèces inventoriées, mais une fréquentation plus importante pour les Grands dauphins de l'Indo-Pacifique et les Baleines à bosses. Ces espèces dont l'habitat préférentiel est très côtier présentent donc des enjeux moyens à forts. Concernant le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique, la zone constitue davantage une zone de transit qu'une zone de repos, sociabilisation ou chasse. Pour les baleines à bosse, la zone côtière peut potentiellement être une zone de repos pour les couples mère/baleineau, affectionnant les eaux peu profondes. Pour ces deux espèces, il conviendra de maintenir une certaine vigilance par rapport à l'environnement acoustique de la zone d'étude et en lien avec les futurs travaux visés pour l'extension du bassin de baignade.



Annexes

Annexe 1. Méthodologie d'étude de l'environnement naturel

Equipe mobilisée pour l'étude d'impact – volet faune et flore

Société	Nom de l'intervenant	Mission
	Chef de projet, responsable de la coordination de l'étude et rédaction du document	Jean-Sébastien PHILIPPE
	Expertises naturalistes / milieu terrestre	Habitats naturels faune et flore : Cédric HOARAU
	Expertises naturalistes / milieu marin	Qualité de l'eau / Benthos et habitats : Aymeric BEIN Poissons : JS PHILIPPE Cétacés : GLOBICE
	Contrôleur qualité	Yves CAPON

Tableau : Détail de l'équipe intervenue pour la réalisation de l'étude d'impact – volet faune et flore

Élaboration de l'état initial

La réalisation de l'état initial d'un site est le point de départ de l'étude d'impact d'un projet d'aménagement. Cette analyse porte sur l'ensemble des thématiques écologiques nécessaires à la caractérisation de la sensibilité écologiques du site étudié par rapport aux caractéristiques du projet envisagé.

Il s'agit d'une photographie à t0 de la zone concernée. Elle est réalisée grâce à la compilation des données obtenues selon différents axes de travail et aire d'études, détaillés ci-après, selon le compartiment de l'environnement abordé.

Recherches bibliographiques

Un certain nombre de documents ou de bases de données existantes ont été recherchés et consultés afin de recueillir l'information connue au droit de la zone d'étude.

Ces recherches bibliographiques ont concerné en particulier :

- la faune et la flore : atlas départementaux de répartition des espèces, livres rouges d'espèces menacées, articles et publications diverses, études, etc. ;
- les documents de planification et porter à connaissances : qui permettent de prendre connaissance des orientations de planification et d'aménagement du territoire local et des outils réglementaires/inventaires du patrimoine naturel.

5 Annexes

La majorité des sources sont indiquées dans le corps du document et les références bibliographiques consultées pour l'ensemble des thématiques abordées sont présentées dans le chapitre Bibliographie.

Expertises de terrain

Les expertises de terrain ont permis de compléter l'analyse du contexte du projet, établie sur la base de la bibliographie et des consultations, et de préciser de façon plus détaillée les caractéristiques de l'environnement naturel à l'échelle du projet éolien :

- des inventaires naturalistes (BIOTOPE).

Le détail de ces passages de terrain (dates et méthodologie appliquée) est présenté dans le volet suivant « Méthodologie spécifique à chaque thématique ».

Analyse des impacts du projet sur l'environnement

Cette analyse consiste à superposer l'état initial et le projet envisagé par le maître d'ouvrage (localisation, opérations envisagées...) au moment de la rédaction du dossier. Les phases de chantier et d'exploitation y sont traitées.

Afin d'apprécier ces effets, l'analyse des retours d'expériences et plus généralement les analyses bibliographiques jouent un rôle important. La caractérisation de l'intensité des impacts est effectuée sur la base de critères quantitatifs (surface imperméabilisée, superficie d'habitats détruits...) s'appuyant sur les éléments transmis par le maître d'ouvrage. La superposition, par cartographie, des enjeux identifiés dans l'état initial et des caractéristiques du projet permet une lecture objective des impacts sur l'environnement inhérents au projet.

Proposition de mesures d'évitement, de réduction et pistes de compensation

Au regard des impacts du projet mis en exergue par l'analyse précédente et de leur intensité, des mesures doivent être prévues pour les éviter, les réduire ou les compenser. Ces mesures ont été élaborées dans un souci de cohérence d'échelle entre impact et mesure proposée. Là encore, les retours d'expérience sur les mesures les plus pertinentes à mettre en place jouent un rôle primordial dans leur définition et leur dimensionnement.

Difficultés rencontrées pour la réalisation de la présente étude d'impact sur l'environnement

Les difficultés inhérentes à l'élaboration de cette étude concernent :

- les limites propres à chaque méthodologie d'investigation détaillées par la suite.
- à l'état d'avancement même du projet amenant des allers-retours multiples entre les différents intervenants dans la conception technique du projet.

Méthodologie spécifique pour l'étude du milieu naturel terrestre

Les inventaires ont donc concerné l'expertise du milieu naturel, de la faune et de la flore.

Pression d'observation

Suite à une première analyse bibliographique, des prospections d'inventaire et de vérification de terrain ont été réalisées, de façon à réaliser un état initial complet et d'analyser le site rapproché.

Cette expertise a été réalisée le 19 octobre 2018, portant sur l'étude plus spécifique :

- Expertise faune flore/habitats : reconnaissance des habitats et localisation de la flore remarquable
- Oiseaux : points d'écoute
- Reptiles : transects.

Inventaire de la flore et des habitats

Les prospections ont été réalisées dans l'objectif de dresser une cartographie précise et fonctionnelle des habitats naturels d'une part, et de faire l'inventaire des espèces végétales présentes dans la zone d'étude. Les inventaires de terrain ont notamment axé sur la recherche d'espèces rares, remarquables et/ou protégées. La nomenclature des plantes à fleurs et des fougères utilisée est celle de l'Index commenté de la flore vasculaire de la Réunion (Trachéophytes) du Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM, v2013.2). En ce qui concerne les habitats, la nomenclature utilisée est la Typologie des Milieux Naturels de la Réunion (TDHR, v Oct.2014), ou Corine Biotope (v2012.1) pour les habitats non pris en compte dans le TDHR. Les travaux en cours concernant les listes d'espèces protégées (projet d'arrêté) ont également été prises en compte.

Inventaire de la faune

Entomofaune

Pour les lépidoptères, les recherches se sont portées sur les rhopalocères diurnes (papillons de jour) avec la recherche des différents indices de présence des espèces (adultes en vol, plantes hôtes, chenilles, chrysalides...). Sur la zone d'étude, une attention particulière a été portée à deux espèces endémiques et protégées : la Papillon la Pâtur (Papilio phorbanta), la Salamide d'Augustine (Salamis augustina) et la vanesse de Bourbon (Antanartia borbonica), et notamment la recherche de leurs plantes hôtes respectives (famille des Rutacées).

Pour les odonates, les recherches se sont portées sur toutes les espèces susceptibles d'être présentes aux abords des zones humides. Tous les indices de présence ont été relevés (larves, adultes en vol...).

Herpétofaune

Les expertises sur l'herpétofaune ont été menées sur l'ensemble de l'aire d'étude. Elles ont concerné principalement la recherche d'une espèce de reptile protégée : le Caméléon panthère ou endormi (Furcifer pardalis) et le Lézard vert de Manapany (Phelsuma inexpectata).

- Méthode

Transects linéaires.

5 Annexes

Descriptif

Les points d'échantillonnage ont été choisis dans des milieux propices aux reptiles et en particulier le Caméléon panthère et le Gecko vert de Manapany. L'objectif est d'échantillonner des milieux favorables et de recenser les individus.

- Indicateurs

La présence/absence de l'espèce détermine l'existence d'une population.

- Limites du protocole

La taille des populations ne peut pas être établie de façon certaine, mais basée sur une estimation.

Avifaune terrestre

Cette phase a pour but d'inventorier les espèces à enjeux et d'évaluer d'un point de vue qualitatif et quantitatif l'avifaune sur le site étudié. L'inventaire des oiseaux se sont déroulés sur l'été et l'hiver austral afin de couvrir l'ensemble du cycle biologique de l'avifaune.

Différentes techniques de prospection ont été utilisées. En ce qui concerne les passereaux, nous avons utilisé la technique des Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A., BLONDEL, FERRY & FROCHOT, 1970). Cette méthode de dénombrement quantitatif permet d'apprécier le nombre de couples d'oiseaux nicheurs sur une surface donnée (la sphère auditive et visuelle de l'observateur) à partir d'un point fixe. Ainsi, l'expertise a été réalisée via 4 Indices Ponctuels d'Abondance (IPA) dans des milieux différents et sur l'ensemble de la zone d'étude et à proximité, afin de caractériser les cortèges et les espèces présentes, par zone et habitats. Ces différentes méthodes ont été appliquées afin d'optimiser le contact avec l'ensemble des espèces remarquables.



Localisation des points d'inventaires pour l'avifaune

Chiroptères

Les inventaires ont été réalisés durant l'été austral 2018, ils ont porté sur les chauves-souris, seul groupe d'espèces de mammifères indigènes à La Réunion. Cela correspond à la période la plus favorable, et durant laquelle elles se reproduisent sur l'île. Ainsi, les modalités d'expertise se sont traduites par une recherche des gîtes potentiels pour la reproduction en milieu naturel et artificiel, et par une recherche bibliographique.

5 Annexes

Méthodologie d'étude de l'environnement naturel marin

Qualité de l'eau

Les protocoles associés aux prélèvements, au conditionnement et à l'analyse de ces paramètres suivent strictement les recommandations définies dans les fascicules dédiés « Paramètres Physico-Chimiques & Phytoplancton » (DEAL Réunion, 2015) et « Guide méthodologique pour la surveillance des rejets urbains dans les eaux littorales réunionnaises ». Les prélèvements sont réalisés à l'aide du bouteille Niskin en sub-surface. Les paramètres retenus pour la qualification de la qualité de l'eau sont les suivants :

- Paramètres hydrologiques généraux : T°C, salinité, O2 dissous, pH
- Charge particulaire : turbidité, matière en suspension
- Nutriments dissous : ammoniac, orthophosphates, nitrates, nitrites, silicates
- Charge organique totale (COT)

Au total, trois stations ont été échantillonnées dans le champ proche (300 mètres). La station éloignée associée au champs lointain (témoin) est celle suivie dans le cadre de la DCE (station « Grande Anse »). Au regard du type de projet et de l'absence d'émissaire important, les stations « champ moyen » et « champ lointain » revêtent une importance moindre. Deux sessions de prélèvement (18/10/2018 et 26/12/2018) ont eu lieu. Conformément aux contraintes d'analyses en laboratoire, les analyses devraient être disponibles sous 1,5 mois au plus tard.

Les paramètres ont été analysés par le laboratoire de Rouen ALPA CHIMIE, garantissant un travail certifié et contrôlé pour les paramètres d'analyse de l'eau (assurance-qualité avec préconisations techniques).

Concernant la bactériologie, la campagne n°1 a été avortée pour cause de blocages routiers ne permettant pas l'acheminement des échantillons dans les délais impartis (mouvement des gilets le 19/11/2018). Le plan d'échantillonnage a donc été adapté, avec 3 stations disposées en pente externe et 2 stations au niveau du bassin et platier compact. L'ensemble des prélèvements ont donc été réalisés le 11/12/2018.

Biocénoses marines et habitats

- Caractérisation des grands types d'habitats

Il s'agit de définir les grands types d'habitats présents dans les zones bathymétriques peu profondes (entre 0 et 15m de fond). Différents paramètres sont relevés pour qualifier simplement l'habitat, en relevant principalement la nature du substrat et l'ensemble des caractéristiques du milieu permettant une qualification du milieu (relief, recouvrement...). Les méthodes retenues consistent en :

- Dans le bassin et le long de la plage (platier interne et arrière-récif) : les données bibliographiques paraissent suffisantes pour caractériser les grands types d'habitats. Cette caractérisation est affinée lors des prospections en surface (palme-masque-tuba) pour la caractérisation des biocénoses et habitats.
- Sur la pente externe (éperons/sillons) : des points de reconnaissance vidéo sont réalisés sur l'ensemble de la zone d'étude. Ils sont espacés de 50 m et réalisés à l'aide

d'un navire munie d'un sondeur et d'un système vidéo avec retour en direct. Cela permet d'identifier les grands types d'habitats marins dans les profondeurs comprises entre 5 et 15 mètres. L'ensemble des caractéristiques du milieu est relevé systématiquement selon une grille de caractérisation définissant la géomorphologie, le relief, le type de peuplement benthique et un indice simple pour la caractérisation du peuplement ichthyologique (absence, observations éparées, observations nombreuses). Ces points sont géoréférencés afin d'établir une cartographie par extrapolation de la nature des fonds et habitats. Cette expertise est réalisée préalablement à l'ensemble des autres inventaires en visant une fenêtre météorologique favorable et permet de déterminer les zones à prospector en plongée.

Typologie utilisée pour la caractérisation des habitats à l'aide de la reconnaissance vidéo.

CATEGORIE DE GEOMORPHOLOGIE	
Dalle compacte	COMPACT
Dalle de fractions rocheuses agglomérées	ROCHES
Dalle compact sub-affleurante	COMP-SED
Dalle de fractions rocheuses agglomérées sub-affleurantes	ROCH-SED
Beach-rock aggloméré	BEACH
Blocs et galets (pluri-décimétrique)	BLOC
Blocs et galets fins	GRANUL
Sédiments plans	SED PLA
Sédiments à ripple-mark courts ($\lambda < 20\text{cm}$)	SED COURT
Sédiments à ripple-mark longs ($\lambda > 20\text{cm}$)	SED LONG
Banc corallien	BANC
Dépression pos-récifale	TOMBANT
Platier externe	EXTE
Platier externe à éperons-sillons.	EXTR-SILLON

CATEGORIE DU RELIEF	
Nul, Plan ; sans relief	0
Faible : relief sans cavité	1
Moyen : quelques cavités mais peu de formes	2
Fort : Nombreuses cavité mais mono-forme	3
Complexe : de nombreuses cavités et de nombreuses formes.	4

CATEGORIE PEUPLEMENT BENTHIQUE	
Absence de peuplement fixe	NU
Présence hydraise <5%	HYD
Présence hydraise 5-50%	HYD 5
Présence hydraise >50%	HYD 50
Turf algale <5%	TA +
Turf algal 5-50%	TA 5
Turf algal >50%	TA 50
Coraux 5%	HC
Coraux 5-50%	HC 5
Coraux 50%	HC 50
Invertébrés <5%	MOB
Invertébré >5%	MOB 5

CATEGORIE PEUPLEMENT ICHTYOLOGIQUE	
Absence	0
Observations éparées	1
Observation nombreuses	2

Points de reconnaissance vidéo échantillonnés pour la détermination des habitats (réalisé le 18/10/2018).

Points	XCOORD	YCOORD	Points	XCOORD	YCOORD
1	55.5442	-21.3685	28	55.5472	-21.3705
2	55.5447	-21.3685	29	55.5447	-21.371
3	55.5437	-21.369	30	55.5452	-21.371
4	55.5442	-21.369	31	55.5457	-21.371
5	55.5447	-21.369	32	55.5462	-21.371
6	55.5452	-21.369	33	55.5467	-21.371
7	55.5432	-21.3695	34	55.5472	-21.371
8	55.5437	-21.3695	35	55.5477	-21.371
9	55.5442	-21.3695	36	55.5482	-21.371
10	55.5447	-21.3695	37	55.5457	-21.3715
11	55.5452	-21.3695	38	55.5462	-21.3715
12	55.5457	-21.3695	39	55.5467	-21.3715
13	55.5432	-21.37	40	55.5472	-21.3715
14	55.5437	-21.37	41	55.5477	-21.3715
15	55.5442	-21.37	42	55.5482	-21.3715
16	55.5447	-21.37	43	55.5487	-21.3715
17	55.5452	-21.37	44	55.5467	-21.372
18	55.5457	-21.37	45	55.5472	-21.372
19	55.5462	-21.37	46	55.5477	-21.372
20	55.5467	-21.37	47	55.5482	-21.372
21	55.5437	-21.3705	48	55.5487	-21.372
22	55.5442	-21.3705	49	55.5472	-21.3725
23	55.5447	-21.3705	50	55.5477	-21.3725
24	55.5452	-21.3705	51	55.5482	-21.3725
25	55.5457	-21.3705	52	55.5487	-21.3725
26	55.5462	-21.3705	53	55.5492	-21.3725
27	55.5467	-21.3705	54	55.5482	-21.373
			55	55.5487	-21.373

- Cartographie fine des habitats (étude complémentaire, 2021).

Afin de pouvoir réaliser une cartographie fine des habitats, de l'imagerie par drone a été réalisée par l'entreprise Ocean Obs disposant de toutes les autorisations et brevets nécessaires à cette activité.

Pour cela, l'intégralité de la zone d'emprise du projet a été photographiée à plusieurs altitudes. Ces différents niveaux d'altitudes permettent d'avoir une vue globale de la zone ainsi qu'une vue détaillée.

Les photos prises à une altitude de 100m ont été privilégiées afin de limiter la déformation due à l'appareil photo du drone.

5 Annexes

Au moment des prises de vue, des points de repères ont été sélectionnés et leurs coordonnées relevées afin de pouvoir géoréférencer les orthophotos par la suite. La compilation des photos a été réalisée sous le logiciel Agisoft Metashape Professional puis géoréférencé sous le logiciel QGIS.

Ce survol drone a permis la production d'une orthophoto de bonne résolution.



Figure 98 : Orthophoto produite à l'aide des images drones et du logiciel Agisoft Metashape Professional.

Sur cette orthophoto, on constate que la zone couverte hors bassin est très étroite. Cela est dû à la présence de nombreuses vagues déferlant au niveau du front récifal (malgré les conditions très calmes ce jour, la zone est constamment soumise à des vagues déferlantes), limitant la visibilité du fond et empêchant la bonne compilation des photos malgré le fait que le pilote attendait les meilleures conditions pour déclencher les photos. La zone du bassin, nettement moins soumise aux vagues, et ainsi intégralement couverte.

Cette orthophoto a ensuite été traitée sous photoshop afin de réaliser une précartographie. Cette technique est assez rapide et permet de respecter les contours des habitats les plus contrastés. Elle nécessite cependant un travail supplémentaire ensuite sur Qgis, afin de préciser/corriger les différentes limite des habitats. Une campagne de vérité terrain est également nécessaire afin de préciser et vérifier les informations cartographiées.

5 Annexes



Figure 99 : Précartographie réalisée sous le logiciel Photoshop.

- Caractérisation et évaluation des biocénoses marines

Dans le bassin : le suivi est un suivi classique GCRMN LIT/BELT dans la zone à sensibilité moyenne (Carex/Arvam, 2005) afin de caractériser et quantifier la faune et la flore sessiles, la faune vagile benthique (notamment échinodermes) et les communautés de poissons (les genres -à minima- sont identifiés pour les coraux). Le transect est découpé en 3 réplicats de 10 ou 20 m selon une première prospection. Ce transect est accompagné d'une prospection PMT aléatoire afin de confirmer/préciser les données cartographiques déjà existantes et d'affiner la caractérisation des habitats du bassin.

Sur le platier interne : les conditions étant très rarement compatibles avec une mise à l'eau en toute sécurité dans cette zone (déferlement des vagues importants, très faible profondeur, risque requins, ...), il est particulièrement difficile de la prospecter. Les conditions ont permis de prospecter en nage libre et de façon aléatoire la première partie sud du platier (1/3). Les données bibliographiques viennent compléter ces prospections de terrain.

Sur la pente externe : En s'appuyant sur la caractérisation des grands types d'habitats, et en fonction de leur nature et de la proximité directe à l'emprise des travaux du projet, 2 radiales sous-marines ont été retenues en concertation avec SAFEGE et la SPL MARAINA. Elles sont réalisées (le 19/11/2018) selon un protocole GCRMN LIT/BELT, en suivant les recommandations habituelles (Conand et al. 1999-2000) spécifiant des profondeurs standards de suivis de 7 et 15 m environ. Elles sont positionnées parallèlement à la côte. Les coordonnées GPS sont relevés afin de pouvoir suivre ces stations dans le futur.

La méthode standardisée de suivi (Global Coral Reef Monitoring Network) est depuis plusieurs années appliquées à La Réunion (et plus largement dans l'océan Indien) pour permettre de caractériser les peuplements et d'évaluer l'état des biocénoses marines sensibles. Ces méthodes sont notamment mises en œuvre dans le cadre du Réseau de Contrôle de Surveillance DCE (RCS DCE⁵). La méthode proposée constitue donc un outil de référence utilisé par le GCRMN et le RCS-DCE et détail les indicateurs retenus pour l'analyse des biocénoses.

⁵ Référence : Fascicules techniques consultables sur le site de l'IFREMER

5 Annexes

PRINCIPE DE LA METHODE LIT

Le long du même linéaire, 3 transects d'une longueur de 20 m seront réalisés (chaque transect est séparé de 5 m). L'expert progresse le long du ruban métré en notant la nature de benthos fixé rencontré. À chaque transition de type de benthos, l'expert relève la position en centimètre (longueur à 5 cm près). Conformément à la méthode recommandée par le guide de réseau de surveillance DCE appliqué à la réunion et au GCRMN, la nature du benthos fixé est notée selon une codification précise listée dans le tableau ci-dessous.



Schématisation simplifiée des transects réalisés pour le recensement de la faune benthique fixée (Biotope, 2014).

Codification pour le suivi DCE-Benthos et substrats durs. (Ifremer 2014).

Type Général	Code Benthos	Type Général	Code Benthos
HC Corail Dur	AEB Acropore Branchu	Corail Mort	DC Corail Mort
	ACD Acropore Digité		B Débris
	ACE Acropore Encroûtant		RCB Roche
	ACS Acropore Submassif		S Sable
	ACT Acropore Tabulaire		V Vase
	CB Corail Branchu		BRS Substrat Biologique
	CE Corail Encroûtant	AL Algues	CA Algues Calcaires
	CF Corail Foliacé		RMA Algues Dressées Molles
	CM Corail Massif		HMA Algues Dressées Dures
	CWE Méduse		TA Turf Algal
	CMB Corail Champignon	Phanérogame	PMA Phanérogames
	CS Corail Submassif		GOR Gorgone
	CTU Tétrapode	OT Autre	OT Autre
	CH Héligone		SP Sponges
Corail Mou	SC Corail Mou		ZO Zoanthaire

Ensemble des "codes benthos" à utiliser sur la fiche terrain

PRINCIPE DE LA METHODE BELT

L'expert biologiste marin utilisera la méthode BELT, selon le protocole GCRMN afin de relever l'abondance des taxons clés présents sur le site. La faune marine est recensée de la manière la plus exhaustive possible le long d'un transect de 20m sur une largeur de 2 mètres de part et d'autre du transect. La surface prospectée par transect est donc de 80 m² pour un total de 3 transects.

L'espèce et le nombre de poissons est recensé le long des transects linéaires tout comme pour la faune benthique. Au vu de la nature du site, les experts relèveront également la taille des poissons présents afin de relever la présence de juvéniles. Un premier passage le long du

5 Annexes

transect est réalisé afin de recenser les espèces craintives. Un deuxième passage moins rapide, permet de recenser les espèces nichées dans l'habitat.

- Inventaire des invertébrés marins

Faisant suite à un avis de l'Autorité Environnemental en 2021, des inventaires complémentaires ont été réalisés pour dresser un état des lieux plus complet des invertébrés présents dans le bassin de baignade.

Cet inventaire complémentaire des invertébrés marins a donc été réalisé entre septembre et décembre 2021. Cet inventaire concerne exclusivement le bassin de baignade, et a été fait « à vue » (sans prélèvements), durant 2 sessions diurnes (2*1h30) et deux sessions nocturnes (2*1h30), les 03 et 25/11/2021.

Le protocole consistait en une prospection aléatoire sur l'ensemble des habitats du bassin, aussi bien les habitats présentant un fort intérêt écologique (zones coralliennes denses) que les habitats à moindre intérêt écologique (dalles nues, zones sableuses, enrochements artificiels non colonisés). Dans la mesure du possible, tous les invertébrés marins rencontrés ont été photographiés de jour comme de nuit. Aucun prélèvement n'a été réalisé pour analyse en laboratoire. Le pré-tri et identification des espèces inventoriées réalisée lors de la première journée, a permis de cibler plus spécifiquement certains embranchements lors de la seconde journée.

Il est à noter que pour ce travail, certaines limites sont apparues pour l'identification de certaines espèces, du fait de l'absence de photographies des individus ou si les photographies n'ont pas mis suffisamment en lumière les critères de détermination de l'espèce. L'absence de prélèvement a pu aussi être problématique pour certaines espèces non identifiées *in situ*.

Ces explorations ont permis de dresser un état des lieux, complété par un inventaire réalisé également en 2021 par l'association Vie Océane (interlocutrice : Mme Sonia Ribes). Un appui a été demandé à Lionel Bigot, expert et maître de conférences à l'Université de La Réunion, pour l'identification des coraux.

Tortues marines et cétacés

Une analyse et synthèse bibliographique est réalisée de façon à identifier les enjeux liés aux mammifères marins et tortues. Pour rappel, aucune expertise visuelle ou acoustique n'est menée dans le cadre du projet.

Pour cela, l'ensemble de la bibliographie est exploité (ex. : plan de conservation des dauphins côtiers de La Réunion – Globice, Biotope, 2018/ plan de conservation baleines à bosse de La Réunion – Globice, Biotope, 2018). De plus, l'association GLOBICE est mobilisée pour réaliser une synthèse des connaissances acquises sur les cétacés dans la zone d'influence du projet depuis 2008. Cela permet d'identifier les espèces présentes, avec les indicateurs de caractérisation des peuplements (Fréquentation et abondance). Différentes cartes sont produites dans l'aire d'étude présentée ci-dessous :

Cette aire d'étude est définie comme étant la zone d'emprise acoustique du projet. Elle représente la zone où les sons issus du chantier peuvent affecter le comportement des cétacés où leur apporter des dommages physiologiques dans le pire des cas. L'absence de modèle de propagation acoustique et d'informations précises sur les engins et travaux effectués sur ce projet, ne permet pas d'évaluer une zone d'incidence précise. Cependant, au vu du faible ouvrage et des « petits » travaux prévus une zone de 2 miles nautiques autour du bassin semble être suffisant. Pour information, dans le cadre de la Nouvelle Route du littoral (nombreuses opérations, fort trafic maritime, ...), pour des bruits continus cumulés de 8h et sans mesures d'atténuation les sons peuvent engendrer des dommages physiologiques temporaire jusqu'à 17 à 20 miles nautiques selon les espèces

Une attention particulière est portée aux espèces côtières telles que le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (*Tursiops aduncus*) et la Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) principalement concernée par le projet du fait de leur proximité à la côte.

La même démarche est engagée pour synthétiser les informations bibliographiques relatives aux tortues marines, en se basant notamment sur la documentation existante (Plan National d'Actions Tortues marines du sud-ouest de l'océan Indien / données disponibles sur les plateformes de type SEXTANT – Ifremer, ...).

Sur la base de ces données, Biotope réalise une synthèse des connaissances et en définit les enjeux écologiques pour l'ensemble des espèces étudiées.

Outil d'évaluation patrimoniale des habitats et espèces (bioévaluation)

Protection des espèces

Une espèce protégée est une espèce pour laquelle s'applique une réglementation contraignante particulière. La protection des espèces s'appuie sur des listes d'espèces protégées sur un territoire donné.

Droit international

La France est signataire de nombreux traités internationaux visant à protéger les espèces sauvages, parmi lesquels :

- La Convention de Washington (CITES, 1973) sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction ;
- La Convention de Paris (1902) concernant la protection des oiseaux utiles à l'agriculture, toujours en vigueur.

Droit français

En droit français, la protection des espèces est régie par le code de l'Environnement (article L411-1) :

« I. - Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine naturel justifient la conservation [...] d'habitats naturels, d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées et de leurs habitats, sont interdits :

1° La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

2° La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

3° La destruction, l'altération ou la dégradation de ces habitats naturels ou de ces habitats d'espèces ;

[...]. »

Ces prescriptions générales sont ensuite précisées pour chaque groupe par un arrêté ministériel fixant la liste des espèces protégées, le territoire d'application de cette protection et les modalités précises de celle-ci (article R. 411-1 du code de l'Environnement : liste des espèces floristiques protégées de la Réunion : arrêté du 19 juin 1987 ; liste des espèces faunistiques protégées de la Réunion : arrêté du 17 février 1989 modifié le 14 février 2008 ; liste des insectes protégés de la Réunion : arrêté du 14 février 2008).

Un régime de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées est possible dans certains cas listés à l'article R. 411-2 du code de l'Environnement. L'arrêté ministériel du 19 février 2007 modifié (NOR : DEVN0700160A) en précise les conditions de demande et l'instruction.

Outils de protection réglementaire des espèces et habitats

Groupe biologique	Réglementation en vigueur, applicable à la Réunion	
	Niveau local	Niveau national
MILIEU NATUREL TERRESTRE		
Habitats naturels	/	/
Flore	Arrêté du 27 octobre 2017 (JO du 03/12/2017)	/
Insectes	Arrêté 19 novembre 2007 (J.O du 13/02/2008 consolidé au 6 mars 2008) Arrêté du 17 février 1989 (JO du 24/03/1989)	/
Reptiles	Arrêté du 17 février 1989 (J.O du 24/03/1989) Arrêté du 19 novembre 2007 (J.O. du 18 décembre 2007)	
Oiseaux	Arrêté du 17 février 1989 (J.O du 24/03/1989)	/
Mammifères terrestres (dont chiroptères)	Arrêté du 17 février 1989 (J.O du 24/03/1989)	/
MILIEU NATUREL MARIN		
Tortues marines		Arrêté du 14 octobre 2005 (JO du 06/12/2015)
Mammifères marins		Arrêté du 1er juillet 2011 (version consolidée du 05/03/2019)

Statut de rareté/menace des espèces

Les listes de protection ne sont pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des espèces. Si pour la flore, ces statuts réglementaires sont assez bien corrélés à la rareté des espèces, aucune considération de rareté n'intervient dans la définition des listes d'espèces animales protégées.

Cette situation nous amène à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste (cf. annexe) Ils rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel ils se réfèrent.

Outils de bioévaluation des espèces et habitats : référentiels utilisés (Source ; Biotope)

Groupe biologique	Références utilisées
MILIEU NATUREL TERRESTRE	
Habitats naturels	- DELBOSC P. et al. 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : Etage littoral. Rapport technique n°5 non publié. CBNM. 557p. - LACOSTE M. et PICOT F. 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : Etage altimontain. Rapport technique n°7 non publié. CBNM. 173p. - LACOSTE M. et PICOT F. 2011. Typologie descriptive des habitats naturels et semi-naturels de La Réunion. Rapport technique n° 8 non publié. CBNM. 121p. - LACOSTE M., et al., 2011. Cahiers d'habitats de La Réunion : zones humides. Rapport technique n°6 non publié. - CBNM. 230p.CBNM. 2010. Typologie des Milieux Naturels de la Réunion 2010 (version 1 validée par le CSRPN) - Code Corine Biotope
Flore	- UICN, 2013. La liste rouge des espèces menacées en France – Flore vasculaire de La Réunion.27p - J. BOSSER, TH. CADET, J. GUEHO, W. MARAIS 1984. Flore des Mascareignes volume 189.palmiers 34p. - T. HUBERT et al. Les palmiers de la Réunion 12p. - ROCHIER T. et LAVERGNE C. 2012. La Liane Montbrun, <i>Gouania mauritiana</i>. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 77p. - PICHILLOU S. et al. 2011. – Le bois de senteur blanc, <i>Ruizia cordata</i> Cav. – Plan national d'actions 2012-2016 : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction. Version 2011 (mise à jour du 13 octobre 2011). Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint Leu, Réunion, 66p. - CBNM 2010. Index commenté de la flore vasculaire de la Réunion (Trachéophytes) du Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM, 2010). - SEVATHIAN J-C. et al. 2008 <i>Carissa spinarum</i> L ; Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. Version 2008.1. CBNM. 67p. - LAVERGNE C. et al. 2009. Acanthophoenix rousseii. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM.8p. - LAVERGNE C. et al. 2008. Ochrosia borbonica. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes.

Groupe biologique	Références utilisées
	CBNM.72p. - BAIDER C. et al. 2008 – <i>Dombeya populnea</i> (Cav.) Baker. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 65p. - EISENBACH J. et LAVERGNE C. 2006. <i>Obetia ficifolia</i>. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 57p. - HIVERT J. et al. 2004. <i>Hernandia mascarenensis</i>. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 60p. - PAUSE J. et LAVERGNE C. 2003. <i>Parafaujasia fontinalis</i>. Plan directeur de conservation : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction à l'échelle des Mascareignes. CBNM. 49p.
Insectes	- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - MARTIRE D. 2010. Les libellules et éphémères de La Réunion. Collection Parthenope. 72p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - MARTIRE et ROCHAT. 2008. Les papillons de La Réunion et leurs chenilles. Collection Parthenope. 496p - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.
Reptiles	- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - SANCHEZ M., 2012. Le gecko vert de Bourbon, <i>Phelsuma borbonica</i> Mertens 1966, atlas de répartition, écologie et conservation. 74p. - SANCHEZ M. et CACERES S. 2011. Plan national d'actions en faveur du Gecko vert de Manapany <i>Phelsuma inexpectata</i>. 158p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.
Oiseaux	- SALAMOLARD M. et FOUILLOT D., en cours. Plan national d'action en faveur de l'Echenilleur de La Réunion (<i>Coracina newtoni</i>). - UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p.

Groupe biologique	Références utilisées
	- RIETHMULLER M. et al. 2012. Plan national d'actions en faveur du Pétrel noir de Bourbon (<i>Pseudobulweria aterrima</i>). - GRONDIN V. et PHILIPPE J-S. 2011. Plan de conservation du Busard de Maillard (<i>Circus maillardi</i>). DEAL Réunion, Région Réunion, SEOR, BIOTOPE, Aerowatt. 84p. - SALAMOLARD M., 2008. Plan de conservation du Pétrel de Barau <i>Pterodroma baraui</i>. Région Réunion, SEOR, ECOMAR. 60p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p. - PROBST et al. 1999 (Bulletin Phaethon). Essai de détermination d'une valeur patrimoniale donnée aux oiseaux endémiques et indigènes de l'île de La Réunion. Volume 9, pages 16-21]. - BARRE N. et al. 1996. Oiseaux de La Réunion. Orphie Ed. 2005. 207p.
Mammifères terrestres (dont chiroptères)	- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - BARATAUD et al. 2013. Etude des chiroptères de La Réunion (rapport de mission). 26p. - BARATAUD et al., 2012. Identification et écologie acoustique des chiroptères de La Réunion (rapport de mission). 62 p - CACERES S., 2010. Plan de conservation de la Roussette noire (<i>Pteropus niger</i>) dans l'île de la Réunion. DIREN Réunion, ONCFS. 75p. - DIREN Réunion, 2008. Espèces déterminantes et complémentaires des ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques Faunistiques et Floristiques) - Mission de création du Parc National des Hauts de La Réunion, 2003. Premiers éléments de connaissance du patrimoine naturel indigène des hauts de La Réunion. 256 p.
MILIEU NATUREL MARIN	
Tortues marines	- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France - Faune de La Réunion. 23p. - PHILIPPE J.-S., BOURJEA J., CICCIONE S., BALLORAIN K., MARINESQUE S., GLENARD Z. 2014. Plan national d'actions en faveur des tortues marines des territoires français de l'océan Indien : La Réunion, Mayotte et Îles Éparses (2015-2020). Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de La Réunion. BIOTOPE, Kélonia, IFREMER, PARC NATUREL MARIN DE MAYOTTE, TAAF, PHAETON TRADUCTION. 4 volumes, 312 p.
Mammifères marins	- UICN, 2013 - Liste rouge des espèces menacées en France -

Groupe biologique	Références utilisées
	Faune de La Réunion. 23p. - COTTAREL G., DULAU V., MOUYSET L., MARTIN J., PHILIPPE J.-S. Plan Directeur de conservation en faveur des populations de dauphins fréquentant les eaux côtières réunionnaises (2018-2023). Ministère de la Transition écologique et solidaire, Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement de La Réunion. GLOBICE, BIOTOPE, 2018, 150 pages. - COTTAREL G., DULAU V., MOUYSET L., MARTIN J., PHILIPPE J.-S. Plan Directeur de conservation en faveur des Baleines à bosse (<i>Megaptera novaeangliae</i>) de La Réunion (2018-2023). Ministère de la Transition écologique et solidaire, Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement de La Réunion. GLOBICE, BIOTOPE, 2018, 136 pages.
Invertébrés / vertébrés marins	- UICN, 2021 - Liste rouge des espèces menacées en France et dans le monde - DEAL Réunion, 2018 – Liste des habitats et espèces déterminantes ZNIEFF pour La Réunion

5 Annexes

Annexe 2. Liste des espèces végétales recensées dans la zone d'étude

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	STATUT	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE
<i>Abutilon indicum</i> (L.) Sweet	Mauve du pays	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Acalypha wilkesiana</i> Müll.Arg.	Foulard	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Achyranthes aspera</i> L.	Herbe d'Eugène	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Achyranthes aspera</i> L. var. <i>velutina</i> (Hook. et Arn.) C.C. Towns.		?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Adiantum rhizophorum</i> Sw.		Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé
<i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	Palmier de Noël	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Herbe à bouc	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth.	Bois noir	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Alternanthera pungens</i> Kunth	Brède emballage à piquants	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Amaranthus viridis</i> L.	Pariétaire	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Argemone mexicana</i> L.	Chardon	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anderson	Herbe le rail	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C. Wendl.	Gros bambou	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Barleria prionitis</i> L.	Madame Gustave	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Bidens pilosa</i> L.	Piquant	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Boerhavia coccinea</i> Mill.	Bécabar batard	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Bougainvillée	?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Breynia retusa</i> (Dennst.) Alston	Mourongue marron	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Caesalpinia bonduc</i> (L.) Roxb.	Bonduc	Indigène	Non concerné	Taxon vulnérable	Déterminant	Taxon non protégé
<i>Canna indica</i> L.	Conflore	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC.	Patate cochon	Indigène	Non concerné	Taxon quasi menacé	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Liane poc-poc	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Filao pays	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé

5 Annexes

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	STATUT	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE
<i>Cassia fistula</i> L.	Cytise indien	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	Laurier jaune	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	Rose amère	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Cenchrus purpureus</i> (Schumach.) Morrone		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Chloris barbata</i> Sw.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Cocos nucifera</i> L.	Cocotier	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.	Raisin de mer	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	Songe	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Commelina benghalensis</i> L.	Grosse herbe de l'eau	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Corypha umbraculifera</i> L.	Talipot	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Cossinia pinnata</i> Comm. ex Lam.	Bois de judas	Indigène	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé
<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Croton bonplandianus</i> Baill.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Petit-chiendent	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Chiendent patte-poule	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Delosperma napiforme</i> (N.E. Br.) Schwantes	Lavangère	Indigène	Réunion	Taxon quasi menacé	Déterminant	Taxon protégé
<i>Desmodium incanum</i> (G. Mey.) DC.	Colle-colle	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Desmodium intortum</i> (Mill.) Urb.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Desmodium triflorum</i> (L.) DC.	Trèfle noir	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.	Ti cassi	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Digitaria radicata</i> (J. Presl) Miq.	Chiendent caille	Exotique ?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé

5 Annexes

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	STATUT	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Bois d'arnette	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Dombeya acutangula</i> Cav.	Mahot tantan	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon vulnérable	Déterminant	Taxon protégé
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Duranta erecta</i> L.	Fleurs i sentent la vanille	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Dyopsis lutescens</i> (H. Wendl.) Beentje et J. Dransf.	Palmier multipliant	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Elaeodendron orientale</i> Jacq.	Bois rouge	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé
<i>Eucalyptus robusta</i> Sm.	Eucalyptus rouge	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Euphorbia goliana</i> Lam.		Indigène	Réunion	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Jean Robert	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Euphorbia thymifolia</i> L.	Rougette	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Euphorbia viridula</i> Cordem. ex Radcl.-Sm.		Indigène	Réunion	Taxon en danger	Déterminant	Taxon protégé
<i>Ficus benghalensis</i> L.	Banier	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	Arbre de l'intendance	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Ficus reflexa</i> Thunb.	Ti l'affouche	Indigène	Madagascar, Seychelles et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.		Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Flacourtia indica</i> (Burm. f.) Merr.	Prune malgache	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw.	Choca vert	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Galactia tenuiflora</i> (Willd.) Wight et Arn.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Gladiolus luteus</i> Lam.		Indigène	Madagascar et Mascareignes	Taxon en danger	Déterminant	Taxon protégé
<i>Gossypium herbaceum</i> L.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Heliotropium amplexicaule</i> Vahl		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Helichrysum foetidum</i> (L.) Moench	Immortelle du Cap	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Mova	Indigène ?	Non concerné	Taxon en danger	Complémentaire	Taxon protégé

5 Annexes

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	STATUT	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE
<i>Indigofera amnoxylum</i> (DC.) Polhill	Bois de sable	Indigène	Réunion	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
<i>Indigofera diversifolia</i> DC.		Indigène	Madagascar et Mascareignes	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R. Br.	Patate à Durand	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Lantana camara</i> L.	Galabert	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Latania lontaroides</i> (Gaertn.) H.E. Moore	Latanier rouge	Indigène	Réunion	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
<i>Latania verschaaffeltii</i> Lem.	Latanier jaune	Exotique	Rodrigues	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) W.T. Aiton	Monte au ciel	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Lepturus repens</i> (G. Forst.) R. Br.		Indigène	Non concerné	Taxon vulnérable	Complémentaire	Taxon non protégé
<i>Leucas aspera</i> (Willd.) Link	Petit tombé	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Cassi	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C. Rob.	Avocat marron	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Livistona chinensis</i> (Jacq.) R. Br. ex Mart.	Palmier fontaine	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Lobelia cliffortiana</i> L.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Lobelia serpens</i> Lam.		Indigène	Madagascar et Mascareignes	Taxon vulnérable	Complémentaire	Taxon non protégé
<i>Lycium mascarenense</i> A.M. Venter et A.J. Scott	Souveraine de mer	Indigène	Non concerné	Taxon vulnérable	Complémentaire	Taxon non protégé
<i>Lysimachia mauritiana</i> Lam.		Indigène	Non concerné	Taxon quasi menacé	Complémentaire	Taxon non protégé
<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Herbe dure	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Melia azedarach</i> L.	Grand lilas	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Melochia pyramidata</i> L.	Herbe dure	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Herbe rose	Indigène ?	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Merremia tuberosa</i> (L.) Rendle	Rose de bois	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier f.		?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Mimusops coriacea</i> (A. DC.) Miq.	Pomme Jacot	Exotique	Madagascar et Comores	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé

5 Annexes

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	STATUT	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE
<i>Morinda citrifolia</i> L.	Malaye	Exotique	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Morongue	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Rameau	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott	Fougère rivière	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Nerium oleander</i> L.	Laurier rose	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Obetia ficifolia</i> (Poir.) Gaudich.	Bois d'ortie	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon en danger	Déterminant	Taxon protégé
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Ti trèfle	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Pandanus utilis</i> Bory	Vacoi	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Camomille	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Passiflora foetida</i> L.	Ti grenadelle	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Phaseolus lunatus</i> L.	Gros pois	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Phlebodium aureum</i> (L.) J Sm.	Patte de lièvre	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Phyllanthus amarus</i> Schumacher	Ti tamarin blanc	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Phytolacca americana</i> L.	Faux vin	Exotique ?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Petit plantain	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Polyscias cutispongia</i> (Lam.) Baker	Bois d'éponge	Indigène	Réunion	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
<i>Pongamia pinnata</i> (L.) Pierre	Pongame	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Pourpier rouge	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Psiadia retusa</i> (Lam.) DC.	La salière	Indigène	Réunion	Taxon vulnérable	Complémentaire	Taxon non protégé
<i>Ricinus communis</i> L.	Tantan	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Rivina humilis</i> L.	Groseille	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Sansevieria metallica</i> Gêrôme et Labroy		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.	Manioc marron du bord de mer	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Faux poivrier	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé

5 Annexes

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	STATUT	ENDÉMICITÉ	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	PROTECTION RÉGIONALE
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin et Barneby	Cassia du Siam	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Bringellier marron	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Lastron tendre	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipier du Gabon	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	Épi bleu	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Stachytarpheta urticifolia</i> Sims	Herbe à chenilles	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Stenotaphrum dimidiatum</i> (L.) Brongn.	Herbe bourrique	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jamblon	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Tabebuia pallida</i> (Lindl.) Miers		?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Tephrosia pumila</i> (Lam.) Pers. var. <i>ciliata</i> (Craib) Brummitt		Exotique ?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Terminalia bentzoë</i> (L.) L. f.	Benjoin	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
<i>Terminalia catappa</i> L.	Badamier	Exotique	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Tetragonia tetragonoides</i> (Pall.) Kuntze	Épinard	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Thespesia populnea</i> (L.) Sol. ex Corrêa	Porché	Indigène ?	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	Complémentaire	Taxon non protégé
<i>Thunbergia grandiflora</i> (Roxb. ex Rottler) Roxb.	Liane mauve	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Thunbergia laevis</i> Wall. ex Nees	Bec martin	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Tradescantia spathacea</i> Sw.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Tridax procumbens</i> L.	Casse-tout-seul	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Tropaeolum majus</i> L.	Capucine	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
<i>Urochloa maxima</i> (Jacq.) R.D. Webster	Fataque	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé

Annexe 3. Inventaire des invertébrés marins présents dans l'enceinte du bassin de baignade

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
<i>Annelide sp1</i>	Annélides	-	-	BIOTOPE
<i>Annelide sp2</i>	Annélides	-	-	BIOTOPE
<i>Baseodiscus delineatus</i>	Annélides	-	-	VIE OCEANE
<i>Baseodiscus hemprichii</i>	Annélides	-	-	VIE OCEANE
<i>Sabellidae sp1</i>	Annélides	-	-	BIOTOPE
<i>Spirobranchus sp.</i>	Annélides	-	-	BIOTOPE
<i>Alpheus lottini</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Amphinomidae sp1</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Arctides regalis</i>	Arthropodes	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
<i>Arthropode SP1</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Balanomorpha sp1</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Brachyura sp1</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Brachyura sp2</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Calcinus elegans</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Calcinus laevimanus</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Calcinus morgani</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Calcinus vanninii</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Camposcia cf. retusa</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Carpilius convexus</i>	Arthropodes	Oui	-	BIOTOPE
<i>Carpilius maculatus</i>	Arthropodes	Oui	-	VIE OCEANE
<i>Carupa tenuipes</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Chlorodiella nigra</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Cinetorhynchus erythrostictus</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Cinetorhynchus hiatti</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Clibanarius virescens</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Crabe sp1</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Crabe sp2</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Crabe sp3</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Crabe sp4</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Crevette sp1</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Cyclodius granulatus</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Cymo quadrilobatus</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Dardanus gemmatus</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Dardanus lagopodes</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Decapoda sp1</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
<i>Echinoecus pentagonus</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Enoplometopus occidentalis</i>	Arthropodes	Oui	Préoccupation mineure	BIOTOPE
<i>Gnathophyllum americanum</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Goniosupradens obtusifrons</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Leptodius sanguineus</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Lophozozimus pulchellus</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Lybia tessellata</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Macromedaeus nudipes</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Majoides sp1</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Malacostraca sp1</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Menaethius monoceros</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Neaxius acanthus</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Panulirus penicillatus</i>	Arthropodes	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
<i>Percnon affine</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Percnon guinotae</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Percnon planissimum</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Pilodius areolatus</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Plagusia immaculata</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Portunus longispinosus</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Saron marmoratus</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Saron sp2</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Stenopus hispidus</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Thalamita admete</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Thalamita picta</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Thor amboinensis</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Thranita coeruleipes</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Trapezia bidentata</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Trapezia flavopunctata</i>	Arthropodes	-	-	BIOTOPE
<i>Xanthias lamarcki</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Zozimus aenus</i>	Arthropodes	-	-	VIE OCEANE
<i>Acanthastrea echinata</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Acropora abrotanoides</i>	Cnidaires	Oui	En danger (Réunion)	VIE OCEANE
<i>Acropora digitifera</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
<i>Acropora gemmacea</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Acropora granulosa</i>	Cnidaires	Oui	-	VIE OCEANE
<i>Acropora humilis</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
<i>Acropora muricata</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Acropora sp.</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Acropora tenuis</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
<i>Coscinaraea monile</i>	Cnidaires	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
<i>Dipsastraea favus</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Dipsastraea matthaii</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Dipsastraea pallida</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Dipsastraea rotumana</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Dipsastraea speciosa</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Echinopora gemmacea</i>	Cnidaires	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
<i>Favites pentagona</i>	Cnidaires	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
<i>Favites sp aff complanata</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Favites sp.</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Galaxea fascicularis</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
<i>Goniastrea pectinata</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Goniastrea sp.</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Goniastrea stelligera</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Hydnophora exesa</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Hydnophora microconos</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Leptastrea purpurea</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Leptoria phrygia</i>	Cnidaires	Oui	Quasi-menacé	VIE OCEANE
<i>Montipora sp aff floweri</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Montipora sp aff informis</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Montipora sp aff undata</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
<i>Montipora sp aff verrucosa</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Palythoa natalensis</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Pavona cactus</i>	Cnidaires	Oui	Vulnérable	VIE OCEANE
<i>Pavona decussata</i>	Cnidaires	-	Vulnérable	VIE OCEANE
<i>Pavona explanulata</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Pavona varians</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Platygyra daedalea</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Platygyra pini</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Pocillopora acuta</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Pocillopora grandis</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Pocillopora verrucosa</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Porites lobata</i>	Cnidaires	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
<i>Porites lutea</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Psammocora profundacella</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Telmatactis sp.</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Telmatactis sp. aff. decora</i>	Cnidaires	-	-	VIE OCEANE
<i>Turbinaria mesenterina</i>	Cnidaires	-	Vulnérable	VIE OCEANE
<i>Actinopyga mauritiana</i>	Echinoderme	Oui	Vulnérable	BIOTOPE

5 Annexes

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
<i>Actinopyga sp1</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Astroboa nuda</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Astropyga mauritiana</i>	Echinoderme	-	-	VIE OCEANE
<i>Colobocentrotus atratus</i>	Echinoderme	Oui	-	BIOTOPE
<i>Diadema cetosum</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Diadema savigny</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Echinometra mathaei</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Echinostrephus molaris</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Echinothrix calamaris</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Echinothrix diadema</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Euapta godeffroyi</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Eucidaris metularia</i>	Echinoderme	Oui	-	BIOTOPE
<i>Ferdina flavescens</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Fromia milleporella</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Heterocentrotus mamillatus</i>	Echinoderme	Oui	-	BIOTOPE
<i>Heterocentrotus trigonarius</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Holothuria (Microthele) nobilis</i>	Echinoderme	Oui	En danger	BIOTOPE
<i>Holothuria arenicola</i>	Echinoderme	-	-	VIE OCEANE
<i>Holothuria atra</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Holothuria cf. pervicax</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Holothuroidea sp1</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Holothuroidea sp2</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Holothuroidea sp3</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Holothuroidea sp4</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Holothuroidea sp5</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Holothuria impatiens</i>	Echinoderme	-	-	VIE OCEANE
<i>Ophiocoma cf. cynthiae</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Ophiocoma dentata</i>	Echinoderme	-	-	VIE OCEANE
<i>Ophiocoma krohi</i>	Echinoderme	-	-	VIE OCEANE
<i>Ophiocoma pica</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Ophiotrichidae sp1</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Ophiuroidea sp1</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Ophiuroidea sp2</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Ophiuroidea sp3</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Ophiuroidea sp4</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Ophiuroidea sp5</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Stichopus cf sp1</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Stichopus chloronotus</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
<i>Stichopus monotuberculatus</i>	Echinoderme	-	-	VIE OCEANE
<i>Stichopus sp cf monotuberculatus</i>	Echinoderme	-	-	VIE OCEANE
<i>Stichopus sp1</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Toxopneustes pileolus</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Tripneustes gratilla</i>	Echinoderme	-	-	BIOTOPE
<i>Aplysia oculifera</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Bivalve sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Bullina lineata</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Bursatella leachii</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Caenogastropoda sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Callistocotopus ornatus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Cardita variegata</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Chama asparella</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Chama limbula</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Conidae cf coronatus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp10</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp11</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp2</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp3</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp4</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp5</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp6</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp7</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp8</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conidae sp9</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conus chaldaeus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conus coronatus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conus ebraeus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conus lividus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conus miliaris</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conus parvatus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Conus sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Cypraeidae sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Dendrodoris tuberculosa</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Dolabrifera dolabrifera</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Drupella cornus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Elysia marginata</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Engina cf. mendicaria</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
<i>Euplica turturina</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Gasteropoda cf sp2</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Gasteropoda sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Gasteropoda sp2</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Gasteropoda sp3</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Gasteropoda sp4</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Gasteropoda sp5</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Gasteropoda sp6</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Gasteropoda sp7</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Gasteropoda sp8</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Gymnodoris citrina</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Gymnodoris okinawae</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Haliotis cf. rugosa</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Heterobranchia sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Hexabanchus sanguineus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Hydatina physis</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Jorunna funebris</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Jorunna parva</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Jorunna rubescens</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Mancinella alouina</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Mauritia mauritiana</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Mauritia sp1 cf arabica</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Modiolus auriculatus</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Mollusque sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Mollusque sp2</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Mollusque sp3</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Mollusque sp4</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Mollusque sp5</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Monetaria caputserpentis</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Monetaria sp. juvénile</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Morula aspera</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Morula uva</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Nassarius gaudiosus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Neopycnodonte cochlear</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Neritomorpha sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Nudibranche sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Octopus cyanea</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Patelle sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Patellogastropoda sp1</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE

5 Annexes

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
<i>Peristernia forkali</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Phanerophthalmus sp.</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Pinctada imbricata</i>	Mollusque	(Non id. ?)	-	VIE OCEANE
<i>Pinna muricata</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Pleurobranchus peronii</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Quasimitra cf raphaeli</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Streptopinna saccata</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Strigatella cf litterata</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Tanea undulata</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Tonna perdx</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Tridacna maxima</i>	Mollusque	Oui	-	VIE OCEANE
<i>Tridacna squamosa</i>	Mollusque	Oui	-	VIE OCEANE
<i>Turbo argyrostomus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Turbo setosus</i>	Mollusque	-	-	BIOTOPE
<i>Vexillum amabile</i>	Mollusque	-	-	VIE OCEANE
<i>Paraplanocera sp. aff. oligoglana</i>	Plathelminthes	-	-	VIE OCEANE
<i>Pericelis sp.</i>	Plathelminthes	-	-	VIE OCEANE
<i>Plathelminthe sp1</i>	Plathelminthes	-	-	BIOTOPE
<i>Plathelminthe sp2 cf Pseudocerotid sp</i>	Plathelminthes	-	-	BIOTOPE
<i>Plathelminthe sp3</i>	Plathelminthes	-	-	BIOTOPE
<i>Prosthiostomidae sp.</i>	Plathelminthes	-	-	VIE OCEANE
<i>Pseudobiceros gratus</i>	Plathelminthes	-	-	VIE OCEANE
<i>Pseudobiceros sp1</i>	Plathelminthes	-	-	BIOTOPE
<i>Haliclona sp1</i>	Spongiaire	-	-	BIOTOPE
<i>Spongiaire sp1</i>	Spongiaire	-	-	BIOTOPE
<i>Spongiaire sp2</i>	Spongiaire	-	-	BIOTOPE

Annexe 4. Illustrations d'invertébrés marins recensés dans le bassin de baignade (Biotope, 2021)

Espèces observées durant les prospections diurnes



Annelidé : Sabellidae non identifiée



Mollusque : *Strigatella cf litterata*



Arthropodes : *Cymo quadrilobatus*



Mollusque : *Haliotis cf. rugosa*



Echinoderme : *Toxopneustes pileolus*



Mollusque : *Jorunna parva*



Spongiaire : *Haliclona non identifiée*



Mollusque : *Hexabranhus sanguineus*



Mollusque : *Monetaria caputserpentis*



Mollusque : *Turbo setosus*

- Espèces observées durant les prospections nocturnes :



Arthropode : *Echinoecus pentagonus*



Arthropode : *Saron marmoratus*



Echinoderme : *Euapta godeffroyi*



Echinoderme : *Astroboa nuda*



Mollusque : *Bullina lineata*



Mollusque: *Bursatella leachii*



Mollusque : *Hydatina pysis*



Mollusque : *Tanea undulata*

Annexe 5. Liste des espèces de poissons inventoriés dans la zone d'étude

Source : Biotope 2018 & 2021, et Vie Océane, 2021

Famille	Nom scientifique	Source	
Acanthuridae	<i>Acanthurus guttatus</i> Bloch & Schneider, 1801	Biotope, 20218	
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigricauda</i> Duncker & Mohr, 1929	Biotope, 20218	
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigrofuscus</i> (Forsskål in Niebuhr, 1775)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Acanthuridae	<i>Acanthurus polyzona</i> (Bleeker, 1868)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Acanthuridae	<i>Acanthurus triostegus</i> (Linnaeus, 1758)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Acanthuridae	<i>Ctenochaetus binotatus</i>		Vie Océane 2021
Acanthuridae	<i>Ctenochaetus striatus</i> (Quoy & Gaimard, 1825)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Acanthuridae	<i>Naso brevirostris</i> (Cuvier, 1829)	Biotope, 20218	
Acanthuridae	<i>Naso elegans</i> (Rüppell, 1829) (Nouveau nom de <i>Naso lituratus</i>)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Acanthuridae	<i>Naso unicornis</i> (Forsskål in Niebuhr, 1775)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Acanthuridae	<i>Zebrasoma scopas</i> (Cuvier, 1829)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Holocentridae	<i>Myripristis aff. hexagona</i>		Vie Océane 2021
Holocentridae	<i>Sargocentron diadema</i> (Lacepède, 1802)	Biotope, 20218	
Holocentridae	<i>Sargocentron punctatissimum</i>		Vie Océane 2021
Mullidae	<i>Mulloidichthys auriflamma</i> (Forsskål in Niebuhr, 1775)	Biotope, 20218	
Mullidae	<i>Mulloidichthys flavolineatus</i> (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Mullidae	<i>Mulloidichthys vanicolensis</i>		Vie Océane 2021
Mullidae	<i>Parupeneus ciliatus</i>		Vie Océane 2021
Mullidae	<i>Parupeneus cyclostomus</i> (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	
Mullidae	<i>Parupeneus macronemus</i> (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Mullidae	<i>Parupeneus trifasciatus</i> (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Mullidae	<i>Parupeneus trifasciatus</i> (Lacepède, 1801)	Biotope, 2021	
Scaridae	<i>Chlorurus sordidus</i>		Vie Océane 2021
Scaridae	<i>Scarus scaber</i> Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1840	Biotope, 20218	
Scaridae	<i>Scarus sp.</i>	Biotope, 20218	
Serranidae	<i>Epinephelus merra</i> Bloch, 1793	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Serranidae	<i>Grammistes sexlineatus</i> (Thunberg, 1792)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Siganidae	<i>Siganus sutor</i> (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1835)	Biotope, 20218	
Apogonidae	<i>Apogon sp.</i>	Biotope, 20218	
Apogonidae	<i>Ostorhinchus aff. cookii</i>		Vie Océane 2021
Apogonidae	<i>Ostorhinchus aff. taeniophorus</i>		Vie Océane 2021
Apogonidae	<i>Pristiapogon kallopterus</i>		Vie Océane 2021
Atherinidae	<i>Atherinomorus aff. lacunosus</i>		Vie Océane 2021
Aulostomidae	<i>Aulostomus chinensis</i> (Linnaeus, 1766)	Biotope, 20218	
Balistidae	<i>Rhinecanthus rectangulus</i> (Lacepède in Bloch & Schneider, 1801)	Biotope, 20218	
Balistidae	<i>Sufflamen bursa</i> (Lacepède in Bloch & Schneider, 1801)	Biotope, 20218	
Balistidae	<i>Sufflamen chrysopteron</i> (Bloch & Schneider, 1801)	Biotope, 20218	
Belonidae	<i>Strongylura (leiura)</i>	Biotope, 2021	Vie Océane 2021
Blenniidae	<i>Bleniella gibbifrons</i>		Vie Océane 2021
Blenniidae	<i>Bleniella periophthalmus</i>		Vie Océane 2021
Blenniidae	<i>Cirripectes castaneus</i>	Biotope, 20218	Vie Océane 2021

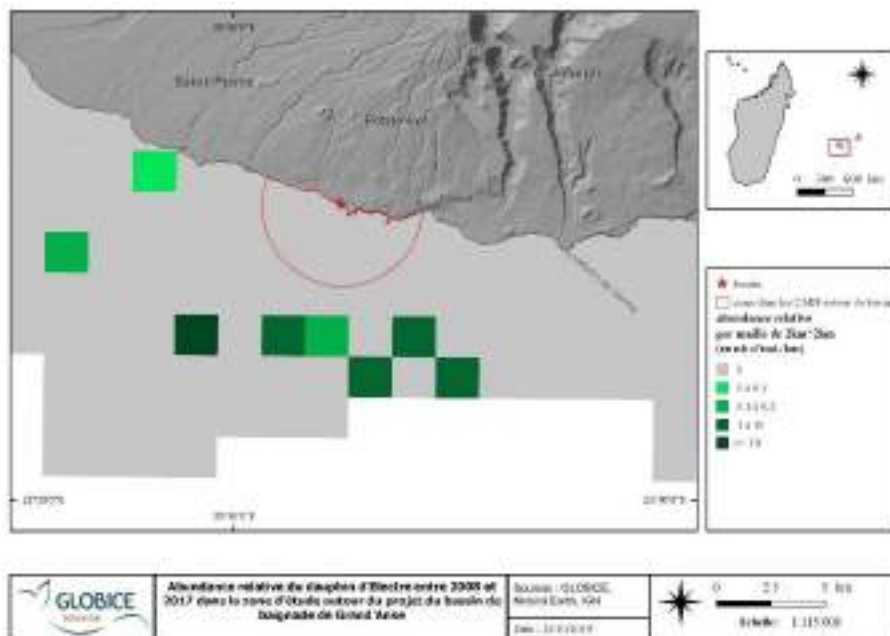
Familie		Nom scientifique	Source	
Blenniidae	<i>Cirripectes randalli</i>			Vie Océane 2021
Blenniidae	<i>Cirripectes stigmaticus</i>			Vie Océane 2021
Blenniidae	<i>Ecsenius lineatus</i> Klausewitz, 1962		Biotope, 20218	
Blenniidae	<i>Exallias brevis</i> (Kner, 1868)		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Blenniidae	<i>Isitiblennius edentulus</i>			Vie Océane 2021
Bothidae	<i>Bothus mancus</i>			Vie Océane 2021
Chaetodontidae	<i>Chaetodon auriga</i> Forsskål in Niebuhr, 1775		Biotope, 20218	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon guttatissimus</i> Bennett, 1833		Biotope, 20218	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon kleinii</i> Bloch, 1790		Biotope, 20218	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon lineolatus</i> (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1831)		Biotope, 20218	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon lunula</i> (Lacepède, 1802)		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Chaetodontidae	<i>Chaetodon meyeri</i> Schneider in Bloch & Schneider, 1801		Biotope, 20218	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon trifasciatus</i> Park, 1797		Biotope, 2021	Vie Océane 2021
Chaetodontidae	<i>Chaetodon vagabundus</i> Linnaeus, 1758		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Chaetodontidae	<i>Forcipiger flavissimus</i> Jordan & McGregor in Jordan & Evermann, 1898		Biotope, 2021	
Chaetodontidae	<i>Heniochus acuminatus</i> (Linnaeus, 1758)		Biotope, 20218	
Cirrhitidae	<i>Cirrhitops fasciatus</i> (Bennett, 1828)		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Cirrhitidae	<i>Paracirrhites arcatus</i> (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1829)		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Cirrhitidae	<i>Paracirrhites forsteri</i> (Schneider in Bloch & Schneider, 1801)		Biotope, 20218	
Congridae	<i>Conger cinereus</i>		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i> Rüppell, 1838		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Gobiidae	<i>Pleurosicya micheli</i>			Vie Océane 2021
Kuhliidae	<i>Kuhlia caudavittata</i>			Vie Océane 2021
Kuhliidae	<i>Kuhlia marginata</i>			Vie Océane 2021
Kuhliidae	<i>Kuhlia mugil</i>			Vie Océane 2021
Kyphosidae	<i>Kyphosus aff. cinerascens</i>			Vie Océane 2021
Kyphosidae	<i>Kyphosus vaigiensis</i>			Vie Océane 2021
Labridae	<i>Anampses caeruleopunctatus</i> Rüppell, 1829		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Labridae	<i>Anampses lineatus</i> Randall, 1972		Biotope, 20218	
Labridae	<i>Cheilinus trilobatus</i> Lacepède, 1801		Biotope, 20218	
Labridae	<i>Coris aygula</i> Lacepède, 1801		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Labridae	<i>Coris cuvieri</i>			Vie Océane 2021
Labridae	<i>Gomphosus caeruleus</i> Lacepède, 1801		Biotope, 20218	
Labridae	<i>Halichoeres hortulanus</i>			Vie Océane 2021
Labridae	<i>Halichoeres marginatus</i>			Vie Océane 2021
Labridae	<i>Halichoeres nebulosus</i> (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1839)		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Labridae	<i>Halichoeres scapularis</i> (Bennett, 1832)		Biotope, 20218	
Labridae	<i>Halichoeres sp. juv</i>			Vie Océane 2021
Labridae	<i>Labroides dimidiatus</i> (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1839)		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Labridae	<i>Thalassoma amblycephalum</i> (Bleeker, 1856)		Biotope, 20218	
Labridae	<i>Thalassoma genivittatum</i> (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1839)		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Labridae	<i>Thalassoma hardwicke</i> (Bennett, 1830)		Biotope, 20218	
Labridae	<i>Thalassoma purpurum</i>			Vie Océane 2021
Labridae	<i>Thalassoma trilobatum</i> (Lacepède, 1801)		Biotope, 20218	Vie Océane 2021
Labridae	<i>Novaculichthys taeniourus</i>			Vie Océane 2021
Microdesmidae	<i>Nemateleotris magnifica</i> Fowler, 1938		Biotope, 20218	
Microdesmidae	<i>Ptereleotris evides</i> (Jordan & Hubbs, 1925)		Biotope, 20218	

Famille	Nom scientifique	Source
Monacanthidae	<i>Pervagor janthinosoma</i>	Vie Océane 2021
Mugilidae	<i>Crenimugil aff. crenilabis</i>	Vie Océane 2021
Muraenidae	<i>Echidna nebulosa</i> (Ahl, 1789)	Biotope, 2021 Vie Océane 2021
Muraenidae	<i>Gymnomuraena zebra</i> (Shaw in Shaw & Nodder, 1797)	Biotope, 2021
Muraenidae	<i>Gymnothorax chilospilus</i> Bleeker, 1864	Biotope, 2021
Muraenidae	<i>Gymnothorax enigmaticus</i>	Vie Océane 2021
Muraenidae	<i>Gymnothorax eurostus</i> (Abbott, 1860)	Biotope, 2021
Muraenidae	<i>Gymnothorax griseus</i>	Vie Océane 2021
Muraenidae	<i>Gymnothorax meleagris</i>	Vie Océane 2021
Muraenidae	<i>Gymnothorax rueppelliae</i> (McClelland, 1845)	Biotope, 2021 Vie Océane 2021
Ostraciidae	<i>Ostracion cubicus</i> Linnaeus, 1758	Biotope, 2021 Vie Océane 2021
Pempheridae	<i>Pempheris oualensis</i>	Vie Océane 2021
Pempheridae	<i>Pempheris schwenckii</i> Bleeker, 1855	Biotope, 20218
Pempheridae	<i>Pempheris sp.</i>	Vie Océane 2021
Pinguipedidae	<i>Parapercis sp.</i>	Biotope, 20218
Pomacanthidae	<i>Centropyge bispinosa</i>	Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Abudefduf sexfasciatus</i> (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218 Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Abudefduf sparoides</i>	Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Abudefduf vaigiensis</i> (Quoy & Gaimard, 1825)	Biotope, 20218 Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Chromis nigrura</i> Smith, 1960	Biotope, 20218
Pomacentridae	<i>Chrysiptera brownriggii</i> (Bennett, 1828)	Biotope, 20218 Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Chrysiptera glauca</i> (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1830)	Biotope, 20218 Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Dascyllus aruanus</i>	Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon dickii</i> (Liénard, 1839)	Biotope, 20218 Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon imparipennis</i> (Sauvage in Vaillant & Sauvage, 1875)	Biotope, 20218
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i> (Quoy & Gaimard, 1825)	Biotope, 20218
Pomacentridae	<i>Plectroglyphidodon phoenixensis</i> (Schultz, 1943)	Biotope, 20218
Pomacentridae	<i>Pomachromis richardsoni</i> (Snyder, 1909)	Biotope, 20218
Pomacentridae	<i>Stegastes limbatus</i> (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1830)	Biotope, 20218 Vie Océane 2021
Pomacentridae	<i>Stegastes luteobrunneus</i> (Smith, 1960)	Biotope, 20218
Pomacentridae	<i>Stegastes nigricans</i> (Lacepède, 1802)	Biotope, 20218
Pomacentridae	<i>Stethojulis albobittata</i> (Bonnaterre, 1788)	Biotope, 20218 Vie Océane 2021
Scorpaenidae	<i>Caracanthus sp.</i>	Biotope, 2021 Vie Océane 2021
Scorpaenidae	<i>Dendrochirus zebra</i>	Vie Océane 2021
Scorpaenidae	<i>Pterois antennata</i> (Bloch, 1787)	Biotope, 2021 Vie Océane 2021
Scorpaenidae	<i>Pterois miles</i>	Vie Océane 2021
Scorpaenidae	<i>Scorpaenopsis diabolus</i>	Vie Océane 2021
Scorpaenidae	<i>Sebastapistes aff. mauritiana</i>	Vie Océane 2021
Scorpaenidae	<i>Sebastapistes tinkhami</i> (Fowler, 1946)	Biotope, 2021 Vie Océane 2021
Scorpaenidae	<i>Taenianotus triacanthus</i> Lacepède, 1802	Biotope, 2021
Serranidae	<i>Epinephelus hexagonatus</i>	Vie Océane 2021
Syngnathidae	<i>Corythoichthys flavofasciatus</i>	Vie Océane 2021
Syngnathidae	<i>Corythoichthys schultzi</i>	Vie Océane 2021
Syngnathidae	<i>Doryrhamphus bicarinatus</i>	Vie Océane 2021
Syngnathidae	<i>Hippocampus jayakari</i> Boulenger, 1900	Biotope, 2021
Synodontidae	<i>Saurida gracilis</i>	Vie Océane 2021

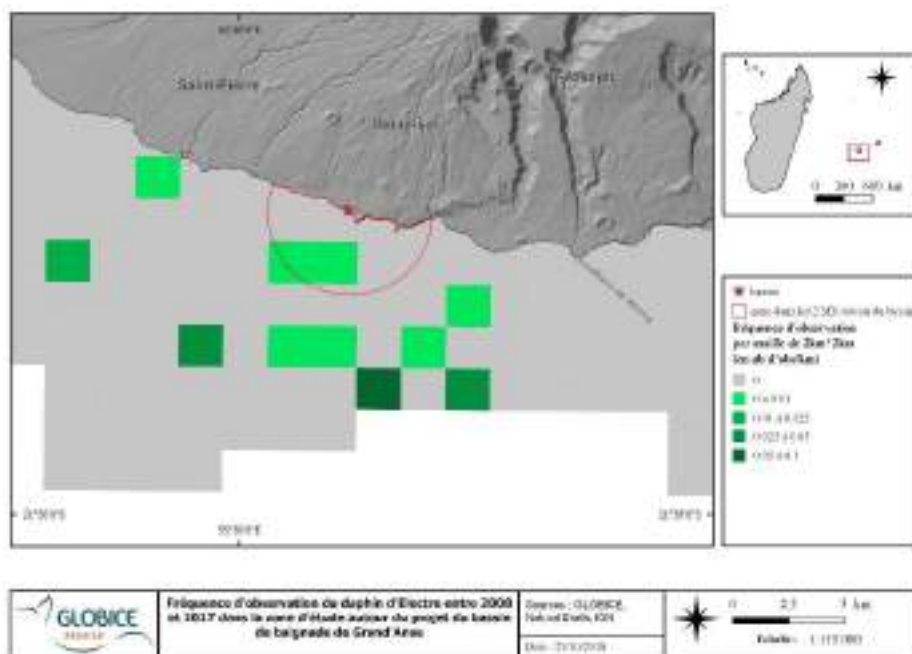
Famille	Nom scientifique	Source	
Synodontidae	<i>Synodus dermatogenys</i>		Vie Océane 2021
Tetraodontidae	<i>Canthigaster aff. amboinensis</i>		Vie Océane 2021
Tripterygiidae	<i>Enneapterygius gruschkai</i>		Vie Océane 2021
Tripterygiidae	<i>Enneapterygius sp.</i>		Vie Océane 2021
Tripterygiidae	<i>Enneapterygius tutuilae</i>		Vie Océane 2021
Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i> (Linnaeus, 1758)	Biotope, 20218	Vie Océane 2021

5 Annexes

Annexe 6. *Eléments cartographiques relatifs aux mammifères observés dans la zone d'étude*

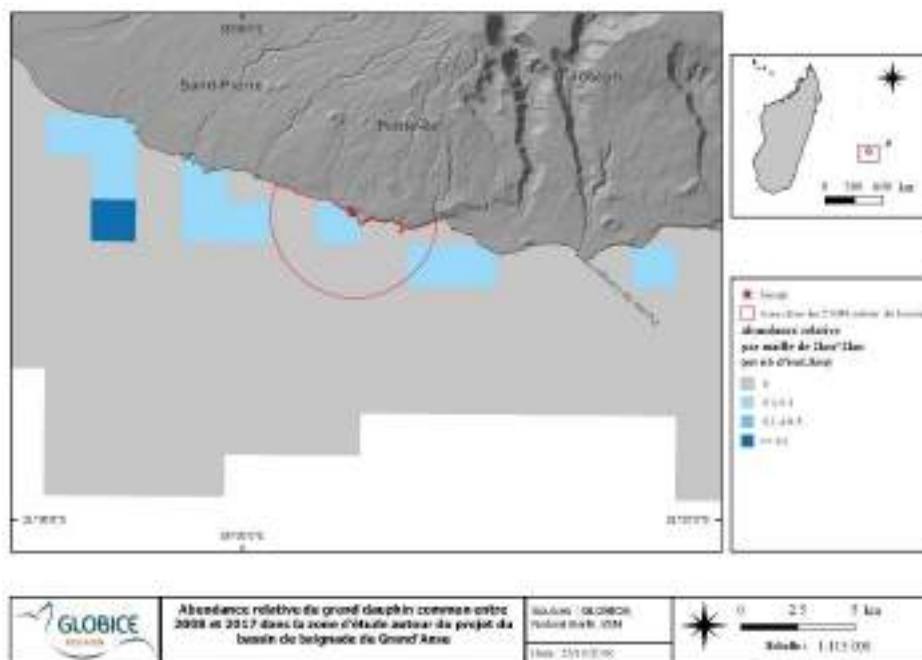


Abondance relative du Dauphin d'Électre entre 2008 et 2017

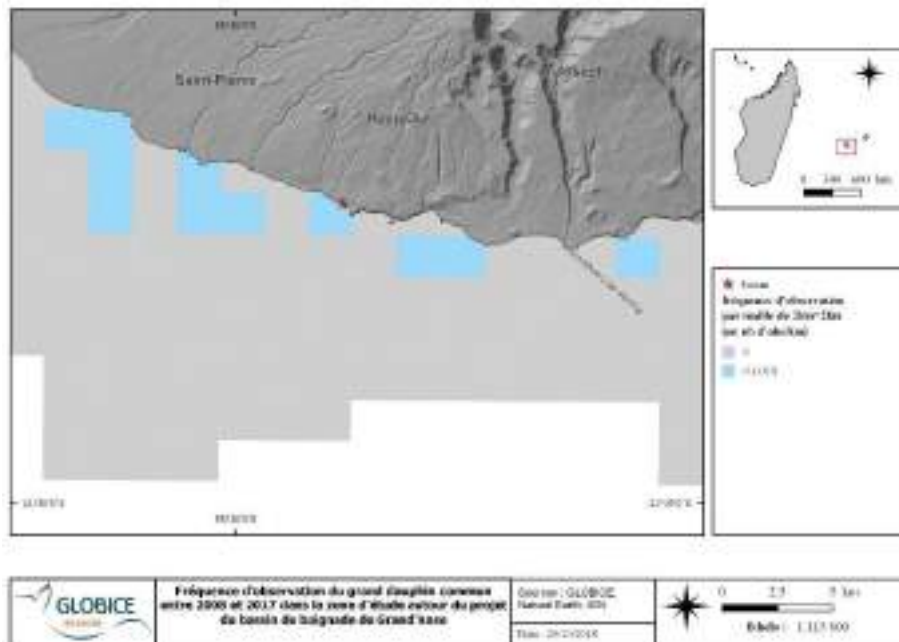


Fréquence d'observation du Dauphin d'Électre entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

5 Annexes

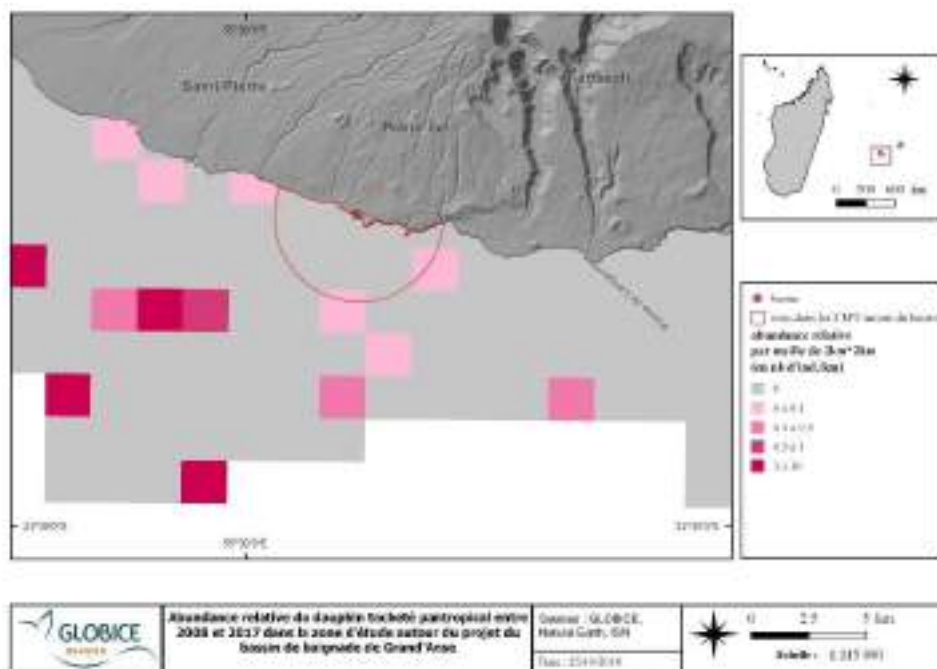


Abondance relative du Grand dauphin commun entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

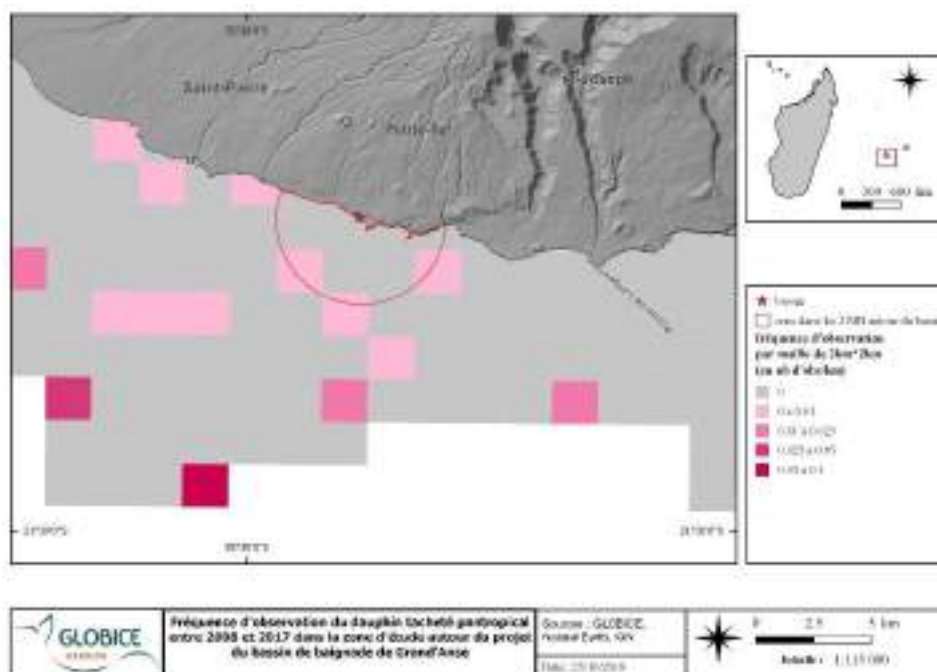


Fréquence relative du Grand dauphin commun entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

5 Annexes



Abondance relative du Dauphin pantropical tacheté entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)



Fréquence d'observation du Dauphin pantropical tacheté entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

ANNEXE 2 : PHASE 2 : IMPACT ET MESURES : VOLET FAUNE, FLORE REALISEE PAR BIOTOPE EN SEPTEMBRE 2022.



Maîtrise d'œuvre relative aux travaux d'extension du bassin de Grande Anse

SPL MARAINA
Mai 2023

**PHASE 2 – IMPACTS &
MESURES : volet faune et
flore (actualisation)**



Citation recommandée	BIOTOPE, 2022 – Mission de maîtrise d'œuvre pour l'extension du bassin de baignade de Grande Anse – Mission MC3 / Volet milieux naturels, faune et flore - PHASE 2 : impacts et mesures – Actualisation. SPL Maraina, Safege. 71 p.	
Version/Indice	V3	
Date	Mai 2023	
Nom de fichier	BIOTOPE_Suez_ExtensionBassinGrandAnse_Mission_MC3_IM_Actualisation_16052023_C	
N° de contrat	2018514	
Maître d'ouvrage	SPL MARAINA	
Interlocuteur	M. Redha MANSERI	Contact : redha.manseri@spl-maraina.com Tel : 02 62 91 91 60
BIOTOPE Chef de projet	Chef de projet : Jean-Sébastien PHILIPPE Chargé d'étude : Aymeric BEIN Responsable de qualité : Mathieu SOUQUET	Contact : jsphilippe@biotope.fr abein@biotope.fr msouquet@biotope.fr Tél : 0692 15 71 20

Sommaire

1	Introduction	4
2	Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale	6
1	Principes généraux	7
2	Détail des aménagements et travaux prévus en lien avec l'évaluation environnementale	8
2.1	La construction du local de surveillance de la baignade	9
2.2	L'extension et protection du bassin	10
2.1	Solution retenue pour le renouvellement de l'eau dans le bassin	12
2.2	Aménagement de la fosse d'apprentissage pour la natation	12
2.3	Aménagements et travaux prévus au niveau de la plage	13
2.4	Les aménagements hydrauliques	13
2.5	Etapes spécifiques et travaux associés	15
3	Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet	17
1	Effets prévisibles du projet	18
1.1	Liste des effets potentiels identifiés	18
1.2	Description des impacts	19
2	Mesures d'évitement, de réduction, de compensation et suivi des effets du projet	31
2.1	Stratégie d'atténuation des impacts du projet	31
2.2	Détail des mesures	33
2.3	Synthèse des impacts résiduels du projet et analyse du besoin de compensation	66
2.4	Mesure de compensation	71
3	Scénario de référence	78
3.1	Description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement : le « scénario de référence »	78
3.2	Facteurs influençant l'évolution du site	78
3.3	Évolution probable du scénario de référence en l'absence ou en cas de mise en œuvre du projet	79
4	Impacts cumulés avec d'autres projets	80
4	Annexes	81



1

Introduction

Introduction

La SPL MARAINA porte actuellement un projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse, situé sur la commune de Petite-Ile. En s'appuyant sur le bassin existant, ce projet propose donc un agrandissement (vers l'ouest), offrant une zone de baignade sécurisée pour le sud de La Réunion. Au regard de sa situation, il convient toutefois de bien intégrer les enjeux écologiques associés, notamment pour le milieu marin, car le site s'intègre dans un complexe récifal. Ainsi, il est important de travailler de telle sorte à intégrer, dès sa conception et jusqu'à sa réalisation, les mesures environnementales garantissant une intégration optimale de ce projet dans le contexte écologique local. La prise en compte de l'environnement dans toutes les étapes du projet (conception, mise au point, réalisation, gestion) requiert la mise en œuvre d'un ensemble de procédures, de méthodes et d'outils adaptés à chacune d'entre elles.

Pour ce projet, dans un groupement porté par le bureau d'étude SAFEGE, BIOTOPE assure donc une partie de la mission de maîtrise d'œuvre, en proposant l'ensemble des compétences inhérentes au contexte écologique, que ce soit pour le milieu marin et le milieu terrestre.

La présente mission s'intègre dans la *mission complémentaire (MC3)*, où BIOTOPE va réaliser les expertises écologiques du milieu terrestre (littoral : habitats, faune et flore) et marin (biocénoses, peuplements marins, mégafaune marine et qualité de l'eau). Cela viendra également intégrer le dossier réglementaire relatif à l'étude d'impact, pour le volet faune et flore, (milieu marin et terrestre).

Dans le cadre de ce projet, le présent rapport fait suite au diagnostic écologique (Phase 1) et présente les impacts et mesures du volet faune et flore de l'étude d'impact, pour les milieux terrestres et marins.



2

Description simplifiée du
projet et des travaux en lien
avec l'évaluation
environnementale

Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

1 Principes généraux

Pour rappel, ce projet concerne donc l'extension du bassin de baignade de Grand-Anse, situé sur la Commune de Petite-Ile, et porté par cette même commune et la SPL Maraina.



En considérant l'actuel bassin de baignade, et sur la base des aménagements réalisés au niveau de l'arrière-plage (travaux en cours), il convient de définir un projet global offrant un site favorable à la baignade sur cette portion de littoral exposé à certains risques (forte houle, mer ouverte avec courants, risque requin, ...).

Le projet d'extension et rénovation du bassin de baignade de Grande Anse comprend les aménagements suivants :

Aménagements terrestres

- Un local de surveillance de la baignade sera construit en haut de plage avec une partie réservée aux Personnes à Mobilité Réduite - PMR ;
- Le mur de soutènement du belvédère sera en partie détruit et remplacé par un talus végétalisé ;
- L'accès au bassin est actuellement perturbé par la présence d'un muret, au niveau de l'estran, rendant le cheminement glissant et parfois dangereux. Il sera démoli lors des travaux ;
- L'exutoire d'un talweg débouchant directement sur la plage, au droit du bassin de baignade, et pouvant potentiellement être une source de dégradation de la qualité des eaux de baignades en cas d'écoulement, sera redirigé directement en mer par l'aménagement d'une canalisation sous la plage et sous le bassin ;

Aménagements maritimes

- La protection en enrochements délimitant le bassin sera renforcée et étendue vers l'Ouest. Ainsi, la capacité d'accueil du bassin sera quasiment doublée pour atteindre une surface avoisinant les 6400m² ;
- Une zone d'apprentissage à la baignade sera creusée dans le bassin d'une surface de 650m² environ et de profondeur variant de 0,00 à 1,50m ;
- La canalisation permettant de diriger l'écoulement du talweg sera implantée sous le bassin et un exutoire sera créé côté mer de la protection en enrochement du bassin de baignade.



Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

Figure 1 – Esquisse simplifiée et éloignée du projet /version Août 2019 - (source : Suez-Safege, 2020)



Figure 2 – Plan général du projet d'extension du bassin de baignage (source : Suez-Safege, 2022)

2 Détail des aménagements et travaux prévus en lien avec l'évaluation environnementale

Source : *Rapport de projet – Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile* (Suez, 2022)

Ce projet se traduit par différents travaux, à savoir :

- La construction du local de surveillance de la baignade,
- Les travaux maritimes d'extension du bassin : protection en enrochements du bassin
- Le renouvellement de l'eau dans le bassin
- La fosse d'apprentissage pour la natation
- La destruction du muret sur l'estran
- Reprofilage de la plage
- Les aménagements hydrauliques du talweg

Concernant l'ordre d'exécution des ouvrages et aménagements, cela suivra la chronologie suivante :

- 1- Installations de chantier, délimitation des zones de stockage, signalisation de chantier, etc. – *Moyens utilisés* : -
- 2- Mise en place du cheminement pour engins sur la zone des travaux – *Moyens utilisés* : *Tombereaux, pelle mécanique.*
- 3- Réalisation de la protection en enrochements du bassin et travaux liés – *Moyens utilisés* : *Tombereaux, Pelle mécanique au niveau de la zone de stockage + Pelle mécanique sur la digue et BRH*

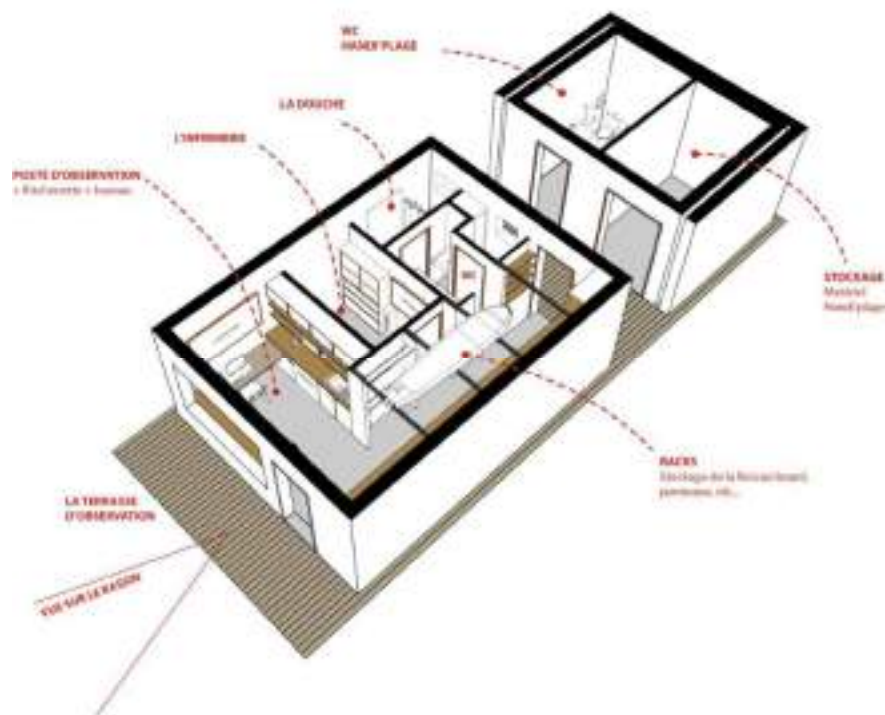
Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

- 4- Réalisation de l'exutoire de la canalisation du talweg – *Moyens utilisés : Tombereaux, Pelle mécanique avec BRH*
- 5- Réalisation de la canalisation du talweg – *Moyens utilisés : Tombereaux, Matériel et engins de forage dirigé*
- 6- Démolition du mur de soutènement sur l'estran – *Moyens utilisés : Tombereaux, Matériel et engins de démolition*
- 7- Déroctage des berges et d'une partie du bassin – *Moyens utilisés : Tombereaux, Pelle mécanique avec BRH*
- 8- Finitions, nettoyage et remise en état de la zone – *Moyens utilisés : -*

2.1 La construction du local de surveillance de la baignade

Le local de surveillance sera aménagé sur l'actuel emplacement du belvédère afin de permettre une bonne visibilité sur l'ensemble de l'emprise du bassin de baignade pour les MNS. Le haut de plage sera modifié pour accueillir le local. Le mur de soutènement du belvédère existant sera démoli à hauteur du sable, la base du mur enfoui sera conservée pour stabiliser le talus. Des boudins cocos seront installés pour recréer un talus végétalisé en avant du local de surveillance. La partie de mur se situant au niveau du cordon de vacoa sera en revanche conservée afin d'assurer la stabilité du talus.

D'un point de vue conception, le local de surveillance se divisera en deux espaces principaux : le local principal destiné aux MNS et des locaux handiplage.



Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale



Figure 3 – Plan du local (en haut) et esquisse pour le local (en bas) (source : Safege, 2020)



Figure 4 – Vue sur le futur talus végétalisé et le local de surveillance

2.2 L'extension et protection du bassin

Afin de sécuriser la baignade, il est envisagé la réalisation d'une digue de protection constituée d'un talus de protection en blocs naturels. L'objectif est d'assurer la stabilité de la digue de protection pour des conditions extrêmes et d'atteindre le débit de franchissement de sécurité pour les baigneurs pour des conditions annuelles. Pour la zone de baignade, des travaux de déroctage sont également prévus pour égaliser et proposer une profondeur adéquate.

La protection en enrochements concerne donc une longueur tronçon principal d'une longueur de 165 m et un tronçon de retour d'une longueur de 30 m. La bathymétrie moyenne en pied d'ouvrage est de -0.5m (NGR), avec une pente des fonds de 5 %.

Concernant le tronçon principal :

- Altimétrie de la berme : +1,10m NGR ;
- Profondeur de la butée de pied : 0.50 m ;

Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

- Largeur de la butée de pied : 2.20 m.
- Diamètres moyens des blocs : 0.45m en sous couche, 0.95m en carapace

Concernant le tronçon de retour :

- Altimétrie de la berme : 0.80m à 1,10m NGR ;
- Profondeur de la butée de pied : 0.50 m ;
- Largeur de la butée de pied : 1.80 m.
- Diamètres moyens des blocs : 0.40m en sous couche, 0.80m en carapace

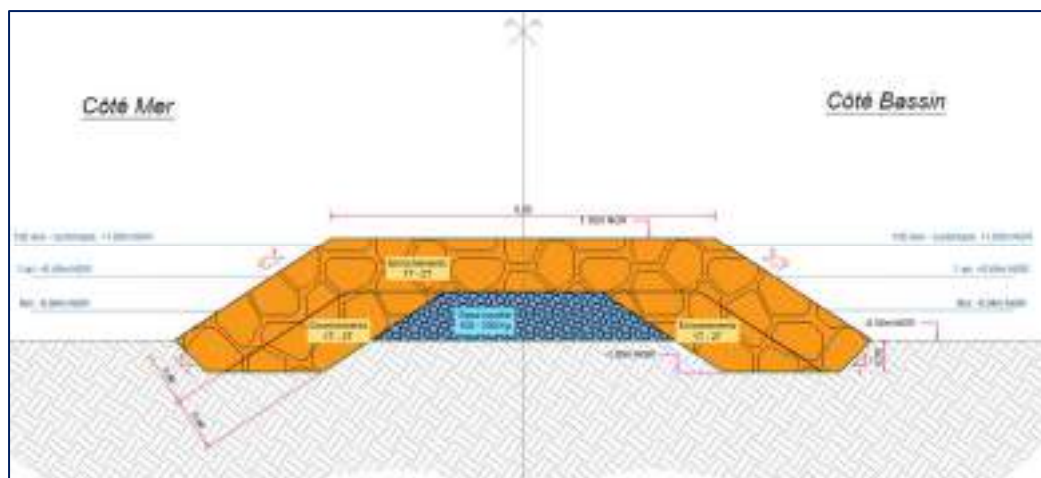


Figure 5 – Coupe de la digue – Tronçon principal

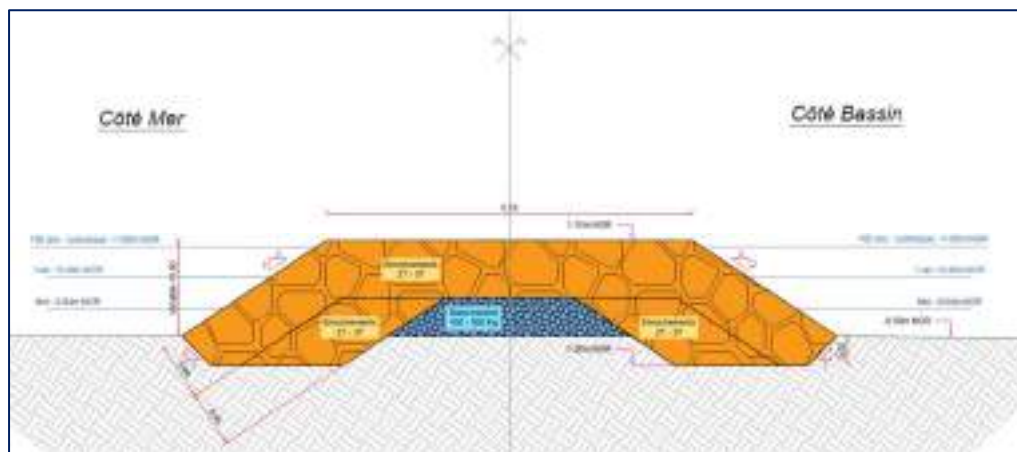


Figure 6 – Coupe de la digue – Tronçon de retour

Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

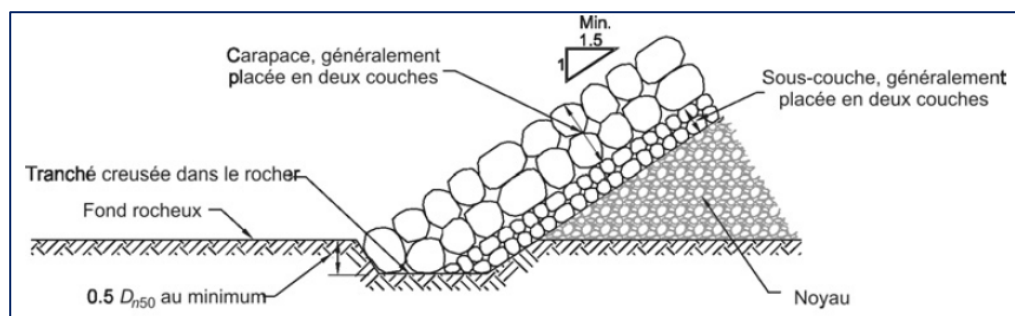


Figure 7 – Détail d'un pied sur fond rocheux (Rock manuel §6.3.4.1)

2.1 Solution retenue pour le renouvellement de l'eau dans le bassin

La solution apportée lors de la phase AVP qui consistait en la création de plusieurs saignées (3) de largeur 0.80m dans le platier rocheux (côte -0.90m NGR) afin de canaliser les eaux provenant du large vers le bassin a été abandonnée en phase projet.

La solution retenue consiste en l'abaissement de la crête à +1.10m NGR (+1.50m NGR en phase AVP) tout en garantissant la sécurité de la baignade, afin d'assurer un échange entre l'eau du bassin et l'eau en provenance du large qui permettra le renouvellement complet de l'eau du bassin en -24H (assurer une bonne qualité des eaux). Un abaissement à la cote +0.80m NGR sur le tronçon en retour permet d'orienter le courant dans le sens parallèle au trait de côte, et ainsi améliorer le renouvellement.

2.2 Aménagement de la fosse d'apprentissage pour la natation

Pour ce projet, la municipalité a souhaité l'aménagement, au sein du bassin de baignade, d'une zone propice à l'apprentissage de la natation. Il est donc prévu d'approfondir le fond du bassin (dalle et sédiments) par déroctage sur une surface d'environ 630 m² afin d'obtenir des profondeurs d'environ 1.50m à marée très basse, jusqu'à près de 2m en marée haute annuelle (cote de fond -1.50mNGR). Les dimensions de ce bassin seront d'environ 45m de long par 15m de large, incluant des pentes douces (pente d'environ 5H/1V) pour atteindre le fond de la fosse.

Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

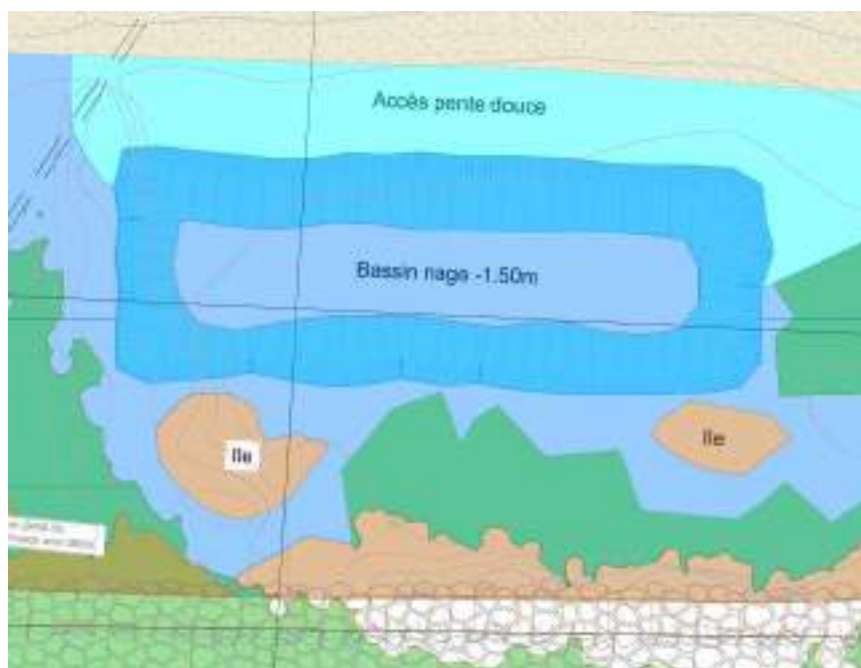


Figure 8 – Vue en plan et coupe de la fosse d'apprentissage (Suez, 2022)

2.3 Aménagements et travaux prévus au niveau de la plage

2.3.1 Destruction du muret de l'estran

Un vieux muret est présent sur l'estran, au droit du bassin de baignade actuel, et s'étend sur un linéaire d'environ 71m. Sa démolition est prévue dans le cadre de ce projet. La couche de grès présente devant ce mur sera conservée, elle s'ensablera naturellement en l'absence de mur.

2.3.2 Reprofilage de la plage

Une fois la digue achevée, et le muret démoli, un reprofilage de plage sera effectué. Il n'y a pas d'apport extérieur de sable prévu. Le but est d'assurer une pente faible et confortable pour faciliter l'accès au bassin.

2.4 Les aménagements hydrauliques

Proposition de base

La Petite ravine est située au niveau du bassin, dont le débouché est situé dans la zone d'extension du bassin de baignade. Compte tenu de la présence potentielle de rejets d'eaux usées (traces de pollutions bactériennes identifiées par les services de la CIVIS) et des enjeux de qualité des eaux de baignade, le maintien du rejet direct de la ravine dans le bassin a été écarté. La solution retenue consiste donc à canaliser la ravine pour un passage sous la plage et le bassin à l'aide de travaux de forage dirigé. Une canalisation sera implantée conformément aux plans, en profondeur, depuis l'exutoire actuel du talweg, jusqu'en aval de la digue. La canalisation sera relativement profonde au niveau de la plage (environ 3.00m), ce qui permettra de la protéger en cas de grandes houles.

Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

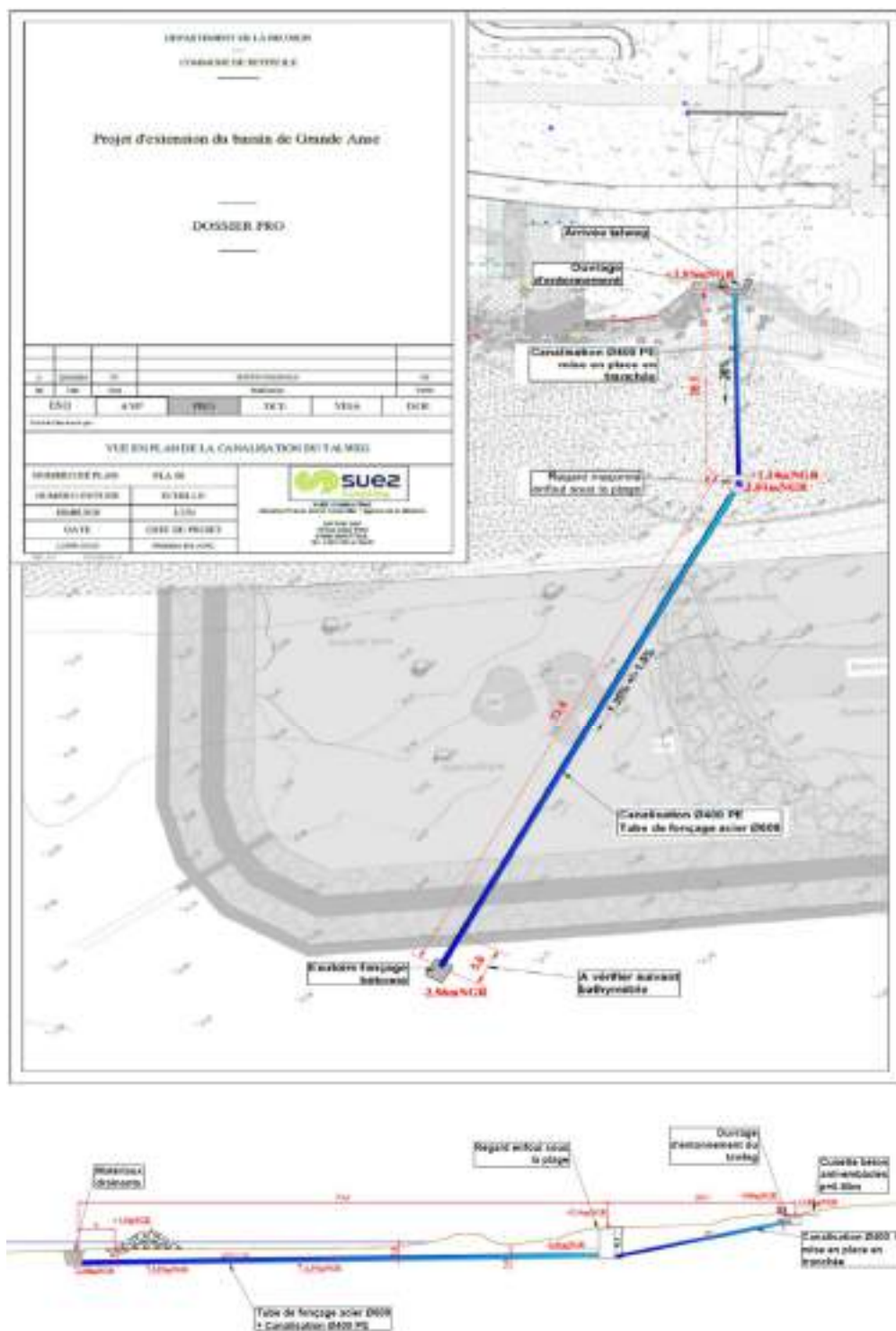


Figure 9 : Plan de la localisation de la canalisation du Talweg et coupe de principe (Suez, 2022).

Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

Il est envisagé de créer un regard au niveau de la digue afin de pouvoir procéder à un curage si nécessaire. La canalisation débouchera dans une fosse remplie de matériaux drainants et résistants à la houle.

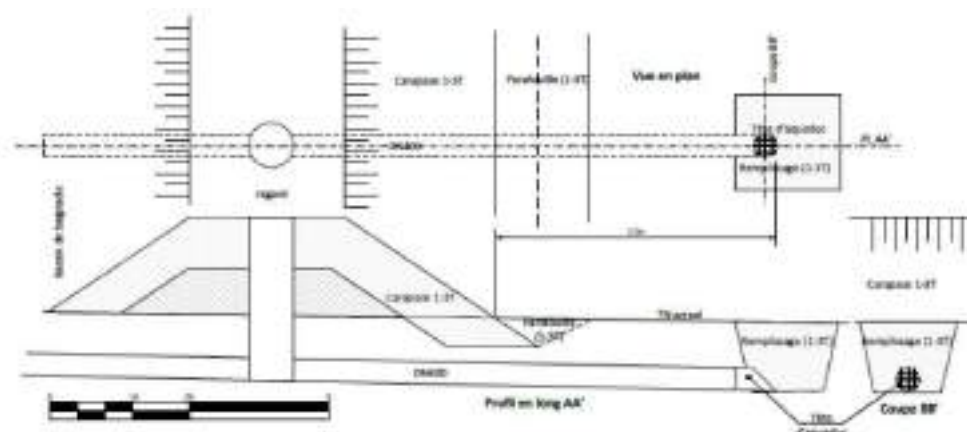


Figure 10 – Principe de passage sous la digue et d'exutoire en pleine mer

Solution alternative envisageable

Une alternative serait envisageable consistant en l'infiltration des eaux de ruissellement du talweg, jusqu'à une occurrence décennale. Ainsi, il serait possible d'aménager un puisard d'infiltration à l'exutoire du talweg. L'ouvrage serait installé en terrassant une fosse dans la plage que l'on viendrait remplir d'un matériau stockant et drainant (type GNT 20/40 ou 40/80) entouré de géotextile filtrant et recouvert ensuite de sable de la plage ne le rendant plus perceptibles.

2.5 Etapes spécifiques et travaux associés

Les **différentes étapes et spécificités des travaux** sont les suivants :

- Le nettoyage du bassin par l'enlèvement de blocs rocheux ;
- Le réarrangement des blocs rocheux pour la réhabilitation de l'enrochement à l'extrémité sud-est du bassin où se concentrent de forts enjeux écologiques (présence de coraux et d'oursins) ;
- La refaçon de la protection en enrochement et son extension dans le prolongement de l'ouvrage existant (qui représente la limite du platier récifal) pour atteindre une surface protégée globale de 6500 m² ;
 - o *La digue sera créée à partir de l'extrémité nord-ouest. Les travaux se feront par avancement, en créant un cheminement sur la digue existante.*
- La réalisation d'une butée de pied ensouillée sur fond rocheux à la base de l'ouvrage pour garantir un soutien de l'ouvrage. En effet, le sol de fondation de l'ouvrage étant rocheux, il n'y a donc aucune cohésion ni encastrement au niveau du soubassement. La stabilité est alors uniquement pesante et flottante ;

Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

- o *Cela consiste au creusement d'une tranchée dans le rocher, d'une profondeur moyenne égale à 0,50m et d'une largeur égale à 2,1m par déroctage.*
- La création d'un dispositif traversant au sein de la protection en enrochements afin de permettre le renouvellement des eaux du bassin ;
 - o *La porosité de la digue (environ 30%) permettra des échanges avec l'extérieur permettant un renouvellement naturel du bassin. Toutefois afin d'améliorer ces échanges, un système de circulation sera mis en place reposant sur deux principes :*
 - *La création de saignées (largeur 0,8m) dans le platier rocheux en amont du bassin afin de canaliser les eaux provenant du large vers le bassin. L'orientation de la saignée sera adaptée en fonction de l'orientation de l'ouvrage par rapport à la direction moyenne des houles. La saignée se prolongera ensuite sous l'enrochement via un réseau d'environ DN 600 mm protégé par un coffrage béton. Le réseau ressortira au niveau d'un exutoire placé derrière l'enrochement à l'intérieur du bassin ;*
 - *Un réseau de DN 600 m traversant l'enrochement pour amener les masses d'eau dans le bassin.*
- Pour la création d'une fosse d'apprentissage de nage, il est prévu un déroctage d'une surface d'environ 675 m², sur une longueur de 45m et une largeur de 15m et une profondeur variable (-1.5m NGR max.), et sur une hauteur moyenne de 50 cm à l'intérieur du bassin.
 - o *Les méthodes de déroctage envisagées consistent en l'utilisation pressentie d'un brise roche hydraulique (choix final à l'appréciation des entreprises).*

S'agissant de grès de plage, un déroctage au BRH est privilégié au regard de ses cadences de travail (40 à 50 mètres cubes par jour) et de la précision de nivellement induite. S'agissant d'une technique percussive, son principal inconvénient réside dans l'impact sonore (100 à 120 décibels environ à 5 mètres) et les vibrations (incidence jusqu'à environ 50 mètres hors effet d'amplification). Il est toutefois à souligner que la construction préalable de l'endiguement permettra de constituer une séparation physique vis-à-vis du milieu marin et ainsi de réaliser les travaux en milieu semi clos.

Une plateforme de travail en matériau d'apport sera mise en place pour réaliser ces travaux.

- La création d'îlots rocheux par la réorganisation de blocs existants à l'intérieur du bassin afin de diminuer la rectitude de l'ouvrage et d'améliorer son aspect visuel ;
- La destruction du muret maçonné présent sur l'estran et le reprofilage de la plage afin de faciliter l'accès au bassin.



3

Définition des effets et
propositions des mesures
environnementales du projet

1 Effets prévisibles du projet

1.1 Liste des effets potentiels identifiés

Dans la logique d'analyse itérative des impacts, la présente caractérisation des effets prévisibles du projet a été menée sur la base du projet actualisé en 2022 (voir la partie précédente du présent rapport).

Ainsi, les perturbations prévisibles du projet concernent donc les travaux terrestres prévus au niveau du littoral (futur local MNS, plage, ravine...) et les travaux maritimes nécessaires à l'extension du bassin, sa consolidation (digue de protection) et ses aménagements divers.

Tableau 1 : Liste de effets potentiels identifiés dans le cadre du projet d'aménagement. Les types d'impacts sont d'ordre spatial (direct ou indirect) et temporel (temporaire ou permanent)

Effets	Types d'impacts	Pressions à l'origine de l'effet	Groupes biologiques et espèces potentiellement concernés
MILIEU TERRESTRE			
Perturbations et/ou destructions des habitats et espèces végétales terrestres	Direct/Permanent Phase travaux	Construction du local MNS et aménagement du belvédère Ensemble des installations de chantier	Les habitats des hauts de plage peuvent être concernés par ces travaux, dont les habitats sableux à Patate à cochon (<i>Canavalia rosea</i>) et à Patate à Durand (<i>Ipomoea pes-caprae</i> subsp. <i>Brasiliensis</i>).
Perturbations et/ou destructions d'espèces animales terrestres	Indirect/Temporaires Phase travaux	Eclairages nocturnes lors travaux (installations de chantier éclairées lors des travaux)	Reptiles : présence occasionnelle potentielle du Caméléon (<i>Furcifer pardalis</i>) Oiseaux marins nicheurs ou en transit (Pétrel de Barau, Puffins du Pacifique, Puffins tropicaux)
Développement des espèces végétales exotiques envahissantes	Direct/Permanent Phase travaux	Ensemble des opérations d'apport de terres et engins, lors des travaux	Ensemble des EEE potentiellement présentes lors des travaux
MILIEU MARIN LITTORAL			
Altération, destruction des communautés benthiques et habitats par recouvrement direct Développement de biocénoses marines dans le nouveau bassin	Direct/Indirect Permanent / Temporaire Phase travaux	Extension et création du bassin au niveau du platier compact et construction de la digue de protection	Ensemble des peuplements benthiques de substrat dur et espèces associées
Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau	Indirect/Temporaire Phase travaux & phase exploitation	Augmentation de la turbidité (matières en suspension) en phase travaux ; Modification potentielle du fonctionnement hydro sédimentaire en phase d'exploitation	Ensemble des peuplements benthiques de substrat dur et espèces associées
Dérangement sonore de la mégafaune marine lors des travaux	Direct/Temporaire Phase travaux	Ensemble des émissions sonores considérées comme perturbatrices pour la faune lors des travaux jugés	Faune sensible aux émissions sonores sous-marines, principalement les mammifères marins.

Effets	Types d'impacts	Pressions à l'origine de l'effet	Groupes biologiques et espèces potentiellement concernés
		bruyants (déroctage, enrochements...).	Espèce principalement concernée : Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (espèce très côtière et présentant la fréquence d'observation la plus importante dans la zone) et la Baleine à bosse (en hiver austral)
Risques de pollution accidentelle du milieu marin	Direct/Temporaire Phase travaux	Risques de pollution accidentelle lors des travaux (fuite d'huile...), dissémination de déchets de chantier par le vent	Ensemble des espèces marines fréquentant la frange littorale, dans la zone d'influence du projet (peuplements benthiques, poissons, mégafaune marine)
Impact sur la fonctionnalité écologique locale	Indirect/Temporaire et Permanent Phase travaux et exploitation	Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et le fonctionnement écologique pour la faune marine. Altération possible du transit sédimentaire.	Peuplements benthiques et ichtyologiques des formations de substrats durs (récifs coralliens), Mégafaune marine, principalement Grand dauphin de l'Indopacifique (habitat côtier, zone de transit entre potentielles zones d'alimentation) et potentiellement tortues marines
Impacts cumulés liés à d'autres projet	Non considéré dans la présente étude, sur la base des connaissances des projets à considérer		

1.2 Description des impacts

1.2.1 Impacts sur le milieu terrestre

Perturbations et/ou destructions des habitats et espèces végétales terrestres

Au niveau du littoral, les différents travaux peuvent engendrer la destruction d'habitats remarquables, notamment les hauts de plage constitués des hauts de plage, dont les habitats sableux à Patate à cochon (*Canavalia rosea*) et à Patate à Durand (*Ipomoea pes-caprae subsp. brasiliensis*). Cela va principalement concerner la construction du local et l'aménagement du belvédère, ainsi que l'ensemble des aménagements annexes liés au chantier (pistes d'accès, zone de stockage...). Une attention particulière devra être portée à ces espèces indigènes littorales, en proposant également du bouturage sur les zones sableuses nouvellement aménagées.

Au niveau de la Petite ravine, bien qu'aucune espèce patrimoniale n'ait été recensée, il convient de maintenir une vigilance extrême dans les travaux liés à ce cours d'eau temporaire.

Il faut rappeler que le chantier se place toutefois dans un espace déjà artificialisé, et que le présent projet prévoit la conservation de nombreux pieds de bois (*pandanus*, ...).

Perturbations et/ou destructions d'espèces animales terrestres

La principale incidence sur la faune concerne les oiseaux marins, en lien avec la problématique du risque d'échouage des puffins et pétrels lors des périodes sensibles des jeunes à l'envol, du fait d'éclairages non adaptés. Ce risque existe donc dans le cas où des travaux nocturnes étaient prévus, ou que certaines installations de chantier disposent d'éclairages mal adaptés. Concernant les autres espèces, au regard de l'artificialisation de la zone et de la nature du projet (et emprises), les risques de destruction ou de perturbation de la faune sont peu probables (cas des oiseaux nicheurs, reptiles, insectes...). Il n'est toutefois pas à exclure la présence du Caméléon (*Furcifer pardalis*), potentiellement présent dans les boisements et fourrés (principalement au niveau des futures installations de chantier).

Développement des espèces végétales exotiques envahissantes

Lors des travaux, l'ouverture éventuelle de milieux et pistes d'accès sont des brèches qui peuvent favoriser la recolonisation par les espèces exotiques envahissantes et leur prolifération ensuite en phase d'exploitation si elles ne sont pas gérées lors du chantier. Une attention est à porter sur les zones littorales encore préservées (cas des hauts de plages), où le développement des EEE est à proscrire et limiter au maximum.

1.2.2 Impact sur le milieu littoral marin

Altération, destruction des communautés benthiques par recouvrement direct

Le projet s'inscrit dans un complexe récifal à l'échelle de l'anse de Grande-Anse formé de différentes entités écologiques, qui distinguent le platier, le front de déferlement et la pente externe récifale à sillons.



Figure 11 – Cartographie fine des habitats marins

L'extension et l'aménagement du bassin de baignage va donc concerner de manière directe deux types d'habitats marins : les communautés récifales de l'actuel bassin ainsi que l'arrière-récif et platier interne. Les enrochements vont concerner le platier récifal, en l'impactant. Celui-

ci se distingue par (i) un platier à colonies coralliennes dispersés avec un recouvrement corallien inférieur à 5%, et (ii) un platier à colonies coralliennes dispersés avec un recouvrement corallien supérieur à 50%. Les effets ne concernent pas l'actuel bassin, qui a permis le développement de peuplements coralliens, et qui sont conservés dans ce projet d'extension. Bien que les travaux ne puissent éviter l'ensemble des colonies coralliennes se développant dans les limites de l'extension, l'itinéraire technique retenu a ainsi prévu la conservation des principaux peuplements situés au sud-est de l'actuel bassin (zones naturelles à enjeux forts et moyens), et au nord-ouest du futur bassin (dans l'extension prévue). Il est également à noter que les formations coralliennes concernées par le projet dans le bassin sont apparues grâce à la construction de ce 1^{er} bassin. Suivant cette même logique, si les conditions environnantes le permettent, le développement corallien devrait également être possible dans le futur bassin (milieu clos, oxygéné, à l'abri d'un hydrodynamisme marqué).

La carte ci-dessous illustre l'emprise du projet sur ces habitats.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet



Figure 12 : Carte de localisation des aménagements et impacts sur le platier récifal (avec les enrochements)

Ainsi, le projet conserve les colonies coralliennes existantes dans l'actuel bassin (zone sud-est notamment). De même, le projet d'extension du bassin conserve les colonies présentes au niveau du platier naturel (secteur nord-ouest – se référer à la figure ci-dessus). Au total, il est donc conservé une surface de 337.5 m² de colonies coralliennes existantes (colonies

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

coralliennes de l'actuel bassin et colonies coralliennes du platier dans la zone d'extension du bassin).

Concernant l'aménagement du bassin, cela se traduira par la mise en place d'enrochements pour une surface de 2246 m², la disposition d'îlots artificiels dans le bassin et d'un bassin de natation. Les surfaces et habitats concernés sont détaillés ci-dessous.

Tableau 2 : Surface des emprises par grands types d'aménagements et habitats marins

Aménagements	Surface emprise (m ²)	Habitats concernés par les emprises des aménagements
Emprise totale des enrochements	2246	• Platier à colonies coralliennes dispersées - Recouvrement corallien inférieur à 5% • Platier à colonies coralliennes dispersées - Recouvrement corallien supérieur à 50% • Enrochements artificiels existants • Grés de plage
Emprise totale des îlots dans le bassin	192	• Sédiments coralliens • Galets de plage
Emprise du bassin de nage	682	• Grés de plage • Galets de plage
Plateforme provisoire (travaux)	864	

Les formations coralliennes vont donc être impactées de manière permanente par destruction à travers la mise en place des enrochements pour l'aménagement de l'extension du bassin.

La mise en place des îlots, du bassin de nage et de la plateforme provisoire (travaux) quant à eux n'engendrent pas d'impacts sur les colonies coralliennes (ni destruction, ni altération) puisqu'ils n'empiéteront pas sur ces formations.

La pose des enrochements va concerner le platier récifal, avec une emprise sur cet habitat (destruction). Les surfaces sont évaluées ci-dessous.

Le détail des emprises et effets sur les colonies coralliennes est détaillé ci-après.

Tableau 3 : Surface des emprises des enrochements et estimation des colonies coralliennes impactées par recouvrement

Emprise des enrochements sur le platier (carapace de protection du bassin)	Surface totale d'emprise (m ²)	Surfaces estimées de colonies coralliennes impactées potentiellement par les aménagements (m ²)
Platier récifal à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien inférieur à 5%</i>	1572	79
Platier récifal à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien supérieur à 50%</i>	70	35
Total	1642	114

Ainsi, en emprise directe pour les aménagements du futur bassin, 114 m² de colonies coralliennes seront détruites lors de l'installation des enrochements de protection, soit 1.6 % de la surface totale du futur bassin (considérant une surface totale de 7000 m² pour le futur bassin et enrochements).

Développement de colonies coralliennes dans le futur bassin

A l'instar du bassin actuel, l'extension et l'aménagement du nouveau bassin va aussi créer de nouveaux habitats favorables au développement des colonies coralliennes, avec son cortège d'espèces associées (comme cela avait été observé pour l'actuel bassin). Cela constitue un **impact positif du projet**, considérant un fonctionnement hydrodynamique similaire au bassin actuel. Les habitats favorables pour le développement de la faune fixée correspondent principalement au platier actuel, contenu dans les limites du futur bassin, ce qui va correspondre à une surface de 1026 m² (soit 858 m² de platier à colonies coralliennes dispersées avec un recouvrement corallien inférieur à 5% et 168 m² de platier à colonies coralliennes dispersées avec un recouvrement corallien supérieur à 50%). Cela s'ajoute à la conservation des 338 m² de colonies coralliennes existantes dans l'actuel bassin (secteur sud-est). Enfin, la mise en place d'enrochements et d'îlots artificiels dans le bassin va aussi constituer des habitats favorables pour certaines espèces (poissons et invertébrés), pour une surface de l'ordre de 840 m². **Dans le futur bassin (avec extension), les habitats favorables au développement des peuplements coralliens représentent donc une surface totale de 2 204 m².**

Dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau

Durant les travaux, un risque d'altération de la qualité de l'eau existe, en lien avec la diffusion de panaches turbides dans le milieu marin. Toutefois, la nature des travaux prévus semble limiter cette incidence, car il s'agit davantage de réaliser une digue de protection avec des matériaux grossiers et/ou de gros calibres. Toutefois, des relargages de matières en suspension ne sont pas à exclure. Cela peut s'observer notamment lors des travaux de dragage, de clapage et de remblaiement pour la construction de la digue de protection et de la plateforme de travail pour la fosse de natation, et de déroctage dans le bassin. L'augmentation de la turbidité peut aussi s'observer au niveau des installations annexes du chantier (pistes, installations de chantiers, zones de stockage...), avec des rejets importants d'apports terrigènes lors des forts épisodes pluvieux.

De manière générale, cette augmentation de la turbidité de la colonne d'eau peut donc affecter le développement de la vie marine (cas des coraux, affectés au niveau des processus de photosynthèse). De plus, cela peut aussi entraîner des dépôts sédimentaires sur le fond ou les peuplements benthiques (holothuries, gorgones, coraux mous, ...), participant à la dégradation de ces habitats.

En phase exploitation, la modification du fonctionnement hydrosédimentaire est susceptible de modifier les propriétés des eaux côtières de la frange littorale rapprochée. La solution retenue a été définie pour favoriser le renouvellement de l'eau dans le bassin (crête de la digue à +1.1m NGR, et seulement 0.8m NGR sur le tronçon en retour).

Dérangement sonore des cétacés lors des travaux

La sensibilité et la vulnérabilité acoustique des cétacés est avérée, l'impact du bruit sous-marin a été largement étudié ces dernières années concernant la conservation des mammifères marins (Thomsen & al., 2006, Madsen & al., 2006, MMC, 2007).

Les travaux envisagés concernent certaines activités bruyantes tels que la pose d'enrochement au niveau de la nouvelle digue de protection (sorte de clapage localisé) et des opérations de déroctage dans le bassin. Ces travaux peuvent donc possiblement affectés temporairement les cétacés, dont la sensibilité acoustique est avérée. Bien qu'aucune modélisation n'ait été réalisée dans le cadre de ce projet, il convient de prendre certaines précautions par rapport à la conduite de ces travaux. Les informations ci-dessous sont basées sur la bibliographie et l'expérience acquise notamment dans le cadre du chantier de la Nouvelle Route du Littoral à La Réunion (Biotope, 2014, en cours). De façon à minimiser les impacts, il est important de prendre en compte les différentes sources de pollution sonore potentiellement perturbatrices pour la faune

marine. En effet, les cétacés sont particulièrement sensibles aux émissions sonores qui peuvent entraîner des troubles temporaires ou permanents du système auditif.

Caractérisation des bruits introduits par les activités du projet

Il faut considérer qu'un bruit de fond est déjà présent dans la zone du projet. Celui-ci est notamment induit par le trafic maritime environnant qui reste cependant peu important dans la zone. Le bruit naturel ambiant est aussi à considérer, constitué notamment par les vagues se brisant sur le littoral, dans cette zone soumise à des conditions naturelles battues. Le bruit initial est donc principalement constitué du bruit naturel marin. A cela va donc se rajouter les bruits liés spécifiquement aux travaux d'extension du bassin de baignade. Ces bruits, générés par les différentes techniques mises en œuvre, sont de nature impulsionnelle ou continue. Le cumul des bruits initiaux et des bruits liés au projet forme ainsi une série d'états sonores perturbés.

Dans le cadre de ce projet, différents types d'opérations peuvent être attendues :

- Travaux potentiels de régularisation du fond en pied de digue de protection et déroctage,
- Déversement de matériaux depuis un engin terrestre pour la construction de la plateforme de travail du déroctage de la fosse de baignade et la construction de la digue de protection (assimilé à un « clapage de gros matériaux »),
- Le déroctage pour le travail sur la fosse de baignade, les saignées pour la circulation d'eau et la butée de la carapace.
- La création de la canalisation souterraine (forage sous terrain)

Ces différentes opérations peuvent potentiellement engendrer une nuisance sonore individuelle. Elles peuvent également produire une nuisance sonore cumulée dans le cas d'une concomitance de plusieurs ateliers dans une même zone géographique (exemple : simultanéité d'un dragage et d'un clapage dans une même zone).

Caractérisation des sources de bruit

Chaque technique présente un mode opératoire dédié (technique, niveaux de bruit introduit dans le milieu marin, durée, etc.). Ces spécificités sont à prendre en compte dans l'évaluation de la pollution sonore. Il est important de réaliser que les hypothèses des niveaux de bruit émis utilisées dans le cadre de cette étude sont issues de la littérature disponible et des retours d'expériences actualisés. Les modélisations présentées ci-dessous sont présentées à titre indicative, et sont issues des modélisations réalisées dans le cadre de projets d'aménagement¹ s'inscrivant dans un contexte donné (profondeur, substrat...).

Pour ce projet, considérant les travaux potentiellement bruyants pour la mégafaune marine, il apparaît uniquement le déroctage, qui sera réalisé par BRH avec des engins postés sur la côte.

- Bruit généré lors du déroctage (butée de pied)

¹ Cas de modélisations acoustiques réalisées pour les travaux pressentis pour les projets de Nouvelle Entrée Ouest (NEO) et de la Nouvelle Route du Littoral à La Réunion (Biotope-Quiet Oceans, 2012 & Biotope-Quiet Oceans, 2017).

Dans le cadre de ce projet, il est prévu des travaux de type déroctage, devant se faire pour proposer un bassin de baignade offrant des profondeurs adéquates à la baignade mais également pour la création de la butée pour la digue. Ces travaux peuvent notamment se faire par l'intermédiaire d'un brise-rose hydraulique. Des mesures acoustiques ont déjà été réalisées pour ce type d'opérations à La Réunion, notamment pour l'aménagement du bassin de baignade de Boucan-Canot (Quiet-Ocean & Biotope, Safege, 2016). Suivant des mesures environnementales associées, un suivi visuel et acoustique a été réalisé durant ces opérations, permettant notamment de veiller aux respects des seuils réglementaires² autorisés, de façon à préserver les conditions propices au développement des mammifères marins dans la zone d'influence du projet. Le bruit SEL médian (50% du temps) en phase de déroctage (hors source perturbatrice autour de l'hydrophone) est de 123.9 dB réf. 1µPa²s et est de 124.0 réf. 1µPa²s en dehors des phases de travaux. Ces niveaux sont donc très similaires en intensité (Quiet-Ocean & Biotope, 2016). Les niveaux sonores maximaux n'ont jamais dépassé les seuils pour les SEL et SPL durant ces travaux. En outre, sur la base des connaissances et retours d'expérience des suivis des chantiers maritimes dans la zone (ex. cas de la Nouvelle Route du Littoral), il ressort que les seuils acoustiques réglementaires ne sont pas atteints pour les opérations de BRH à 750m, avec rideaux à bulles (cette mesure permet globalement un gain de 10 dB sur le SEL et 20 dB sur le SPL – Nortekmed, 2018). De manière générale, le BRH reste globalement peu impactant sur les mammifères, avec des seuils réglementaires SEL/SPL non atteints à 750m, même sans rideaux à bulles. Au regard des travaux prévus (uniquement BRH, et clapage limité sur la carapace en zone côtière), et considérant les espèces présentes (et habitats), un ensemble de mesures seront d'ailleurs proposées pour répondre à cet impact (en lien avec les mesures d'évitement/réduction adaptées, comme préconisées par le "Guide préconisations pour limiter l'impact des bruits sous-marins sur la faune marine" de juin 2020).

- Bruit généré pour la réalisation de la canalisation souterraine

Les travaux de réalisation de la canalisation souterraine peuvent être considérés comme du forage, voire fonçage, dans un substrat basaltique situé au niveau de la plage, puis sur le platier récifal. Les émergences acoustiques de ce type de travaux en milieu marin restent encore peu documentées, d'autant plus en milieu côtier. Les principaux retours d'expérience concernent davantage la pleine mer et le off-shore. Ainsi, pour des activités de forage en milieu off-shore, il apparaît que le niveau acoustique est inférieur au seuil réglementaire SPL de 190 dB re 1 µPa/√Hz @ 1 m. En effet, l'émission acoustique se situe en basse fréquence (< 20 kHz) pour des valeurs SPL comprises entre 145 et 190 dB re 1 µPa/√Hz @ 1 m (CNRS, 20223). Ces valeurs n'engendrent pas de dommages (pertes d'auditions temporaires/permanentes) sur les dauphins (espèces « moyenne fréquence »), que ce soit pour des bruits (travaux) impulsifs ou continus. Les espèces basses fréquence ne sont pas concernées, dans la mesure où les travaux ne seront pas réalisés en saison des baleines à bosse (hiver austral).

² SPL 190 dB dB ref 1µPa / SEL 160 dB ref 1µPa²s

³ https://www.cnrs.fr/sites/default/files/page/2022-09/Rapport_complet_impacts_acoustiques_VF.pdf

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Activités offshore		Nature	Durée (mn)	SPL (dB (rms) re. 1µPa @ 1m)	Fréquence (kHz)	Maximum d'énergie (kHz)	Directionnalité	
Infrastructures EMR	Construction	Géophysique légère	Imp.	0,1-400	204-223	0,00-5	x	verticale
		Échosondeurs	Imp.	2-33	225-245	20-200	x	verticale
		Marteau hydraulique	Imp.	20-100	192-270	0,02-8	0,1-1	omni
		Vibrofendeur	Cont.	x	190	0,02-3	0,05-1	omni
		Enrobage de câbles	Cont.	x	170-190	0,01-20	< 0,2	omni
	Exploitation	Forage	Cont.	x	145-190	0,01-20	< 0,1	omni
		Eolienne posée	Cont.	x	142-153	0,02-20	0,18	omni
		Eolienne flottante	Cont.	x	162	0,02-20	0,025-0,1	omni
		Hydrolienne	Cont.	x	118-188	0,02-20	0,02-0,1	omni
		Système houlomoteur	Cont.	x	120-180	0,02-20	0,125-0,250	omni
Maintenance	Voir trafic maritime							
Démantèlement	Explosif ?	Imp.	0,001-0,01	272-304	0,002-1	0,006-0,02	omni	
Autres activités	Sonarique		Imp.	10-20	240-260	0,05-10	0,05-0,3	verticale
	Sonars militaires SF		Imp.	2	235	0,1-0,5	0,2-0,5	horizontale
	Sonars militaires HF		Imp.	1000-2000	230-235	1-8	1-8	horizontale
	Gros navires		Cont.	x	175-195	0,02-20	0,02-1	omni
	Petites embarcations		Cont.	x	130-150	0,008-20	0,000-5	omni

Tableau 1 Synthèse des niveaux sonores des projets d'énergie marine renouvelable et comparaison avec les niveaux sonores d'autres activités sonores sous-marines. (Imp. : impulsionnelle ; Cont. : continue).

Figure 13 : Synthèse des émissions acoustique des différents types de travaux marins (CNRS, 2022)

Cette émergence sonore doit aussi considérer le contexte géologique de diffusion des ondes dans le substrat. Ainsi, des pertes par amortissement peuvent venir s'ajouter aux pertes géométriques et dépendent des propriétés physico-chimiques du milieu de propagation. Ces pertes résultent en partie du frottement visqueux, qui convertit une partie de l'énergie acoustique en chaleur, et de la diffusion (dispersion de l'énergie par les hétérogénéités rencontrées dans le milieu) (CNRS, 2022). Dans le cas du projet, une perte énergétique (acoustique) est donc probable lors de la diffusion des ondes acoustiques dans le basalte sous le bassin, puis la diffusion des ondes acoustiques dans la colonne d'eau (dispersion par hétérogénéité du milieu). Ainsi, l'émission acoustique des forages devrait être inférieure aux seuils de référence SEL/SPL.

Caractérisation des risques sonores du projet

Il s'agit de caractériser les risques potentiels lié au bruit vis-à-vis de la faune marine, en particulier les mammifères marins (et potentiellement les poissons et les tortues marines). A ce jour, la quantification pour les invertébrés n'est pas possible par méconnaissance des seuils de sensibilité.

Cette caractérisation s'appuie sur le calcul des empreintes sonores du projet pour différents types d'opérations (déroctage, dragage, clapage, ...) ainsi que sur la connaissance de seuils de sensibilité acoustique pour les différentes catégories de mammifères marins : cétacés « basses fréquences » (cas de la Baleine à bosse), cétacés « moyennes fréquences » (cas des dauphins côtiers) et cétacés « hautes fréquences ». Les cétacés hautes fréquences ne sont pas concernés dans le cadre de ce projet. Les cétacés basses fréquences peuvent très occasionnellement l'être en hiver austral.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Tableau 4 : Sensibilité acoustique des cétacés (SEL-SPL). D'après Ministère de la transition écologique et solidaire, 2020 et National Marine Fisheries Service, 2018. NC : non connu à ce jour

Types d'espèces	Gamme de fréquences de perception	Bruits impulsifs exprimés en niveau d'exposition sonore (SEL : Unité dB réf. 1μPa²s)			Bruits continus exprimés en Niveau de Pression Sonore (SPL : Unité dB réf. 1μPa)		
		Seuil de réaction	Seuil de dommage temporaire	Seuil de dommage permanent	Seuil de réaction	Seuil de dommage temporaire	Seuil de dommage permanent
Cétacés « hautes fréquences » [Baleine à bec]	< 80 kHz	NC	140	155	NC	196	202
Cétacés « moyennes fréquences » [Dauphins côtiers]	150Hz-160kHz	NC	170	185	NC	224	230
Cétacés « basses fréquences » [Baleine à bosse]	7Hz-22kHz	NC	168	183	NC	213	219

Effets du bruit sur les cétacés

Les cétacés présentent une physiologie et un comportement particulièrement dépendants de l'acoustique sous-marine, puisqu'ils utilisent le son dans tous les aspects de leur vie : reproduction, alimentation (chasse...), déplacements, communication ou orientation. En milieu marin, la vue n'est utile que jusqu'à quelques dizaines de mètres alors que le son peut se propager sur des centaines voire des milliers de kilomètres. Les mysticètes (baleines) en particulier peuvent ainsi communiquer entre eux alors que les individus sont séparés de plusieurs centaines de kilomètres.

Les effets induits par les bruits sous-marins sur les cétacés sont généralement classés en 4 catégories :

- Le dérangement ou changement de comportement, pouvant induire un évitement de la zone malgré son intérêt écologique pour l'individu ou l'espèce, l'affaiblissement par la surconsommation d'énergie consacré à un déplacement relativement long, en particulier pour les jeunes, etc. ;
- Le masquage des informations de l'environnement qui peut empêcher l'accomplissement de fonctions vitales, telles que la chasse ou la socialisation ;
- La perte temporaire d'audition (Temporary Threshold Shift ou TTS) pouvant empêcher temporairement l'accomplissement de fonctions vitales telles que la chasse ou la socialisation ;
- La perte permanente d'audition (Permanent Threshold Shift ou PTS). De très fortes expositions peuvent affecter d'autres organes et causer la mort de l'animal.

Ces réponses comportementales témoignent d'un effet immédiat du bruit sous-marin lié à l'exposition aux bruits, mais elles peuvent être à l'origine de conséquences à plus long terme pour l'individu ou la population. Pour tous les niveaux d'effet, l'impossibilité d'accéder à une zone

fonctionnelle comme une zone d'alimentation ou de reproduction peut affecter les réserves énergétiques d'un animal et par conséquent sa survie ou sa fertilité.

L'évaluation des conséquences du dérangement acoustique pour les populations de mammifères marins représente un enjeu de recherche important et complexe. Harwood et al., 2014 ont développé un modèle (*Interim Population Consequences of Disturbance*, IPCoD) permettant de quantifier l'impact démographique d'un chantier éolien à long terme.

On peut distinguer deux principales sources d'interrogations concernant les impacts physiologiques et comportementaux des émissions sonores sur les individus et les populations :

- L'impact à court terme d'émissions de forte intensité (par exemple les travaux en mer) ;
- L'impact à long terme d'émission de plus faible intensité (par exemple le fonctionnement d'une éolienne).

Même si à l'heure actuelle les conséquences biologiques de l'augmentation des émissions sonores sont encore peu connues, plusieurs études suggèrent qu'elles peuvent affecter les mammifères marins, notamment par des processus de masquage acoustique, réduisant le rayon de perception acoustique de l'environnement (Richardson et al., 1995).

Au regard des travaux visés, les risques vis-à-vis des mammifères marins existent. Il s'agira donc de définir les modalités adaptées pour les travaux, permettant de limiter les incidences sur ces espèces (visant particulièrement le Grand dauphin de l'Indopacifique et la Baleine à bosse).

Risques de pollution du milieu marin

Lors des travaux pour la construction du projet, des risques de pollution du milieu marin existent, et peuvent affecter la faune et la flore marine, que ce soit les peuplements benthiques et ichthyologiques ou la mégafaune marine (cétacés et tortues marines). Ce type de pollution se traduit sous la forme d'une diffusion accidentelle d'hydrocarbures (ou tout autre rejet polluant, cas de la laitance de béton par exemple) ou par le rejet de déchets dans le milieu marin (débris plastiques, cartonnés ...).

La pollution par les hydrocarbures peut donc affecter l'ensemble de la vie marine, créant des dommages physiologiques si celle-ci est importante et récurrente. Dans le cas des chantiers, des dispositifs d'assainissement sont mis en place, et doivent permettre de traiter cette pollution diffuse et chronique, au niveau du milieu terrestre. En mer, le cas de fuites des bateaux peut aussi exister, bien que ce risque soit limité. De manière générale, ce risque de pollution accidentelle est à prendre en compte dans le déroulement du chantier.

Les déchets solides, communément appelés micro et macro-déchets, constituent une source de pollution importante à l'échelle mondiale, entraînant de nombreuses incidences négatives. De manière générale, ces déchets sont constitués de 40 à 80 % de débris plastiques, se dégradant difficilement dans le milieu marin. Dans le cadre des chantiers, ces déchets sont principalement constitués d'emballages et sacs plastiques ou cartonnés, sensibles au vent, et pouvant ensuite se retrouver en mer. L'ingestion de ces résidus peut provoquer différents types de dysfonctionnement physiologique (étouffement, occlusion intestinale...), affectant principalement les tortues et les cétacés.

En phase d'exploitation, le projet est aussi possiblement générateur d'une certaine pollution, notamment liée aux déchets solides produits par les visiteurs et baigneurs sur le site de Grand Anse, l'aménagement du projet doit offrir la possibilité de limiter les déchets volants (pose de poubelles...), et garantir la propreté du site.

Effets sur la fonctionnalité écologique locale

■ Cas des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur

Les formations coralliennes à proximité du projet (platier interne, front récifal et pente externe), et plus largement les peuplements benthiques des substrats durs (avec faune associée) s'inscrivent dans un fonctionnement écologique global, selon une continuité écologique longitudinale et latérale en considérant l'ensemble du complexe récifal, ainsi que les habitats similaires situés à proximité.

En phase travaux, le chantier peut localement affecter l'état des peuplements marins (panaches turbides, pollutions accidentelles...). En considérant des travaux maritimes peu étalés dans le temps et de faible envergure, ces incidences devraient toutefois être localisées et limitées.

Durant la phase exploitation, au regard de l'emprise maritime du projet et sans modélisation du fonctionnement hydrosédimentaire, il reste difficile d'évaluer les conséquences réelles du projet sur l'état de conservation des peuplements benthiques et ichtyologiques des substrats durs. En se basant sur le bassin actuel, il apparaît que l'ensemble du complexe récifal ne semble pas affecter de manière notable par l'aménagement. Cela ne devrait pas affecter de manière notable la pente récifale externe, dans la mesure où le projet se cantonne au niveau du platier, ne modifiant pas de manière notable le fonctionnement de l'entité globale.

■ Cas de la mégafaune marine

Durant les travaux, les travaux maritimes bruyants ou l'altération de la qualité de l'eau (augmentation de la turbidité) peuvent altérer l'habitat de certaines espèces côtières de manière ponctuelle, et créant de ce fait une fragmentation localisée de l'habitat. Cependant, au vu de la nature du projet (faible emprise maritime, courte durée des travaux, type de travaux plutôt terrestre) et d'une empreinte acoustique limitée, il semble que cette fragmentation semble toutefois limitée durant les travaux.

Durant la phase exploitation, l'impact semble nul à faible, correspondant à une emprise très littorale au niveau du platier interne.

Impacts cumulés

Pour cette étude, aucun projet en cours⁴ n'a été identifié et communiqué et pouvant participer aux impacts cumulés (ex. cas de projets d'aménagements littoraux similaires ou avec des effets comparables). Ces impacts sont donc considérés comme nuls. Il faudra cependant évaluer ces impacts cumulés si un nouveau projet est porté à connaissance dans la zone.

⁴ Travaux en cours ou Enquête publique approuvée d'un projet à venir

2 Mesures d'évitement, de réduction, de compensation et suivi des effets du projet

2.1 Stratégie d'atténuation des impacts du projet

Rappel de la doctrine nationale relative à la séquence Eviter, Réduire et Compenser les impacts sur le milieu naturel : Dès la phase de conception, le projet doit « s'attacher à éviter les impacts sur l'environnement, y compris au niveau des choix fondamentaux liés au projet (nature du projet, localisation, voire opportunité). Cette phase est essentielle et préalable à toutes les autres actions consistant à minimiser les impacts environnementaux des projets, c'est-à-dire à réduire au maximum ces impacts et en dernier lieu, si besoin, à compenser les impacts résiduels après évitement et réduction. C'est en ce sens et compte tenu de cet ordre que l'on parle de « séquence éviter, réduire, compenser ».

« La séquence « éviter, réduire, compenser » les impacts sur l'environnement concerne l'ensemble des thématiques de l'environnement, et notamment les milieux naturels. Elle s'applique, de manière proportionnée aux enjeux, à tous types de plans, programmes et projets dans le cadre des procédures administratives de leur autorisation (étude d'impacts ou étude d'incidences thématiques i.e. loi sur l'eau, Natura 2000, espèces protégées, etc.). »

Les mesures d'évitement et de réduction des effets ont ainsi été calibrées pour les habitats, espèces et groupes d'espèces, intégrant l'ensemble des enjeux et/ou sensibilité vis-à-vis du projet.

La stratégie d'atténuation des impacts s'articule ainsi autour de **deux axes forts** :

- Axe 1 : la priorité à l'évitement des enjeux de biodiversité via un important travail de recherche d'optimisation du périmètre d'exploitation, afin de préserver au maximum les communautés biologiques patrimoniales du secteur étudié ;
- Axe 2 : la définition d'un panel de mesures visant à réduire au maximum les impacts écologiques subsistant après cette démarche majeure d'évitement, en tenant compte également des effets indirects vis-à-vis des communautés biologiques évitées mais proches du périmètre optimisé.

En considérant ce projet, sur la base des impacts préalablement identifiés, des mesures d'évitement et de réduction ont été définies :

- Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins
- Mesure E02 – Absence de travaux bruyants marins durant la saison des baleines à bosse
- Mesure R01 – Adaptation des modalités d'éclairage du chantier
- Mesure R02- Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
- Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
- Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

- Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier
- Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)
- Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet
- Mesure R08 – Opérations expérimentales de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin
- Mesure R09 : Définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux)

Enfin, selon cette même démarche ERC, en maximisant les démarches d'évitement et de réduction, il est également proposé des **mesures d'accompagnement**, à savoir :

- MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation)
- MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)

Ces mesures sont détaillées dans les chapitres suivants, sous forme de fiches détaillées.

2.2 Détail des mesures

Mesure E01	Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Habitats littoraux terrestres : cas des hauts de plage Habitats coralliens (platier, bassin...) et espèces associées Mégafaune marine
Localisation :	Haut de plage Ensemble du complexe récifal Habitat marin côtier
Objectif(s) :	L'aménagement côtier du projet prévoit donc une extension du bassin au niveau d'une partie du platier interne, avec également la construction d'une digue de protection. Cette emprise littorale maritime va donc concerner les communautés récifales, localisées ponctuellement dans le bassin, au niveau également du front récifal et de manière indirecte au niveau de la pente externe. L'évaluation des impacts montre qu'une partie des peuplements benthiques peuvent donc être détruits dans le bassin voire au niveau de la digue de protection. Pour limiter cet impact, dans le cadre de la définition du projet, il est donc possible d'intégrer ces enjeux écologiques, de façon à définir un projet permettant de réduire les incidences sur les communautés vivantes. Sur les habitats terrestres littoraux, l'aménagement du local MNS est susceptible d'interférer avec le haut de plage, pouvant dégrader localement les formations à Patate à cochon et Patate à Durand. Il convient donc de considérer ces peuplements, en limitant l'emprise des aménagements sur ces communautés vivantes.
Description	Cette mesure s'est traduite par une réflexion au moment de la définition opérationnelle et technique du projet, préalablement à l'ensemble des procédures réglementaires d'autorisation. La maîtrise d'œuvre, accompagnée des structures d'ingénierie spécialisée, a défini le projet d'aménagement définitif (phase PRO). Dans ce cadre, les enjeux environnementaux ont été complètement considéré dans la définition et conception du projet. Cette mesure s'est ainsi traduite par une optimisation de l'emprise du projet, permettant de limiter la destruction de ces habitats (cas de la localisation de la fosse de baignade et des îlots rocheux, travaux pour la carapace). Une réflexion a spécifiquement été engagée pour <u>identifier les possibilités réalistes pour limiter l'impact lié à l'emprise littorale terrestre et maritime</u>, sur les colonies coralliennes et les habitats de haut de plage. Une réduction de l'emprise du futur bassin a été réduite, en évitant l'extension et destruction de colonies coralliennes de l'actuel platier. L'aire de jeux des petits a aussi été enlevé du projet. Concernant les colonies coralliennes, il a été proposé d'adapter les emprises et modalités de travaux pour éviter les effets sur les zones à enjeux moyens et forts. Ainsi, la définition du projet (carapace de protection, modalités exécutives) a permis la conservation des peuplements coralliens les plus développés et patrimoniaux (« jardin corallien », ensemble de la zone sud-est). Lors des travaux, la définition d'un itinéraire technique adapté devrait permettre de conserver d'autres colonies, et limiter les incidences des travaux au niveau du front récifal et de la pente externe (cas de la construction de la digue de protection).

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure E01	Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins
	De manière à limiter toute interaction des travaux avec les colonies coralliennes de forte sensibilité, une délimitation précise des zones sensibles sera aussi faite préalablement aux travaux par le coordinateur environnemental. Dans le cas où des interactions (même indirectes) pouvaient être pressenties, il sera réalisé un accompagnement environnemental renforcé (surveillance en pmt) avec balisage des zones sensibles, permettant de limiter les effets sur les milieux et espèces remarquables. Dans la phase de conception du projet, la définition des modes opératoires de construction va aussi permettre de limiter ces incidences sur le milieu marin, en travaillant notamment sur la définition de travaux et mesures associées, permettant de limiter les impacts sur la zone adjacente à l'emprise. Cette étape est importante, car elle doit notamment aboutir à limiter les panaches turbides dans cette zone marine, ou la limitation des nuisances acoustiques liés aux travaux. Il est à noter que ce nouveau bassin va créer des habitats benthiques favorables au développement de la faune et flore marines (peuplements benthiques et ichtyologiques) au niveau de la digue de protection. Un travail important a été réalisé sur l'optimisation du fonctionnement hydrodynamique du bassin. En effet, les enrochements en partie Est du bassin ont été conservés, permettant de faire circuler l'eau, et la hauteur maximale des enrochements a été abaissée. Cela doit donc permettre une bonne oxygénation et renouvellement de l'eau dans le bassin, favorable au développement des coraux (et espèces associées). Sur le haut de plage, il convient d'identifier et matérialiser les secteurs littoraux bien conservés, et proposer des aménagements intégrant ces formations végétales. Dans le cas où certains secteurs devaient être dégradés, des opérations de bouturage peuvent être envisagées. S'agissant des risques d'échouages des oiseaux marins, il a été convenu d'interdire les travaux de nuit, évitant tout risque pour ces espèces (seul un éclairage des installations de chantier est prévu). Sur les emprises en phases chantier, les emplacements ont déjà été définis, sur des zones ouvertes existantes, évitant toutes les zones naturelles du littoral.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	■ Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet (+ Mesure de compensation relative à la gestion durable du site naturel)
Planning :	Phase conception du projet (« PRO »), avant les autorisations réglementaires et préalablement aux travaux
Indication sur le coût :	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, bureaux d'étude

Mesure E02	Absence de travaux bruyants durant la saison de présence des baleines à bosse
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : Baleine à bosse
Localisation :	Zone des travaux pour l'extension du bassin Habitat marin côtier
Objectif(s) :	L'aménagement côtier du projet prévoit donc une extension du bassin au niveau d'une partie du platier interne, avec également la construction d'une digue de protection et canalisation souterraine. Cela va possiblement engendrer des travaux et émissions sonores dans le milieu marin. Pour éviter tout dérangement des baleines à bosse, il est proscrit tout travaux durant la période de présence de ces mammifères marins à La Réunion.
Description	Tous les travaux maritimes nécessaires à l'extension du bassin maritime (enrochements, canalisation souterraine...) sont proscrits durant la période de présence des baleines à bosse à La Réunion. Cela concernera la période comprise entre juin et novembre.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	■ Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux ■ Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet ■ Mesure R09 : Définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux)
Planning :	Période des travaux maritimes pour l'extension du bassin de baignade
Indication sur le coût :	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, entreprises de travaux, coordinateur environnemental du projet

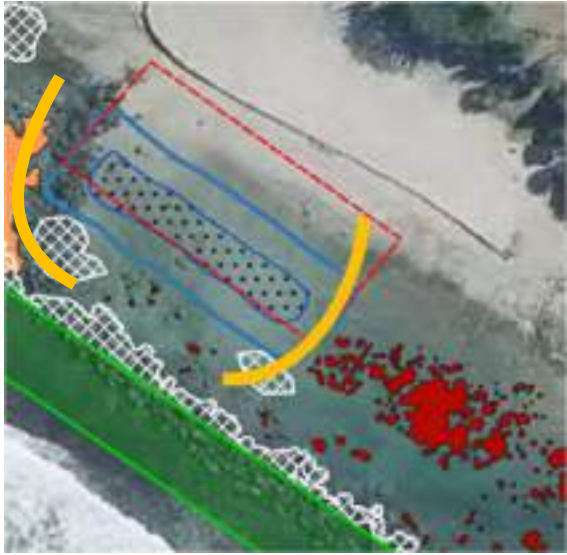
Mesure R01	Adaptation des modalités d'éclairage du chantier
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Oiseaux marins (pétrels et puffins)
Localisation	Emprise des travaux en lien avec le projet
Objectif(s)	A La Réunion, une problématique existe concernant les risques d'échouage de certains oiseaux marins, dont les flux de déplacement se font en début de soirée ou durant la nuit. Cela concerne particulièrement les puffins (Puffin tropical et Puffin du Pacifique) et les pétrels (Pétrel de Barau et Pétrel noir), lors notamment des envols des jeunes durant certaines périodes sensibles, où des éclairages mal adaptés peuvent entraîner des échouages. Dans le cadre des travaux liés au projet, il convient donc de prendre en considération cette problématique, en adaptant les travaux.
Description	Pour ce projet, <u>les travaux nocturnes ne sont pas prévus, ce qui permet d'éviter les échouages d'oiseaux marins. Il s'agira uniquement de prévoir un éclairage adapté pour les installations de chantier.</u> En effet, le pétitionnaire souhaite conserver la possibilité d'un éclairage minimum nocturne au niveau des installations de chantier pour leur sécurisation. Dans ce cas seul un éclairage minimum au niveau de la base de vie pourra être nécessaire. Les caractéristiques des éclairages sont précisées ci-dessous. Ces dispositifs seront validés par le coordinateur environnemental (conformément aux prescriptions classiques de gestion des éclairages, définies par la SEOR). Ces éclairages pourront se faire selon les modalités suivantes : • Orientation des rayons lumineux vers le sol, • Limitation des hauteurs de sources d'éclairages, • Lumière ne générant aucun ultra-violet, • Lampe à sodium faible intensité ou équivalent en termes de spectre lumineux.   <i>Orientation des éclairages (source : SEOR)</i> Une attention particulière sera portée entre décembre et avril, période d'envol des jeunes pétrels et puffins (toute espèce confondue).
Principale(s) mesure(s) associée(s)	• Mesure R06 – Coordination environnementale du projet

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R01	Adaptation des modalités d'éclairage du chantier
Planning	Durant les travaux
Indication sur le coût	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, entreprises, coordinateur environnemental et contrôles spécifiques (contrôle extérieur et entreprise)

Mesure R02	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et faune/flore marines
Localisation	Emprise du projet et zone d'influence des travaux
Objectif(s)	Le SDAGE et la Directive Cadre sur l'Eau impose des objectifs de conservation des masses d'eau côtière (référéncée FRMC10 pour ce secteur). A ce titre, au regard des travaux prévus, il ressort la nécessité de définir différentes mesures garantissant la conservation de la qualité de l'eau dans la zone d'influence des travaux. Cela doit donc se traduire par : • La maîtrise de la dégradation des eaux côtières par la mise/remise en suspension de sédiments. • La maîtrise des pollutions chimiques, notamment dans le cadre des bétonnages en milieu marin. • La limitation des effets de conditions météo particulières (fortes pluies et vent) sur la qualité de l'eau en protégeant au maximum le chantier lors de ces événements.
Description	Dans le cadre des travaux, il convient de mettre en place un ensemble de mesures permettant la conservation de la qualité de l'eau. Aménager la zone de chantier pour la gestion des rejets dans les eaux côtières Il s'agit de mettre en place l'ensemble des mesures garantissant le rejet d'une eau de bonne qualité : • Mise en place des installations de chantier, avec organisation et stockage adapté de l'ensemble du matériel (limitation des ruissellements ou des embâcles...), • Stockage des produits polluants sur une aire dédiée et protégée, • Stationnement adapté et entretien régulier de l'ensemble des engins (avec assainissement/rétention des rejets lors du lavage des véhicules...). Limiter les risques de pollution accidentelle Un ensemble de mesures est à mettre en place pour la gestion de ce risque : • Définition d'un plan d'intervention pour la gestion des pollutions accidentelles terrestres et marines, • Définition et sécurisation des zones de ravitaillement et entretien des engins et matériel de chantier (zone imperméable, dispositifs de rétention et assainissement, kit anti-pollution...), • Définition des procédures pour la manipulation et l'utilisation des produits polluants. Limiter les rejets directs de certaines opérations dans le milieu marin

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R02	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
	Pour limiter les pollutions chroniques ou non des eaux en phase travaux, différents dispositifs sont à mettre en place, comme : • L'assainissement des installations de chantier et des bases de vie, • L'assainissement des emprises terrestres du chantier, • L'interdiction des rejets pour les opérations de bétonnage. • La protection contre de possibles pollutions associées au cheminement des engins de chantier au contact direct du plan d'eau et des opérations de mise en œuvre de la fosse de fonçage (dispositif de rétention et suivi de la qualité de l'eau pour cette dernière). L'utilisation d'un rideau anti-MES peut aussi être utilisé au niveau des zones jugées sensibles et lors des travaux en mer. Cela pourra être disposé lors de la construction de l'enrochement et de la fosse de natation. Il sera disposé entre la fosse de natation et l'actuel « jardin de corail » (zone Est du bassin), avec conservation de l'actuel enrochement dans la partie Ouest, le temps de creuser la fosse de natation. Une représentation de principe est faite sur la carte ci-dessous. Le mode opératoire sera à clarifier par l'entreprise en charge des travaux sous contrôle du coordinateur environnementale qui s'assurera de la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction. Ce rideau sera disposé en limite de la plateforme de travail, ce qui va créer une barrière physique limitant la diffusion des MES lors des travaux. Un suivi régulier devra être fait au niveau de ce dispositif, pour veiller à sa bonne tenue et à la conservation de la qualité de l'eau (mesure MR03).  Figure 14: Représentation de principe pour la localisation des barrières anti-MES à disposer lors du creusement de la fosse de natation - linéaire orangé sur la carte- Définir un seuil d'arrêt des travaux sensibles dans le cas du dépassement d'une certaine concentration de matière en suspension dans le milieu marin Dans le cadre des travaux jugés sensibles (risque avéré de relargage MES), un seuil réglementaire est proposé concernant la concentration maximale autorisée pour les matières en suspension à proximité des travaux (concentration de MES en mg/L). Cela

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R02	Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux
	doit ainsi limiter la diffusion chronique de panaches turbides et éviter l'hypersédimentation dans le milieu marin. Différents seuils sont proposés pour cadrer les effets des travaux sur la qualité de l'eau (turbidité) et les écosystèmes coralliens : - Seuil d'alerte de 15 NTU et 30 mg/L MES, - Seuil d'arrêt pour une turbidité de 20 NTU (ou seuil d'alerte dépassé pendant deux jours consécutifs) et 40 mg/L MES. Il n'est pas défini de seuil de vigilance au regard de la nature des travaux en mer prévus pour ce marché. Enfin, les conditions météorologiques de la zone des travaux seront à prendre en compte dans la tenue des travaux et analyses associées, dans la mesure où les pluies pourront aussi causer de variations notables des concentrations en MES et turbidité. Enfin, il est rappelé que cette <u>mesure est en lien direct avec le suivi de la qualité de l'eau durant les travaux (MR02)</u>. Dans le cas où ce suivi indique un dépassement des seuils réglementaires, il convient d'adapter les travaux pour limiter ce type de pollution. Définir un fonctionnement optimal du bassin Lors de l'exploitation et du fonctionnement du bassin, il est important de veiller à l'oxygénation du bassin et de renouvellement de l'eau de mer. En effet, pour permettre le développement de la vie marine dans ce bassin, un échange avec le milieu marin doit être garanti. Le présent projet a d'ailleurs été adapté en ce sens, en abaissant les hauteurs de digues pour veiller à un renouvellement de l'eau dans le bassin, et offrir les meilleures conditions pour le développement de la faune et flore marines (de type récifal). A ce stade, il reste cependant difficile de prévoir les effets de la modification du bassin sur les communautés coralliennes.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	• Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux • Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier • Mesure R07 – Coordination environnementale du projet • Mesure MA02 – Suivi des biocénoses marines
Planning	Durant les travaux
Indication sur le coût	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, entreprises, coordinateur environnemental et contrôles spécifiques (contrôle extérieur et entreprise)

Mesure R03	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble de la faune et flore marine : peuplements benthiques et ichtyologiques, tortues marines et mammifères marins
Localisation	Dans la zone d'influence des travaux, sans intégrer de modélisation hydrosédimentaire précise, ce suivi concerne le bassin et possiblement la zone côtière propice à la diffusion des panaches turbides dans le cadre des travaux du projet.
Objectif(s)	En considérant les travaux prévus pour le projet, un suivi régulier et renforcé de la qualité de l'eau est à mener, sous la responsabilité de la Maîtrise d'œuvre et des Entreprises. Ce contrôle environnemental doit participer à la veille pour le maintien de l'environnement marin dans un bon état.
Description	Ce contrôle environnemental doit donc permettre de suivre l'état du milieu marin, au travers de la réalisation d'un suivi hydrologique. Celui-ci porte sur un suivi de différents paramètres de la colonne d'eau et des sédiments, par l'intermédiaire de mesures réalisées de façon régulière ou lors de travaux spécifiques. De façon à caractériser de manière pertinente l'état de la colonne d'eau et des sédiments, différents <u>paramètres doivent donc être étudiés durant les travaux maritimes jugés sensibles pour les communautés vivantes</u> (cas du clapage, dragage maritime) : • Suivi de la matière en suspension et turbidité, par prélèvement d'eau (sub-surface et fond, ou profondeur à définir suivant bathymétrie et nature des travaux), • Suivi physico-chimique des eaux côtières, par prélèvement d'eau ou sonde : T°C, salinité, pH, DCO et hydrocarbures totaux, <i>Au regard de la nature de la zone d'influence, et l'absence de substrats sédimentaires de manière significative, le suivi sédimentaire n'est pas proposé dans cette mesure.</i> Les <u>méthodes de suivi</u> se déclinent sous 3 formes : • Le prélèvement d'eau à l'aide d'une bouteille Niskin, pour l'ensemble des stations étudiées, avec échantillonnage à différentes profondeurs (50 cm de la surface / profondeur intermédiaire / à 1 m du fond) pour des stations situées sur la pente externe, sinon récolte à l'aide d'une perche de prélèvement dans le bassin et sur le platier, • Le suivi ponctuel de certains paramètres à l'aide d'une sonde multi-paramètres. Les <u>travaux suivis et zone d'étude</u> correspondent aux modalités et paramètres étudiés : • Pour les suivis réguliers (MES, turbidité, paramètres physico-chimiques, sédiments), durant les phases de travaux maritimes sensibles, les entreprises de travaux seront en charge de réaliser le suivi in-situ continu de la turbidité sous contrôle d'un coordinateur environnemental. Cela pourra être réalisé par l'intermédiaire de mesure en continue de la turbidité par bouée instrumentée. Ce suivi se fera durant la période sensible des travaux de construction de la carapace de protection du bassin (voir ci-dessous). Pour ce suivi, 2 bouées pourront être disposées, et devront être disposées en considérant les courants et marées, de façon à considérer le déplacement des panaches turbides. Les entreprises devront donc étudier au préalable ces paramètres, de manière à bien disposer ces bouées (bouées à disposer à proximité du chantier et à 100-200m). Différents seuils sont à définir permettant de bien cadrer les effets des travaux sur la qualité de l'eau (turbidité) et les écosystèmes coralliens : - o Seuil d'alerte de 15 NTU et 30 mg/L MES,

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R03	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
	- Seuil d'arrêt pour une turbidité de 20 NTU (ou seuil d'alerte dépassé pendant deux jours consécutifs) et 40 mg/L MES. Il n'est pas défini de seuil de vigilance au regard de la nature des travaux en mer prévus pour ce marché. Enfin, les conditions météorologiques de la zone des travaux seront à prendre en compte dans la tenue des travaux et analyses associées, dans la mesure où les pluies pourront aussi causer de variations notables des concentrations en MES et turbidité. - Pour les suivis inopinés ou concernant des travaux spécifiques, des transects s'éloignant du chantier doivent être définis pour évaluer la diffusion des MES dans la colonne d'eau. Concernant les prélèvements d'eau, différentes profondeurs sont à respecter, conformément aux modes opératoires retenus pour le suivi de la qualité de l'eau (type DCE) : sub-surface, profondeur intermédiaire, fond (+1m). Dans le cadre de certains travaux, pour les prélèvements, la gamme de profondeur est à définir (cas des prélèvements dans le bassin). Pour les <u>fréquences de suivi, durant les travaux maritimes jugés sensibles</u>, les différents contrôles concernent les paramètres : - Charge particulaire : Matières en suspension (MES) - Paramètres physico-chimiques : Température, salinité, pH, Oxygène dissous et hydrocarbures totaux. Ils seront réalisés à la fréquence de suivi suivante : - un état zéro préalablement au début des travaux, sur la base de la méthodologie retenue et validée - un suivi hebdomadaire pour les matières en suspension et turbidité lors des travaux maritimes sensibles (construction de la digue de protection, extension dans le platier). - un suivi mensuel durant les travaux maritimes - un suivi inopiné ou occasionnel pour les opérations génératrices de matières en suspension. - un suivi post-travaux servant d'état de référence en cas de suivi postérieur en phase d'exploitation. La <u>restitution des résultats</u> doit se faire de manière régulière, sous la forme de rapport d'intervention ou d'un accès aux données en temps réel. Cette gestion de la donnée est importante pour permettre de bien évaluer l'état du milieu, en lien avec les travaux. Suivant la typologie des suivis, la nature des rapports est à définir : note hebdomadaire, rapport mensuel, bilan semestriel et annuel. La présentation des résultats des suivis est primordiale, devant notamment permettre de bien mesurer l'état de la colonne d'eau et des sédiments, en lien avec les travaux réalisés pour le projet.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	- Mesure R02 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux - Mesure MR07 - Accompagnement environnemental du projet - Mesure MA01 : Qualité de l'eau
Planning	Durant les travaux (avec état 0 avant travaux)
Indication sur le coût	Coût à définir suivant la nature des travaux maritimes sensibles et leur durée : suivi hebdomadaire ou mensuel suivant la période visée.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R03	Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'Ouvrage, maîtrise d'œuvre, suivi réalisé par structure experte (bureau d'étude...)

Mesure R04	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : mammifères marins et tortues marines
Localisation	Zone d'influence acoustique estimée du projet (2 miles nautiques selon une hypothèse majorante en termes de nuisances acoustiques pour les cétacés) La présence de la mégafaune marine est avérée dans la zone d'influence du projet, constituant un enjeu écologique faible à moyen. Du fait de travaux maritimes, les émissions sonores du chantier peuvent entraîner des incidences sur les mammifères marins, que ce soit physiologiques ou comportementales (sensibilité acoustique accrue de ces espèces). Ainsi, plusieurs mesures, liées entre elles, doivent être prises en compte pour la gestion de la problématique mégafaune marine : • mesures de réduction des émissions sonores marines des travaux bruyants afin de limiter les impacts acoustiques du chantier (impacts physiologiques permanents et temporaires ; impacts comportementaux : désertion de la zone par exemple), • contrôles acoustique et visuel garantissant l'absence des cétacés dans la zone d'influence des travaux.
Objectif(s)	Il est supposé que ce projet ne fera pas appel à des moyens nautiques (pas de travaux prévus par la mer). Dans ce sens, les mesures pour ce projet ne comprennent pas de charte d'approche sur la zone du projet. <i>Pour rappel, sur la base des connaissances et retours d'expérience d'autres projets similaires (cas de chantier maritime de la Nouvelle Route du Littoral), il ressort que les seuils acoustiques réglementaires ne sont pas atteints pour les opérations de BRH à 750m, avec rideaux à bulles (cette mesure permet globalement un gain de 10 dB sur le SEL et 20 dB sur le SPL – Nortekmed, 2018). De manière générale, le déroctage avec BRH reste globalement peu impactant sur les mammifères marins, avec des seuils réglementaires SEL/SPL non atteints à 750m, même sans rideaux à bulles. Au regard des travaux prévus (uniquement BRH, et clapage terrestre limité sur la carapace en zone côtière), avec les espèces présentes (et habitats), il est donc envisagé le déploiement de mesures (modélisations et mesures acoustiques), ce qui limitera les effets des travaux de BRH. Ainsi, les bruits émis seront sous les seuils-limites à 20m/30m pour les cétacés basses fréquences -baleines-, et n'est (presque), et jamais atteint pour les espèces moyennes fréquences (dauphins).</i>
Description	Dans le cadre du projet, certains travaux peuvent potentiellement être sensibles pour les mammifères marins. Cela concerne notamment les opérations de déroctage pour creuser le bassin, voire le dragage et clapage nécessaire à la construction de la digue de protection. Sur cette base, différentes mesures sont nécessaires. A l'instar d'autres projets d'aménagement, cette mesure se traduit par différentes actions, à savoir : 1. Définition d'un plan de gestion du risque, reprenant l'ensemble des actions à mettre en œuvre pour limiter les impacts des travaux sur les cétacés 2. Suivi visuel renforcé 30' avant le début des travaux pour s'assurer de l'absence de cétacés dans une zone à risque de rayon 750m (observation par deux MMO)

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R04	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
	en point haut). Le début des travaux sera autorisé si l'absence de cétacés est confirmée dans la zone à risque. - Mesure de soft-start lors du démarrage des travaux (démarrage progressif), pour le BRH (cas des butées de pied) ou fonçage (canalisation). Pendant 10', les travaux vont commencer doucement, de manière à émettre un bruit progressif, ce qui permet aux mammifères marins de percevoir ces bruits. - Suivi acoustique marin des travaux, en veillant au respect des seuils SEL/SPL réglementaires (SEL 160dB re 1 $\mu\text{Pa}^2.s$ / SPL 190 dB re 1 μPa) (mesure avant travaux, suivi sur le 1^{er} jour des travaux sensibles, suivi acoustique bi-hebdomadaire sur la durée des travaux sensibles). Pour rappel, les seuils acoustiques proposés couvrent les niveaux d'exposition sonore n'engendrant pas de pertes d'audition temporaires (TTS), pour des bruits d'origine anthropique de type continue et impulsif. 1) <u>Définition d'un plan de gestion des risques</u> Ce plan de gestion doit permettre de proposer les mesures opérationnelles pour la gestion du risque acoustique engendré par les travaux du projet. Les mesures de gestion du risque vont être définies de manière opérationnelle en intégrant : - Le rayon d'influence acoustique (sur la base d'une modélisation), - Les modalités de réalisation des travaux : typologie, durée et fréquence, engins utilisés, calendriers ... Ce plan de gestion des risques va ainsi définir l'ensemble des mesures adéquates pour éviter ou limiter les nuisances sonores dans le milieu marin, reprenant les 3 axes : - La limitation et la maîtrise du bruit à la source, - Le suivi et le contrôle de l'absence des cétacés dans la zone d'influence, - La limitation des contextes à risques 2) <u>Monitoring renforcé par suivi visuel (mesure de réduction par observations visuelles des cétacés)</u> En complément du monitoring acoustique en temps réel des cétacés, <u>un suivi visuel accompagnera les procédures d'évitement-réduction avant le démarrage des travaux bruyants. Ainsi, 30 à 60 minutes avant le début des travaux, deux observateurs expérimentés (MMO) dans la détection et le suivi des cétacés mènera une surveillance de la zone d'influence avant les travaux.</u> Dans la zone d'étude, cela pourra se faire d'un point haut, comme le Piton Grand Anse par exemple. Avec un système adapté de télécommunication, ils informeront des résultats de ces prospections en temps réel. Cela doit permettre de certifier de la présence/absence d'individu(s) dans la zone d'influence acoustique du projet. En outre, le comportement sera clairement observé, ainsi que la direction du déplacement (en cas d'observation). En cas de détection d'un cétacé, conjointement avec le monitoring acoustique, le démarrage des travaux doit être validé par les observateurs et la maîtrise d'œuvre, selon les étapes de la procédure à suivre (cf. plan de gestion des risques acoustiques). Pour chaque observation de cétacés, l'expert relèvera également les informations issues du suivi focal du groupe (formation, taille du groupe, activité dominante, présence de juvéniles).

Mesure R04	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
	3) <u>Définition des moyens pour la réduction des impacts acoustiques des travaux bruyants : mesure soft-start avant le démarrage des travaux</u> Sur la base du plan de gestion des risques, il est proposé de <u>commencer les travaux avec une mesure de réduction des niveaux sonores des travaux maritimes</u>, qui se décline sous la forme d'un ramp-up/soft start. Le soft-start est une mesure proposant un démarrage progressif des travaux maritimes bruyants. Avant d'atteindre la cadence normale des travaux, suivant les ateliers prévus, il est donc possible de démarrer progressivement l'activité, générant un bruit sous-marin. Ces émissions sonores doivent ainsi permettre aux cétacés de prendre connaissance d'un environnement sonore modifié, pour notamment quitter la zone à risque. <u>Chaque période de travail au BRH va débuter ainsi par une période de soft start avec effarouchement, ce qui permettra l'éloignement des mammifères marins. Cela consisterait à réaliser pendant 10 mn des coups ponctuels au BRH toutes les minutes se réduisant à toutes les 30 secondes</u> (protocole validé par la DEAL sur des dossiers similaires) SEL* en fonction de la distance

Figure 15 : Exemple de gain acoustique (graphique et sonogramme) obtenu avec l'utilisation d'un double rideau de bulles lors d'une opération de brise-roche à La Possession dans le cadre du chantier NRL (Nortékméd, 2015)

Mesure R04	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
	4) <u>Suivi et contrôle acoustique vis-à-vis des cétacés dans la zone d'influence des travaux</u> <i>Définition d'un seuil réglementaire acoustique limitant le niveau sonore des travaux bruyants</i> Il convient de définir un seuil acoustique réglementaire précisant le niveau sonore maximum autorisé pour les travaux dans une zone donnée. Ce seuil sera exprimé sous 2 formes : le niveau d'exposition sonore (SEL) exprimé en dB ref 1 μPa2s et le niveau de pression sonore (SPL / « peak to peak ») exprimé en dB ref 1 μPa. A titre d'exemple, dans le cadre du chantier NRL, sur la base de la réglementation allemande, ce seuil réglementaire est de 160 dB ref 1 μPa2s (SEL) et de 190 dB ref 1 μPa (SPL) à 750 m de la source d'émission acoustique des travaux. Pour le projet, il sera inscrit dans l'arrêté d'autorisation des travaux, et devra être respecté lors des travaux maritimes. <i>Monitoring acoustique en temps réel des niveaux sonores des travaux</i> Le contrôle par acoustique passive consiste à s'assurer du respect des niveaux acoustiques retenus pour limiter l'incidences des travaux sur les mammifères marins (niveaux SEL/SPL). Cela sera mis en place par l'intermédiaire d'hydrophones, qualifiant les niveaux de bruits sous-marins (ambiance sonore, niveau acoustique des travaux...), selon une sensibilité et bande-passante adaptée. Une attention particulière sera portée aux travaux identifiés comme les plus bruyants et sensibles, tels que le déroctage, le clapage ou le dragage (typologie des travaux et itinéraire technique à préciser suivant le scénario retenu). Ainsi, <u>un suivi acoustique</u> sera réalisé comprenant : • Une mesure in situ avant travaux ; • Un suivi le 1er jour des travaux ; • Un suivi acoustique 2 fois par semaine durant les périodes de travaux sensibles (BRH, enrochements). La cadence de ces suivis pourra être adaptée au regard des résultats. En fonction des résultats, si besoin, il sera nécessaire d'ajuster le mode opératoire avec des mesures d'atténuation. L'analyse des données recueillies doit être réalisée en temps-réel pour permettre une évaluation immédiate des seuils acoustiques, et veiller au bon respect des niveaux préconisés. - La détection en temps-réel des événements sonores, non seulement biologiques mais aussi anthropiques et naturels ; - L'identification temps-réel des événements sonores biologiques avec les espèces de cétacés afin de confirmer les contacts acoustiques ; - L'estimation temps-réel de la distance des émissions sonores des cétacés à l'hydrophone afin d'évaluer la présence de l'animal dans la zone d'évitement ; - L'estimation temps-réelle des performances de détection des événements sonores des cétacés afin de s'assurer que les capteurs couvrent à minima toute la zone d'évitement. Un rapport de suivi final serait réalisé et les données seraient bancarisées.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R04	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
	➤ <u>Limitation des contextes à risque</u> <i>Réduction des bruits des travaux en adaptant la conception du projet</i> Sur la base des connaissances actuelles, il est possible de définir des modes opératoires ou travaux moins bruyants dans la colonne d'eau. <i>Adaptation du calendrier des travaux en fonction des espèces</i> Les travaux maritimes bruyants (ou jugés sensibles) seront interdits durant période de présence des baleines à bosse en hiver austral, entre les mois de juin et octobre (présence des mères et baleineaux à la côte). Ainsi les travaux les plus sensibles en termes de dérangement pour les mammifères marins seront réalisés entre les mois de novembre et mai (ex. déroctage BRH...). <i>Mise en place d'un plan d'alerte bruit et d'un plan d'échouage des mammifères marins et tortues marines</i> Il s'agit de définir une procédure échouage sur laquelle chaque entreprise de travaux concernée par un volet maritime s'engage à suivre en cas de découverte d'un mammifère marin ou tortue marine échoué (ou à la dérive en mer). Ces procédures reprennent systématiquement le cadre fixé par le REMMAT (Réseau d'Echouage Mammifère Marins et Tortues marines). La production d'une procédure générique « mère » qui fixe le cadre général et organise les différentes étapes postérieures à la découverte de l'animal et les moyens associés (prise en charge de l'animal, autopsie par des vétérinaires agréés, ...). Cette procédure se formalise également par une convention avec le REMMAT.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	• ME02 – Absence de travaux bruyants marins durant la saison de présence des baleines à bosse à La Réunion • MR07 – Accompagnement environnementale du projet • MR09 - Définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins • MA03 – Suivi de la mégafaune dans le cadre du projet
Planning	Mesures mises en place sur la durée du chantier, en particulier durant les travaux maritimes
Indication sur le coût	Coût intégré au projet pour la coordination environnementale Contrôle acoustique évalué à 40 k€
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre (responsable), entreprises et structures spécialisées pour la mise en œuvre de ces mesures, coordinateur environnementale, référent échouage du REMMAT.

Mesure R05	Gestion optimale des déchets durant le chantier
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et espèces du littoral terrestre et marin : plages, peuplements benthiques, invertébrés marins, poissons, tortues marines et mammifères marins.
Localisation	Zone d'influence élargie du projet (pour l'ensemble des thématiques environnementales propres au projet)
Objectif(s)	Dans le milieu marin (en particulier), les déchets constituent une cause de pollution importante, en particulier les déchets plastiques. Ces derniers présentent un taux de dégradation assez long, et peuvent causer de graves dysfonctionnement ou lésions pour certaines espèces marines (cas des tortues et mammifères marins). Il convient donc de considérer leur gestion dans la tenue du chantier, que ce soit pour le milieu terrestre et marin.
Description	Durant les travaux, les entreprises attributaires des travaux sont responsables du tri et de l'évacuation des déchets et emballages générés par le chantier. Les entreprises devront notamment s'engager à : - organiser la collecte et le tri des déchets et emballages, en fonction de leur nature et de leur toxicité, - conditionner hermétiquement leurs déchets pour éviter leur envol lors de leur transport, - définir une aire provisoire de stockage quotidien des déchets générés par le chantier en vue de faciliter leur enlèvement ultérieur selon les filières appropriées, - prendre les dispositions nécessaires contre l'envol des déchets et emballages sur le chantier, - pour tous les déchets industriels spécifiques, l'entreprise établira ou fera établir un bordereau de suivi permettant notamment d'identifier le producteur des déchets (en l'occurrence le porteur du projet), le collecteur-transporteur et le destinataire, ceci concerne également les terres présentes sur le site si elles devaient être amenées à être évacuées. Le chantier sera nettoyé hebdomadairement afin d'éviter dispersion de poussières et de déchets. Les déchets issus de la démolition seront triés et, selon leur nature, évacués vers les centres adaptés ou réutilisés en remblais. Une attention particulière est à porter aux déchets volants (plastique, carton...), car ceux-ci peuvent engendrer des incidences notables sur la mégafaune marine (occlusion intestinale, étouffement, ...).
Principale(s) mesure(s) associée(s)	MR07 – Accompagnement environnemental du chantier
Planning	Durant les travaux

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R05	Gestion optimale des déchets durant le chantier
Indication sur le coût	Coût intégré à la gestion des travaux par les entreprises (+ maîtrise d'œuvre et accompagnement environnemental) et dans la conception du projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage (responsable) et structure compétence pour l'accompagnement environnemental

Mesure R06	Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et espèces (milieu terrestre et marin)
Localisation	Zone d'influence élargie du projet (pour l'ensemble des thématiques environnementales propres au projet)
Objectif(s)	Ce projet doit donc proposer une gestion environnementale permettant de conserver l'ensemble des caractéristiques physiques et biologiques favorables au milieu. Ainsi, il convient de mettre en place l'ensemble des mesures environnementales propices à la conservation du patrimoine biologique.
Description	Cette mesure comprend l'ensemble des dispositifs et aménagements permettant une gestion environnementale optimisée du projet lors de son exploitation. Concernant le projet, cela concerne principalement la gestion des eaux et des déchets. Pour <u>la gestion des eaux pluviales</u>, cela se traduit par la mise en place de systèmes d'assainissement des eaux rejetées dans l'océan, à savoir les eaux pluviales. Ainsi, le projet va mettre en place des systèmes optimaux d'assainissement adapté au niveau du local MNS, au niveau de la Petite ravine. Un rejet ou puisard est également prévu pour le déversement des trop-pleins pluviaux. Un entretien est prévu au niveau d'un filtre pour permettre l'écoulement, et la gestion des déchets. Pour la <u>gestion des déchets</u>, l'aménagement du site doit offrir l'ensemble des dispositifs permettant la collecte des déchets volants, devant également être accompagné d'une sensibilisation adaptée et forte dans le contexte difficile de gestion des déchets (rappeler les bons gestes liés à la propreté du site ...). Pour la gestion de la <u>flore exotique envahissante</u> (EEE), il convient de contrôler tout apport et stockage de terre végétale sur la zone du chantier. Au regard du projet, le risque d'invasion reste limité, mais une vigilance est nécessaire. Le <u>renouvellement de l'eau dans le bassin</u> a été prévu avec un abaissement de la hauteur des digues de protection. Il s'agira de veiller au bon fonctionnement de ce renouvellement d'eau (suivi). Dans le cas de l'entretien de la fosse de natation, si un comblement progressif est constaté par les sédiments, il sera nécessaire de définir une procédure adaptée et les travaux associés pour limiter les effets sur le milieu naturel littoral (terrestre et marin). Parmi les préconisations à intégrer dans la réflexion, il est à mettre en place et considérer (à minima) : ■ Définition d'une procédure et itinéraire technique limitant les effets sur le milieu naturel ■ Demande des autorisations environnementales ■ Absence de travaux par mauvaise météo (houle et vent fort) ■ Dans le cas d'un pompage de sable, les matériaux collectés devront être remis dans le milieu naturel (plage) ■ Balisage préalable des zones coralliennes sensibles. ■ Suivi de la qualité de l'eau (turbidité, MES, oxygène dissous, température et salinité) durant les travaux d'entretien.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R06	Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)
Principale(s) mesure(s) associée(s)	MR07 – Accompagnement environnemental du projet
Planning	Phase exploitation (après les travaux)
Indication sur le coût	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage (responsable) et structure compétence pour l'accompagnement environnemental

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Ensemble des habitats et espèces en lien avec le projet
Localisation	Zone d'influence élargie du projet (pour l'ensemble des thématiques environnementales propres au projet)
Objectif(s)	La définition d'un projet nécessite la prise en compte de l'ensemble des enjeux écologiques et environnementaux. Suivant cette logique, il est donc important de mettre en place un accompagnement environnemental du projet, s'étalant de la conception préalable, au suivi et encadrement du projet, et jusqu'à sa livraison. Cette coordination environnementale garantit ainsi une gestion et un suivi cohérent des composantes environnementales.
Description	<u>L'intégration et la gestion environnementale du projet</u> Préalablement à la réalisation du chantier, le projet doit intégrer l'ensemble des contraintes et sensibilités environnementales. Le maître d'ouvrage, d'œuvre et les entreprises vont définir un projet de façon à proposer une intégration environnementale la plus aboutie. Ce travail se scinde en 4 grandes étapes : - 1/ l'analyse préalable, - 2/ la préparation du chantier, - 3/ la réalisation du chantier, - 4/ la remise en état du site. Pour chacune de ces phases, différents points sont à considérer. <u>1/ L'analyse préalable :</u> - Les informations relatives au chantier, et notamment les obligations contractuelles, - La réglementation applicable sur l'opération - L'état initial du site et les risques liés à l'opération, (patrimoine biologique, les risques naturels...) - La dégradation du milieu (faune et flore, culture, paysage, ...), - La pollution de l'air (émissions de poussières, fumées, ...),

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
	- La pollution des eaux, des sols, de la nappe phréatique (fuites d'hydrocarbures, huiles, huiles hydrauliques, boues, fines particules (Matières En Suspension :M.E.S)... - Les nuisances sonores et vibrations (dégradations des habitations ou structures, gêne des riverains, ...), - Le non-respect en matière d'hygiène et de propreté (salissures, boues...), - La perturbation des écoulements naturels (création de zones humides, rétention, ...), - La perturbation du trafic sur la voirie publique (accidents, projections, gêne des riverains, ...), - La gestion des déchets, - Le cas des pollutions accidentelles durant le chantier, - Les risques pour la santé humaine (émissions de particules fines nocives, accidents...). <u>2/ la préparation du chantier</u> - La détermination des objectifs environnementaux du chantier, - La définition des modes opératoires permettant de diminuer les impacts pendant le chantier, - La réflexion sur les matériaux et énergie consommés ainsi que la logistique du chantier (stockage, transport, maintenance, atelier mécanique...), - La maîtrise des rejets et gestion des déchets de chantier, (bordereau de suivi - simulation de production de déchets - organigramme de gestion et estimation des coûts d'élimination des déchets), - Le plan de gestion des déchets de chantier - La toxicité des rejets de chantier, - Le recyclage et volume des déchets (ratios, tonnage, volume et coût des déchets), - L'évacuation et l'élimination des déchets (coûts avec ou sans tri), - L'utilisation de matériels et engins homologués, en assurant un entretien régulier pendant le chantier. - La définition du plan d'installation de chantier (zones de circulations et de stockage...).

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
	<u>3/ la réalisation du chantier</u> - Cadrage, formation et sensibilisation du personnel sur la réglementation, les impacts et les procédures de travail, pour faire évoluer les pratiques et les comportements en matière d'environnement sur un chantier, - Définition d'un plan de communication interne et externe concernant le chantier, à destination du personnel, des riverains et des usagers, et de l'ensemble des partenaires et acteurs de l'opération. - Mise en œuvre des dispositions prévues et vérification de leur efficacité par des mesures de l'impact du chantier avec un accompagnement réalisé par un référent environnement : suivi de chantier. - Préalablement aux travaux, différents documents sont également à produire : - Le Plan Assurance Environnement (PAE) - Le Schéma d'Organisation et de Suivi de l'Évacuation des Déchets (SOSSED). <u>4/ la remise en état du site.</u> - Action de restauration et de remise en état du milieu, - Nettoyage du site... - L'ensemble de cette intégration va être accompagné par un référent environnement, dont les compétences permettront d'insérer au mieux le projet dans son environnement. <u>L'accompagnement et la coordination environnementale du projet</u> Un accompagnement et une coordination environnementale sur l'ensemble du projet est nécessaire avec la nomination d'un référent environnemental qui sera en charge de l'environnement pour ce projet. Cet accompagnement est très important dans le cadre de ce projet car il permet de limiter considérablement les impacts, en particulier pour la faune et la flore. Les récents travaux maritimes menés dans le cadre de projet d'envergure (cas du projet NRL à La Réunion) ont montré que cet accompagnement permettait notamment de mieux définir les modes opératoires pour les travaux, et permettre une meilleure prise en compte des enjeux écologiques Dans le cadre du projet, il est donc nécessaire de définir une mission d'accompagnement et de coordination environnementale du projet, avec la nomination d'un référent environnemental. - Son appui se fera tout au long du projet durant les étapes importantes, à savoir : - En phase PRO avec ajustement du projet en fonction des contraintes environnementales aux côtés des concepteurs techniques du projet, - Durant la rédaction des clauses environnementales des DCE de travaux incluant des dispositifs dédiés de préservation des enjeux naturels et des

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
	modalités de mise en œuvre des travaux les plus adaptées possibles aux enjeux, suivi de l'analyse environnementale des offres des candidats, - Un accompagnement environnemental sur le chantier, avec un regard objectif et indépendant sur l'ensemble des problématiques liés à l'environnement. Le référent environnement se doit donc d'intervenir à différents niveaux du projet pour permettre une intégration environnementale optimale (mesures, ajustement des filets, zonage, suivi de mise en œuvre, contrôle et bilans scientifiques ex-post, ...). Concernant plus spécifiquement le suivi de chantier, son rôle est important. Il permet de veiller à la bonne réalisation des mesures environnementales proposées en phase travaux. Le référent environnement devra veiller à de nombreux points importants lors des travaux. <u>Parmi les points d'attention, il veillera au respect des mesures suivant :</u> - Le stockage des déchets sera réalisé dans des sacs/bacs prévus à cet effet, avec une évacuation régulière (pour éviter la prolifération des rats prédateurs de la faune indigène). Ils ne seront pas brûlés mais évacués selon les filières agréées. - Le contrôle des engins de chantier sera réalisé avant intervention : bon entretien, absence de fuites de produits polluants, bon état général des engins. - Il n'y aura pas de ravitaillement en carburant et en lubrifiants, des engins de chantiers sur le site des travaux. - Dans le cas de stockage de produits polluants, ils le seront sur des bacs de rétention étanches munis de toiture. - En cours d'intervention, aucun stockage de matériels et/ou de matériaux ne sera réalisé en milieu naturel. - Les engins, matériels et matériaux de chantier seront évacués du sentier quotidiennement, vers une zone de stockage située en dehors du milieu naturel. - Des équipements nécessaires en cas de départ d'incendie sont prévus, avec interdiction de fumer sur le site ou d'utiliser des réchauds en milieu naturel. - Les engins de chantier (les groupes électrogènes et autres compresseurs) utilisés ne devront présenter aucun risque fort vis-à-vis du risque incendie. - Aucun rejet de substance non naturelle dans le milieu (laitance de béton à décanter et évacuer vers les filières de traitement agréées) ; - Vidange, ravitaillement, nettoyage des engins et du matériel à faire en dehors de la zone des travaux, dans une zone spécialement définie et aménagée ; - Mise en place de collecte et de tri des déchets, avec poubelles et conteneurs, traitement vers des filières agréées de tout type de déchets.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
	- Limitation au strict minimum des emprises de chantier (zone d'intervention) et implantation adaptée des installations de chantier. Pour ce projet, dans le cadre du chantier, <u>deux points seront traités avec vigilance</u> : - L'identification et le balisage des formations coralliennes (enjeux moyens/forts) à conserver dans l'actuel bassin, avec un suivi régulier des zones préservées lors des travaux. - Le balisage des habitats des hauts de plages à conserver lors des travaux, ou à déplacer (par bouturage) le cas échéant. Dans le cadre du chantier, si la présence du Caméléon endormi (<i>Furcifer pardalis</i>) était constatée, il conviendra de mettre en place une procédure adaptée, en particulier pour le déplacement d'individus dans les zones visés par les travaux. Pour cette espèce protégée, une procédure adaptée existe pour leur déplacement, cela pourra être défini conjointement avec les services de l'Etat compétent (DEAL). <u>Comité de suivi</u> Dans le cadre du projet, un comité de suivi pourra être mis en place pour garantir la bonne mise en œuvre du projet, en lien avec l'ensemble des composantes environnementales. De plus, ce comité va également s'assurer du bon déroulement des travaux et la mise en place des mesures environnementales.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	Ensemble des mesures environnementales proposées dans le cadre du projet
Planning	Avant et durant les travaux
Indication sur le coût	Coût évalué sur la base de la durée du chantier : 40 000 € sur 12 mois
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre (responsables), structure spécialisée dans la coordination environnementale (bureau d'étude...)

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R08	Opération expérimentale de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Peuplements benthiques et ichtyologiques des habitats coralliens
Localisation	Habitats coralliens du complexe récifal de Grande Anse au niveau du platier interne impacté par les futurs enrochements
Objectif(s)	Situé dans un complexe récifal bien formé, le futur bassin de Grande Anse bénéficie d'un contexte physique et écologique favorable au développement des communautés coralliennes. En considérant les effets des travaux (enrochements) sur les colonies coralliennes, il est proposé une mesure de réduction avec la mise en place d'une opération expérimentale de transplantation corallienne. Cette dernière se base sur les potentialités de développement des communautés coralliennes dans un milieu fermé jugé propice à l'installation puis la croissance de colonies coralliennes (futur bassin de baignade). De plus, ce type de mesure a été réalisé en 2021 à La Réunion dans le cadre du projet de Nouvelle Route du Littoral, montrant de résultats positifs suite à ces transplantations. Ces résultats témoignent de la faisabilité à titre expérimental de cette mesure au moment des travaux d'aménagement pour l'extension de l'actuel bassin.
Description	Cette mesure sera réalisée au moment des travaux d'agrandissement du bassin, conjointement avec la mesure « R07 - Accompagnement environnemental du projet ». Ces opérations de transplantation sont à prévoir avant la mise en place des enrochements sur le platier actuel (zone visée par l'agrandissement du bassin). Les coraux seront prélevés pour être ensuite transplantés à l'intérieur du bassin, dans les zones jugées propices au développement de ces colonies coralliennes (sur un substrat dur, dans un environnement marin jugé stable et propice à ces bouturages). Cette mesure va se décliner en <u>4 grandes étapes</u> : • (i) collecte des colonies, • (ii) le tri et stockage des colonies, • (iii) la préparation des supports, • (iv) la transplantation (ou bouturage). Un suivi sera fait suite à l'opération (cf. mesure de suivi des biocénoses marines). Chaque phase va nécessiter un travail spécifique et une attention particulière. Pour le site visé par cette opération, l'étape sensible sera la collecte des colonies, dans la mesure où le platier est soumis à un hydrodynamisme marqué (houle) dans une faible profondeur. Ce travail de collecte ne pourra se faire que dans de bonnes conditions météorologiques, avec une houle inférieure à 0.5m et un vent faible. Les autres étapes devraient se faire plus facilement, dans la mesure où le milieu récepteur sera protégé. Il

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R08	Opération expérimentale de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin
Principale(s) mesure(s) associée(s)	conviendra d'assurer des conditions environnementales propices au développement des espèces prélevées.
	- Mesure MR07 - Accompagnement environnemental du projet - MA01 – Suivi des biocénoses marines
Planning	Durant la durée des travaux lors de la pose des enrochements et extension du bassin. Le suivi sera réalisé en phase exploitation (se référer à la mesure de suivi des biocénoses marines)
Indication sur le coût	L'ensemble de ce travail va nécessiter un binôme d'experts, qui pourront travailler en palmes-masque-tuba (sans immersion hyperbare). Le temps de travail est évalué entre 20 et 25 jours, pour un coût d'environ 20 000 € (intégrant la logistique et matériel).
Opérateur(s) partenaire(s)	et Maîtrise d'ouvrage, DMSOI, DEAL, RNMR, opérateurs spécialisés (association, bureau d'études...)

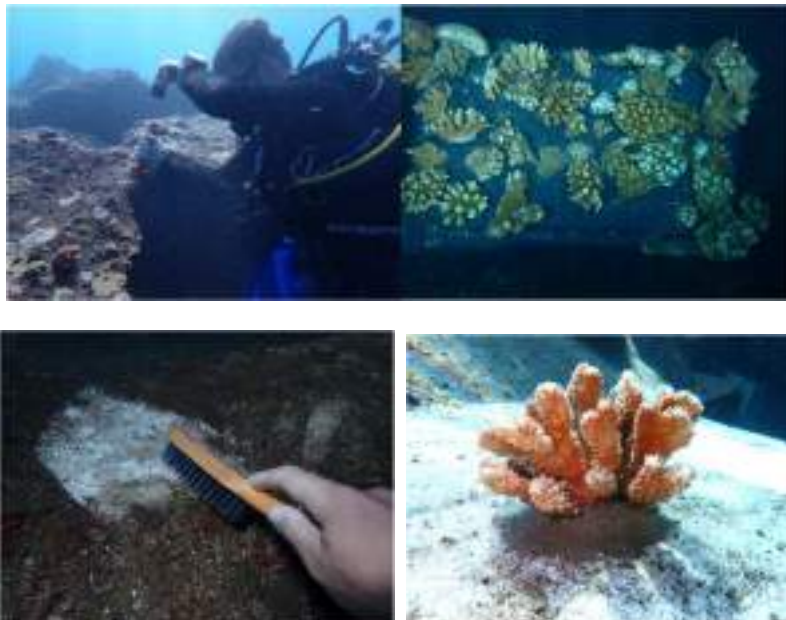


Figure 16 : Illustration de certaines étapes pour la transplantation corallienne (prélèvement, stockage, nettoyage du site récepteur, transplantation/bouturage) (© Biotope, 2022)

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure R09	Définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux)
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : Baleine à bosse et dauphins côtiers
Localisation :	Zone des travaux pour l'extension du bassin Habitat marin côtier
Objectif(s) :	L'aménagement côtier du projet prévoit donc une extension du bassin au niveau d'une partie du platier interne, avec également la construction d'une digue de protection et canalisation souterraine. Cela va possiblement engendrer des travaux et émissions sonores dans le milieu marin. Pour limiter les dérangements des cétacés durant les travaux, il est demandé aux entreprises de proposer les itinéraires techniques et/ou types de travaux les moins bruyants pour les cétacés lors des travaux d'extension du bassin de baignade.
Description	Dans le cadre de la consultation des entreprises, il sera précisé dans les cahiers des charges (DCE) qu'il est attendu des techniques ou modes opératoires les moins bruyants et impactants sur la mégafaune marine. Les entreprises devront donc proposer les solutions techniques les plus adaptées et pertinentes (et mesures associées) pour limiter les incidences acoustiques marines, et le dérangement des cétacés. Ces techniques (travaux) ou modes opératoires devront garantir le respect des seuils acoustiques SEL/SPL, en proposant des travaux qualifiés de « non-bruyants ». Cela concerne principalement les travaux de forage de la canalisation sous le bassin, susceptibles d'engendrer du bruit sous l'eau.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	■ Mesure E02 – Absence de travaux bruyants durant la saison de présence des baleines à bosse ■ Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux ■ Mesure R07 – Accompagnement environnementale du projet
Planning :	Période des travaux maritimes pour l'extension du bassin de baignade
Indication sur le coût :	Coût intégré au projet
Opérateur(s) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage (+AMO) et maîtrise d'œuvre, entreprises de travaux

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure A01	Suivi des biocénoses marines
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Peuplements benthiques et ichtyologiques des substrats durs
Localisation :	Habitats coralliens du complexe récifal de Grand Anse
Objectif(s) :	Ce suivi vise à suivre l'évolution des différents habitats marins et de la faune associée dans la zone d'influence des travaux durant le chantier du projet. En effet, suivant la nature des travaux, il convient de veiller à la bonne tenue des opérations permettant ainsi de limiter les dégradations voire la destruction de certaines biocénoses marines (sédimentation accrue, maladies, sur-blanchissement corallien...). Ce suivi va concerner les communautés benthiques et ichtyologiques sur substrats durs.
Description	<u>Suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur</u> Ce suivi va porter sur les récifs coralliens, en considérant des stations au niveau de la pente externe et une station dans le bassin (sur les secteurs préservés lors des travaux). Cela devrait permettre de veiller au bon développement des communautés vivantes durant l'ensemble des phases du projet (avant, pendant, après les travaux, et durant l'exploitation). <u>Préalablement au début des travaux</u>, il convient de réaliser <u>un état 0</u> sur la base de la méthodologie retenue et validée. <u>Durant la période des travaux</u>, il est proposé la réalisation d'un <u>suivi semestriel</u>. <u>Lors de l'exploitation, 1 suivi annuel sera réalisé (après livraison du bassin de baignade) sur une durée de 10 ans après les travaux.</u> Les différents paramètres concernés doivent permettre le suivi : des invertébrés fixes (coraux), des invertébrés mobiles et des poissons. Pour les <u>peuplements benthiques fixés</u>, différents paramètres vont ainsi être étudiés : • La biodiversité corallienne, • L'état de santé des formations coralliennes, • Le taux de recouvrement benthique,

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure A01	Suivi des biocénoses marines
	- La richesse spécifique, l'abondance et la structuration des communautés ichtyologiques présentes Pour les <u>peuplements benthiques mobiles</u>, les holothurides et échinides (groupe des holothuries et oursins) vont être étudiés. Il s'agit notamment d'évaluer l'abondance et la densité, de façon à évaluer des modifications du milieu. Pour les poissons, au même titre que les invertébrés fixés, il est nécessaire de prendre en compte certains paramètres, permettant de dresser l'état du milieu : - Diversité spécifique, - Densité et abondance, - Répartition des régimes trophiques - Niveau de développement (répartition adultes-juvéniles). Les méthodes retenues pour l'étude de ces différents peuplements doivent répondre à ces attentes. Pour les <u>peuplements benthiques fixes</u>, à l'instar de l'état initial pour ce projet et au vu des typologies d'habitat, la méthode des quadrats semble la plus adaptée avec post traitement sous le logiciel CPCE. Des quadrats fixes (prise de vue fixe ou photogrammétrie des blocs colonisés) peuvent être envisagés pour suivre précisément l'évolution du recouvrement et le développement des colonies. Pour les <u>invertébrés mobiles</u>, des belt-transects pourront ainsi être faits (ex. 3 belt de 5m de long sur 5m de large soit 25m², soit 75m² par station) pour l'étude des oursins, holothuries et autres invertébrés mobiles. L'ensemble des espèces remarquables sera inventorié. Pour les <u>poissons</u>, des points fixes peuvent être réalisés (U.V.C : Underwater Visual Census), sur la base de 4 points par station. Les protocoles de suivi et la planification devront être définis et prendre en compte les conditions maritimes locales (marée, visibilité réduite). Pour une station en pente externe, les protocoles GCRMN restent les plus adaptés. L'interprétation des résultats va ainsi permettre d'évaluer l'état du milieu, avec notamment l'état du substrat (évolution du recouvrement corallien...) et l'état des peuplements faunistiques (diversité spécifique, abondance...). Ces résultats pourront également être comparés aux données récoltées dans le cadre du suivi mené pour la Directive Cadre sur l'Eau. Pour l'ensemble de ces suivis, les résultats doivent aussi alerter sur de possibles dégradations des habitats marins, et orienter les méthodes de travail si cela s'avère nécessaire.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure A01	Suivi des biocénoses marines
	La <u>bancarisation des résultats</u> sera réalisée conformément aux attentes réglementaires, avec versement des données collectées dans la base de données de référence (BD Récif). Cette bancarisation sera précisée dans le cahier des charges lors de la consultation des bureaux d'études pour l'ensemble des suivis écologiques prévus en phase travaux puis après la livraison de l'aménagement.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	Mesure MR07 - Accompagnement environnemental du projet
Planning :	Durant la durée des travaux et en phase exploitation
Indication sur le coût :	Coût pour les suivis des biocénoses marines (substrat dur) : 80 000 € <i>Cela sera réalisé pour un état 0, deux suivis semestriels durant les travaux et 10 suivis annuels durant l'exploitation, intégrant des stations dans le bassin et pente externe, avec la réalisation d'un rapport final à 10 ans et la bancarisation des données.</i>
Opérateur(s) partenaire(s) pressentis	et Maîtrise d'ouvrage (contrôle extérieur), avec structure experte pour la réalisation (bureau d'étude...)

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure A02	Suivi de la mégafaune marine
Communauté(s) biologique(s) justifiant la mise en œuvre de la mesure	Mégafaune marine : tortues marines et mammifères marins
Localisation	Zone d'influence du projet, en considérant un rayon d'environ 2 miles nautiques
Objectif(s)	Ce suivi vise à évaluer l'évolution des populations de cétacés et tortues marines dans la zone d'influence du projet d'extension du bassin, durant les travaux puis après sa livraison. Cela doit ainsi permettre d'évaluer l'état des populations pour la mégafaune marine, et aussi alerter si des évolutions venaient à montrer une dégradation de l'état des populations pendant et après les travaux. Ce suivi va se décliner sous la forme d'un suivi maritime de la mégafaune marine. <u>Zone d'étude</u> La zone d'étude va concerner la zone d'influence du projet (estimée à 2 miles nautiques en l'absence de travaux bruyants). Si des travaux bruyants sont prévus, cette zone d'influence devra être revue, notamment à l'aide d'une modélisation acoustique. <u>Méthodologie</u> Pour ce type de suivi, différents paramètres vont être pris en compte, permettant ainsi d'acquérir des données comparables dans le temps. Dans le cadre des différentes prospections, il convient donc d'étudier : • L'effort de prospection • La richesse taxonomique, • La fréquence d'observation, • L'abondance relative La méthode retenue consiste donc en la réalisation de transects fixes, devant permettre la détection visuelle des cétacés et tortues marines. Dans le cas d'une observation, une prise de donnée est réalisée, selon un cadre préétabli (espèce, effectifs, direction, comportement...), avec géolocalisation. De plus, une prise de vue photographique est réalisée, devant ainsi participer à la photo-identification des individus. Enfin, tous les 15 minutes, une écoute ponctuelle peut être réalisée à l'aide d'un hydrophone, de façon à caractériser de manière simple l'environnement acoustique et détecter des cétacés éventuellement. Enfin, les conditions d'observation doivent également être retranscrites. <u>Fréquence et durée des suivi</u>
Description	

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure A02	Suivi de la mégafaune marine
	De façon à suivre régulièrement les évolutions des populations de mégafaune marine, au regard du contexte et des enjeux de la zone d'étude, il est proposé la réalisation de 5 campagnes de suivi : état 0, durant les travaux (2) puis en phase d'exploitation (N+1, N+2). La durée des suivis doit permettre une pression d'observation significative, soit 3 h d'observation pour les suivis maritimes. Pour rappel, des suivis visuels seront aussi faits durant les travaux pour les opérations jugées bruyantes, et permettant de contrôler la présence de cétacés (à partir d'un point haut : Piton Grand Anse). <u>Analyse des données et interprétation</u> L'ensemble de ces paramètres devront notamment permettre de mieux évaluer la répartition des individus par espèce et de qualifier les habitats pour chacun des espèces étudiées. Une évaluation des populations pourra être réalisée. La bancarisation des résultats sera également réalisée, avec versement des données au SINP.
Principale(s) mesure(s) associée(s)	• Mesure R04 – Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine • Mesure R07 - Accompagnement environnemental du projet
Planning	Etat 0 avant les travaux, état 0, travaux (N=2) et en phase d'exploitation (N+1, N+3)
Indication sur le coût	Coût total de 30 000 € pour les 5 suivis en mer, comprenant 3 experts MMO (observateurs cétacés), rapports et bancarisation.
Opérateur(s) et partenaire(s) pressentis	Maîtrise d'ouvrage (contrôle extérieur), avec structure experte pour la réalisation du suivi (bureau d'étude, association...)

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

2.3 Synthèse des impacts résiduels du projet et analyse du besoin de compensation

Les effets du projet sont réévalués à la lumière des différentes mesures d'évitement et de réduction proposées (Tableau 5). Les impacts résiduels de niveau « moyen », ou supérieurs, sont considérés comme « notables » au sens de l'article R122-5 alinéa 7° du code de l'environnement, c'est-à-dire de nature à déclencher une démarche de compensation. Pour rappel, le niveau « moyen » d'impact résiduel correspond à un impact dont la portée est supra-locale.

Pour ce projet, différentes mesures sont donc proposées, elles concernent l'évitement, la réduction et l'accompagnement. Suivant les thématiques et groupes taxonomiques, un travail important en amont a été réalisé pour proposer un projet s'insérant au mieux dans l'environnement naturel terrestre et marin. Une réflexion concertée et partagée a d'ailleurs été menée avec un ensemble d'acteurs et partenaires (DEAL, Commune, SPL Maraina, associations, bureaux d'étude), de façon à proposer un bassin le moins impactant possible, pour conserver les formations coralliennes. Cela concerne notamment :

- L'optimisation de la définition du bassin et des travaux associés, permettant de limiter les impacts sur les habitats et espèces concernés,
- Un suivi et une réduction des émissions sonores des travaux maritimes jugés sensibles (bruyants), et un contrôle régulier du bruit sonore sous-marin, limitant les incidences acoustiques des travaux sous-marins bruyants sur la mégafaune marine.
- Une gestion et un contrôle de la qualité de l'eau, favorable à l'ensemble des habitats, peuplements marins, à la faune et à la flore marine.
- Des opérations expérimentales de transplantation des colonies coralliennes impactées par les travaux
- Un accompagnement environnemental durant l'ensemble du projet (conception, travaux).
- Une sensibilisation et information du public et usagers en phase exploitation.

L'emprise des enrochements sur les colonies coralliennes et la difficulté d'évaluer avec précision les effets du projet sur les colonies coralliennes amènent à constater des impacts résiduels sur ces formations, avec la proposition d'une mesure de compensation : la définition d'un plan de gestion et mise en œuvre d'actions prioritaires en faveur de la biodiversité pour le site littoral de Grande Anse (mesure décrite ci-après).

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Tableau 5 : Evaluation des impacts résiduels du projet

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
Habitats, faune et flore terrestres				
Habitats littoraux (et espèces associées)	MOYEN	Perturbations et/ou destructions des habitats et espèces végétales terrestres (cas des communautés végétales des hauts de plage à Patates à Durand et Patates cochon)	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins	FAIBLE
	MOYEN	Développement des espèces végétales exotiques envahissantes	Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet	FAIBLE
Oiseaux marins	MOYEN	Perturbations et/ou destructions d'espèces faunistiques terrestres : cas des risques d'échouages des oiseaux marins	Mesure R01 – Adaptation des modalités d'éclairage du chantier Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet	FAIBLE

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
Habitats marins et espèces associées				
Peuplement benthique de substrat dur (avec recouvrement corallien localisé)	FORT	Altération, destruction des communautés benthiques et habitats par recouvrement direct au niveau du bassin, du platier interne et du front récifal	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins	FAIBLE <i>Il est à noter la destruction localisée du platier interne, faiblement colonisé par les colonies coralliennes (zone fortement battue).</i> <i>Différentes mesures ont été proposées pour conserver et permettre le développement des colonies coralliennes présentes dans le bassin.</i> Au regard des effets résiduels localisés sur les colonies coralliennes, une mesure de compensation est proposée
		Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i>	Mesure R02 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux	
		Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i>	Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux	
		Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i>	Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation)	
		Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i>	Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet	
			Mesure R08 – Opération expérimentale de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin	
			MA01 - Suivi des biocénoses marines et littorales (travaux / exploitation)	

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
TORTUES MARINES				
Tortue verte (<i>Chelonia mydas</i>) Tortue imbriquée (<i>Eretmochelys imbricata</i>)	FAIBLE A FORT	Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i> Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i> Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i>	Mesure R02 – Maîtrise de la qualité des eaux et écosystèmes marins durant les travaux Mesure R03 - Contrôle renforcé de la qualité de l'eau durant les travaux Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier Mesure R06 – Mise en place d'une gestion environnementale optimale du projet (phase exploitation) Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)	FAIBLE <i>L'ensemble des mesures proposées permettent de prendre en compte les enjeux liés aux tortues marines, avec notamment la limitation du dérangement et la dégradation de l'habitats d'alimentation.</i> <i>Concernant la problématique liée à la plage de ponte de Tortue verte (donnée ancienne avérée datant de 1999), une mesure propose une gestion environnementale du site (après travaux), intégrant une sensibilisation et la prise en compte de cet enjeu.</i>
MAMMIFERES MARINS				
Grand dauphin de l'Indo Pacifique (<i>Tursiops aduncus</i>) Baleine à bosse (<i>Megaptera novaeangliae</i>)	MOYEN A FORT	Dérangement sonore des cétacés lors des travaux <i>Ensemble des émissions sonores considérées comme perturbatrices pour la faune (travaux bruyants, trafic maritime...)</i>	<u>La séquence ERC est proposée pour limiter les effets du projet sur les mammifères marins, selon la déclinaison suivante :</u> 1. Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux	FAIBLE <i>Les différentes mesures proposées permettent de limiter considérablement les incidences sur ces espèces, au travers notamment de la gestion et suivi des</i>

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Habitat naturel ou groupe biologique concerné	Enjeux écologiques	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet et conséquences réglementaires
		Risques de pollution de l'habitat marin <i>Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)</i> <i>Rejets des déchets de chantier</i> Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau <i>Augmentation de la turbidité et émission des matières en suspension, modifiant l'état de la colonne d'eau (turbidité), lors des travaux ou en par modification du fonctionnement hydrosédimentaire (phase exploitation)</i> Impact sur la fonctionnalité écologique locale <i>Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine</i>	écologiques terrestres et marins 2. Mesure E02 – Absence de travaux bruyants marins durant la saison des baleines à bosse 3. Mesure R09 : définition de techniques peu bruyantes pour les travaux marins (amont travaux) 4. Mesure R04 – Gestion du risque acoustique de dérangement de la mégafaune marine durant les travaux 5. Mesure R05 – Gestion optimale des déchets durant le chantier 6. Mesure R07 – Accompagnement environnemental du projet 7. MA02 - Suivi de la mégafaune marine (travaux / exploitation)	<i>nuisances acoustiques (et de la qualité de l'eau).</i>

2.4 Mesure de compensation

Ce projet d'extension du bassin de baignade concerne donc un aménagement qui se situe dans le complexe récifal de Grande Anse, en particulier au niveau du platier.

Les effets résiduels du projet se traduisent par une destruction localisée de colonies coralliennes pour une surface de 114 m² (platier récifal recouvert par des enrochements localisés). Les effets peuvent aussi concerner une modification potentielle du fonctionnement du complexe récifal (sans que cela soit confirmé et quantifiable). Dans ce sens, il est proposé une mesure de compensation intégrant l'ensemble du complexe récifal, intégrant également la plage et l'arrière-plage ce qui permet une gestion durable du patrimoine naturel. **Cette compensation va se traduire par l'élaboration d'un plan de gestion et mise en œuvre d'actions prioritaires en faveur de la biodiversité pour le site littoral de Grande Anse.**

Cette mesure est décrite dans la fiche ci-après.

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE
Communautés biologiques visées	▪ Biocénoses marines : formations biologiques sur substrats durs/meubles, principalement le complexe récifal de Grande Anse. ▪ Mammifères marins : espèces côtières, dont la Baleine à bosse (côtière pendant sa période de fréquentation des eaux de La Réunion à savoir l'hiver austral) et le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (espèce côtière sédentaire). ▪ Tortues marines : Tortues vertes et Tortue imbriquées.
Nature des impacts résiduels à compenser	Le projet d'extension du bassin de baignade est concerné par différents types d'aménagements tels que la création d'une protection en enrochements, un bassin de natation et la mise en place d'îlots (enrochements naturels). Les effets du projet vont se traduire par : • [Phase travaux] Une altération, destruction des communautés benthiques et habitats par recouvrement direct : effets directs et permanents lors des travaux (emprise projet) • [Phases travaux & exploitation] Une dégradation des habitats marins et des espèces par altération de la qualité de l'eau : effets indirects et temporaires lors des travaux • [Phase travaux] Des risques de pollution accidentelle du milieu : effets indirects et temporaires • [Phases travaux & exploitation] Un impact sur la fonctionnalité écologique locale : effets indirects et temporaires et permanents. Le projet s'inscrit dans un complexe récifal formé de différentes entités écologiques. Les aménagements de ce projet vont ainsi impacter directement le platier récifal, qui se distingue par (i) un platier à colonies coralliennes dispersées avec un recouvrement corallien inférieur à 5%, et (ii) un platier à colonies coralliennes dispersées avec un recouvrement corallien supérieur à 50%. La carte ci-dessous illustre l'emprise du projet sur ces habitats.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure de compensation

PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE



Les surfaces concernées par un impact permanent (destruction avec aménagement du bassin) sont rappelées ci-après, à savoir :

Au sein de l'emprise de l'enrochement	Surface emprise (m²)	Surfaces estimées de colonies coralliennes impactées potentiellement par les aménagements (m²)
Platier à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien inférieur à 5%</i>	1572	79
Platier à colonies coralliennes dispersées <i>Recouvrement corallien supérieur à 50%</i>	70	35
Total	1642 m²	114 m²

Ainsi, en emprise directe pour les aménagements du futur bassin, 114 m² de colonies coralliennes seront détruits lors de l'installation de la protection en enrochement.

Il est à noter que ce projet conserve les habitats coralliens à enjeux forts situés dans la partie sud-est du bassin. Enfin, un effet positif du futur bassin concerne le développement de colonies coralliennes dans une surface plus importante que le bassin actuel, considérant un fonctionnement hydrodynamique similaire.

Au regard de ce projet d'extension du bassin, différentes mesures sont proposées mais elles ne permettent pas d'éviter les effets résiduels (directs/indirects/permanents/temporaires) sur les habitats benthiques

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE
	coralliens du platier récifal. A ce titre, une compensation écologique est donc proposée consistant à la mise en place d'un plan de gestion à l'échelle du site.
Justification de la mesure (dont additionnalité)	Les effets résiduels du projet montrent une destruction d'environ 114 m² de colonies coralliennes. Cependant, le nouveau bassin conserve les zones naturelles à forts enjeux, et offrira les conditions adéquates au développement de nouvelles colonies coralliennes sur une emprise étendue. <u>De plus, il est proposé une mesure de compensation qui se place dans une logique de gestion durable de ce site naturel exceptionnel de Grande Anse, considérant les composantes terrestres et marines.</u> La zone retenue pour ce site naturel va inclure l'arrière-plage, la plage et le complexe récifal (dont le futur bassin). Ainsi, le plan de gestion va permettre de définir un ensemble d'actions (gestion, conservation, éducation, sensibilisation, surveillance, études...), puis la mise en œuvre d'actions prioritaires. Cette mesure vient en complément d'autres actions, dont celles menées par le Conservatoire du littoral (au niveau du Piton Grande Anse) ou par la CIVIS (gestionnaire de la plage). Enfin, suivant les opportunités, il s'agira de déterminer comment pourra s'articuler le devenir de ce site dans le cadre de la Stratégie nationale des aires protégées bien qu'actuellement le site de Grande Anse n'est pas intégrée dans une aire protégée.
Localisation	Cette mesure de plan de gestion concerne le site de Grande Anse, comprenant l'arrière-plage, la plage et le complexe récifal. Ce site naturel couvre une surface évaluée à 18 ha, incluant le futur bassin de baignade. Une zone élargie peut aussi être considérée, comprenant l'ensemble du site, avec Piton Grande Anse et une zone marine plus grande, soit une surface de l'ordre de 45 ha. <i>La concertation avec les acteurs locaux viendra préciser la délimitation de la zone retenue pour cette compensation. Elle pourra se faire en partenariat avec le Conservatoire du Littoral et la CIVIS. La zone retenue pourra aussi inclure le Piton Grande Anse et les propriétés du conservatoire. En mer, l'inclusion du récif sera aussi être considéré, en concertation avec la DMSOI.</i>

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE
	
Maître d'ouvrage et acteurs concernés	La commune de Petite-Île s'engage dans la mise en place de cette mesure, avec la définition d'un plan de gestion de ce site naturel, ainsi que la mise en œuvre d'actions prioritaires pour la gestion et le suivi de ce site. Un ensemble d'acteurs sera associé à la démarche, notamment lors de l'élaboration du plan de gestion, tels que : DEAL, DMSOI, Gendarmerie national pour l'Etat, Commune de Petite-Ile, CIVIS, Conservatoire du Littoral, les associations (NOI, Vie Océane, SEOR...), l'Université de La Réunion, la Réserve Naturelle Marine de la Réunion, le CRPMEM (pêche maritime) ...
Description	<u>1/ Etape préalable : la définition et validation des limites du site</u> Comme précisé précédemment, les limites du site seront précisées et validées avec l'ensemble des acteurs concernés (Petite-Île, CIVIS, Conservatoire du Littoral, DEAL, DMSOI...). A minima, cette zone va inclure l'arrière-plage, la plage et le platier récifal (incluant le récif). En considérant les intérêts écologiques (habitats et espèces à forts enjeux) et la fonctionnalité écologique, le site pourra être élargi à l'ensemble du complexe récifal (notamment avec la pente externe à sillons) et le Piton Grande Anse. Cela offrira la possibilité de définir une gestion durable de l'ensemble des entités écologiques. <u>2/ Elaboration d'un plan de gestion du site</u> Le plan de gestion pour ce site naturel, constituera le document de référence de la gestion du site étendu de Grande Anse. Il va définir un ensemble d'actions sur une durée de 10 ans, et sera réévalué au terme de cette durée. Ce document de gestion va se composer de différentes parties :

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE
	• Un état des lieux du site (diagnostic écologique, social et économique), • La définition des enjeux et objectifs de gestion (court-moyen-long termes) • La définition d'un plan d'actions (gestion, communication, études, suivi...). Les différents champs d'application des actions concernent la protection, la connaissance, la communication et les aspects administratifs et réglementaires. Lors de l'élaboration de ce plan de gestion, des groupes de travail seront constitués avec l'ensemble des acteurs locaux afin de définir les actions concrètes et répondre aux besoins et enjeux locaux. <u>3/ Mise en œuvre des actions du plan de gestion</u> Cette mesure de compensation intègre également la mise en œuvre d'<u>actions importantes à mettre en place</u>, parmi lesquels les pistes de mesures suivantes : • Le balisage du site naturel, en particulier la matérialisation des zones sensibles (marines et terrestres), • La gestion de la fréquentation et des accès (stationnement, cheminement sur terre et dans le bassin...), • La surveillance et sécurité, • Les modalités de gestion du site (déchets, entretien de la fosse de natation, sentiers...) • Une valorisation pédagogique à travers la mise en place d'une aire marine éducative, la définition d'un sentier sous-marin, panneaux d'information pédagogique... • Une gestion durable des ressources (pêche). <u>4/ Mise en place d'une équipe et des moyens divers dédiés au site</u> Une équipe d'agents sera dédiée aux différentes missions propres à la gestion, surveillance et suivi du site protégé. Cette équipe sera supervisée par un responsable (mission administrative et communication, basée à la commune de Petite-Île), et constituée de 2 MNS et d'autres personnels associés (via les structures partenaires). Le plan de gestion devra définir le fonctionnement et rôle de l'équipe, tout comme l'articulation des missions pour chacun. <u>Les moyens humains mobilisables</u> seront les suivants : ▪ La commune Petite-Île pour le suivi et animation administrative/financière, en lien avec la gestion du réseau de sites naturels (La Mare, le Vivier, Grande Anse) ▪ La commune Petite-Île: Service technique responsable et en charge de la gestion du site ▪ 2 MNS sur site, avec partage des missions : (i) Surveillance, (ii) Gestion de la fréquentation, (iii) Sensibilisation, soit 0.5 ETP considérés pour des actions de sensibilisation/éducation/gestion fréquentation, ▪ La CIVIS : gestionnaire/responsable de l'arrière-plage

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE
	- La CIVIS avec brigade environnement et Gendarmerie nationale pour la Police de l'Environnement (déchets, bruits... nuisances diverses) et la sécurité Les missions de l'équipe s'inscriront autour de 3 grands axes : - Surveiller et protéger, - Connaître, - Faire connaître. Les missions des agents de ce site seront ainsi les suivantes : - Assurer une sensibilisation des usagers de la mer (bonnes pratiques, richesses écologiques de la zone...), - Assurer une surveillance réglementaire et la protection de la zone (respect de la réglementation), - Communiquer et réaliser des missions pédagogiques, - Participer, coordonner, voire assurer les différents suivis réalisés sur le site (suivi administratif, réglementaire, scientifique...). <u>5/ Suivi du site</u> Différents types de suivi seront réalisés dans le cadre de la gestion durable de ce site naturel : - Un suivi administratif et financier qui consistera en un travail de veille et d'animation, pour s'assurer du bon fonctionnement du site, et la mobilisation de moyens financiers ; - Un suivi scientifique qui permettra de veiller à l'évolution du milieu et accroître les connaissances scientifiques. Ces différentes missions peuvent être assurées en partie par l'équipe locale. Les suivis scientifiques faisant appel à des compétences pointues pourront être externalisés.
Durée et calendrier	La durée de mise en œuvre de cette mesure est de 10 ans, avec une évaluation des actions réalisées et une actualisation du plan de gestion au terme de ces 10 années. <i>1/ Calendrier prévisionnel de réalisation de la mesure</i> ⇒ <u>Année 1 (potentiellement 2024)</u> - Définition et validation des limites du site (en concertation avec les partenaires concernés) ; - Lancement pour l'élaboration du plan de gestion ; - Mise en place des équipes de gestion et balisage du site. ⇒ <u>Année 2</u> - Finalisation du plan de gestion ; - Mise en œuvre des premières actions prioritaires. ⇒ <u>Années 2 à 10</u> - Poursuite de la mise en œuvre des actions prioritaires.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Mesure de compensation	PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE																																																																																																		
	⇒ Année 10 - Evaluation du plan de gestion et actions mises en œuvre ; - Actualisation du plan de gestion. 2/ Etat d'avancement A ce stade (janvier 2023), il reste à définir et valider le périmètre exact du site naturel bénéficiant du plan de gestion. Les grands principes de ce plan de gestion ont été établis avec la commune de Petite-Île. Il s'agira maintenant de concerter les principaux partenaires identifiés.																																																																																																		
Indicateurs de suivi	Les différents indicateurs de mise en œuvre sont présentés ci-dessous.																																																																																																		
	<table><tr><th rowspan="2">Indicateurs de suivi</th><th colspan="10">Années</th></tr><tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr><tr><td>1- Définition et validation du périmètre du site / <i>Livrable : compte-rendu validé</i></td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2- Lancement et réalisation du plan de gestion / <i>Livrable : CR de réunion de consultation + livrable (plan de gestion)</i></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3- Mise en œuvre des équipes et balisage du site</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4- Définition et validation des actions prioritaires à réaliser / <i>Livrable : compte-rendu réunion (avec Etat et ensemble des acteurs impliqués)</i></td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5- Mise en œuvre des actions prioritaires / <i>Livrable : rapport annuel d'activité (actions réalisées)</i></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>6- Evaluation du plan de gestion et actions mises en œuvre / <i>Livrable : rapport d'évaluation</i></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr><tr><td>7- Actualisation du plan de gestion / <i>Livrable : plan de gestion actualisé</i></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr></table>	Indicateurs de suivi	Années										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1- Définition et validation du périmètre du site / <i>Livrable : compte-rendu validé</i>	X										2- Lancement et réalisation du plan de gestion / <i>Livrable : CR de réunion de consultation + livrable (plan de gestion)</i>	X	X									3- Mise en œuvre des équipes et balisage du site	X	X									4- Définition et validation des actions prioritaires à réaliser / <i>Livrable : compte-rendu réunion (avec Etat et ensemble des acteurs impliqués)</i>		X									5- Mise en œuvre des actions prioritaires / <i>Livrable : rapport annuel d'activité (actions réalisées)</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	6- Evaluation du plan de gestion et actions mises en œuvre / <i>Livrable : rapport d'évaluation</i>										X	7- Actualisation du plan de gestion / <i>Livrable : plan de gestion actualisé</i>										X
	Indicateurs de suivi		Années																																																																																																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																								
	1- Définition et validation du périmètre du site / <i>Livrable : compte-rendu validé</i>	X																																																																																																	
	2- Lancement et réalisation du plan de gestion / <i>Livrable : CR de réunion de consultation + livrable (plan de gestion)</i>	X	X																																																																																																
	3- Mise en œuvre des équipes et balisage du site	X	X																																																																																																
	4- Définition et validation des actions prioritaires à réaliser / <i>Livrable : compte-rendu réunion (avec Etat et ensemble des acteurs impliqués)</i>		X																																																																																																
	5- Mise en œuvre des actions prioritaires / <i>Livrable : rapport annuel d'activité (actions réalisées)</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X																																																																																								
6- Evaluation du plan de gestion et actions mises en œuvre / <i>Livrable : rapport d'évaluation</i>										X																																																																																									
7- Actualisation du plan de gestion / <i>Livrable : plan de gestion actualisé</i>										X																																																																																									
Estimation financière	Le coût financier est de 30 000€ par an pour la mise en œuvre d'actions du plan de gestion, soit un total de 300 000 € sur 10 années.																																																																																																		

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

3 Scénario de référence

Au regard de la nature du projet, il est davantage traité de l'évolution du milieu marin (et communautés vivantes associées) que du milieu terrestre (plage peu affectée par les aménagements pressentis).

3.1 Description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement : le « scénario de référence »

L'état initial des milieux naturels, de la flore et de la faune correspond à l'état actuel de l'environnement, également dénommé « scénario de référence » dans l'article R. 122-5 du Code de l'environnement. Il convient donc de se référer à ce chapitre pour prendre connaissance de l'état actuel de l'environnement.

3.2 Facteurs influençant l'évolution du site

3.2.1 La dynamique naturelle d'évolution des écosystèmes

De manière générale, un écosystème n'est pas figé, il évolue perpétuellement au gré des conditions abiotiques (conditions physico-chimiques, conditions hydrosédimentaires, dynamiques naturelles...). Cette évolution peut donc concerner l'habitat artificiel constitué par l'actuel bassin de baignade de Grand Anse, devant toutefois intégrer des paramètres externes tels que la pérennité de l'actuel bassin (et sa digue de protection) ainsi que la fréquentation humaine. Indépendamment de ces paramètres, il semble difficile de concevoir que l'évolution naturelle permettrait un développement plus important des communautés vivantes (notamment coralliennes), car certains secteurs semblent peu fréquentés, sans pour autant bénéficier d'un développement corallien massif. Cela s'explique notamment par les conditions hydrodynamiques locales qui ne permettent pas un développement important (cas d'un brassage plus marqué, houle, typologie du substrat, ...).

Ainsi, à terme, au bout de plusieurs dizaines voire centaines d'années, sans aucune intervention humaine (absence d'un confortement de la digue actuelle...) ni perturbation naturelle (pluies massives), le développement des communautés coralliennes ne devraient donc pas accroître de manière importante.

3.2.2 Les changements climatiques

Depuis 1850, on constate des dérèglements climatiques, impliquant une tendance claire au réchauffement, et même une accélération de celui-ci. Au XX^{ème} siècle, la température moyenne du globe a augmenté d'environ 0,6°C et celle de la France métropolitaine de plus de 1°C (source : meteoFrance.fr).

Dans un horizon proche (2021-2050), les experts prévoient (Rapport Jouzel, 2014⁵) une hausse des températures moyennes, et une augmentation des phénomènes météorologiques violents.

⁵ Le Ministère du Développement durable a sollicité, en 2010, l'expertise de la communauté française des sciences du climat afin de produire une **évaluation scientifique des conditions climatiques de la France au XXI^e siècle**. Le Dr Jean Jouzel a été chargé de diriger cette expertise, réalisée par des chercheurs du CNRS/INSU/IPSL et LGGE, de Météo-France, du BRGM, du CEA, du CETMEF et du CNES. Le volume 4 du rapport "Le climat de la France au 21^e siècle" intitulé « Scénarios régionalisés édition 2014 » présente les scénarios de changement climatique en France jusqu'en 2100. Plus d'informations sur <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/le-climat-futur-en-france>

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

De même, dans les dernières prévisions, les récifs coralliens risquent de souffrir fortement de ces changements climatiques. Deux épisodes de blanchissement coralliens sont d'ailleurs survenus depuis 2016, affectant la vitalité des colonies.

En considérant ces prévisions, mais conclure sur les effets réels du changement climatique sur la biodiversité, l'évolution des communautés vivantes ne semblent pas aller dans le sens d'une augmentation du développement des peuplements coralliens (et espèces associées).

3.2.3 Les activités humaines

Dans la zone d'influence du projet, la fréquentation humaine de l'actuel bassin de baignade peut affecter son devenir. Toutefois, il est peu probable que cela évolue dans le temps, eu égard aux capacités d'accueil existante sur la zone.

3.3 Évolution probable du scénario de référence en l'absence ou en cas de mise en œuvre du projet

Le tableau suivant compare l'évolution du scénario de référence avec ou sans mise en œuvre du projet et précise, dans les deux cas, l'évolution des grands types de milieux au sein de l'aire d'étude rapprochée.

Il est considéré pour l'analyse que :

- La durée de vie du projet est prise comme échelle temporelle de référence. Ainsi, le très court terme correspond à la phase de travaux du projet, le court terme aux premières années de mise en œuvre du projet, le moyen terme s'entend comme la durée de vie du projet et le long terme comme au-delà de la vie du projet. À adapter selon les projets traités : en gros, moyen terme = plus ou moins 15-25ans, long terme = 50 ans et plus)
- L'évolution probable du site en l'absence de mise en œuvre du projet est analysée en considérant une intervention anthropique similaire à l'état actuel en termes de nature et intensité des activités en place.
- Dans les deux scénarios (absence de mise en œuvre du projet et mise en œuvre), les effets du changement climatique s'appliqueront et la dynamique naturelle fera son œuvre sur les milieux non soumis aux activités humaines, qui évolueront vers des stades de végétations plus fermés et à terme vers un stade forestier.
- Concernant les effets sur les milieux naturels et la biodiversité, il s'agit de préciser s'il y a un gain, une perte ou une stabilité pour la biodiversité. Ces effets se mesurent sur deux critères principaux : le nombre d'espèces (augmentation/diminution/stabilité) et la qualité (typicité, degré de patrimonialité des espèces présentes...).
- L'analyse est réalisée « moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles » (Article R. 122-5 du Code de l'environnement)

L'évaluation des effets sur la biodiversité marine présentent des limites d'interprétation. Il est difficile d'évaluer avec précision et certitude les effets d'un tel projet sur la biodiversité marine, que ce soit les effets positifs et négatifs. En effet, l'actuel bassin a permis le développement d'une faune et flore marine riches et exceptionnelles, alors que cet habitat est d'origine anthropique (empiétant sur le platier récifal). La conception du futur bassin a été faite de manière à conserver le « jardin corallien » (zone la plus riche au niveau biodiversité marine), et aussi favoriser le développement de la faune et flore marines. A ce titre, l'évolution naturelle devrait être bénéfique pour la biodiversité marine.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

Tableau 6 : Évolution probable du scénario de référence en l'absence ou en cas de mise en œuvre du projet

	Absence de mise en œuvre du projet : poursuite des activités humaines en place et/ou évolution naturelle du site	Mise en œuvre du projet
Communautés vivantes associées au bassin de baignade	A court, moyen et long terme : maintien des habitats existants, mais avec risque de disparition/altération par rapport à la tenue de l'actuelle digue de protection et du changement climatique	A court terme : destruction localisée de communautés coralliennes. A moyen terme : possible perturbation du développement des colonies coralliennes suite au changement des conditions hydrodynamiques (ces perturbations ne sont pas forcément pénalisantes). A long terme : développement de communautés coralliennes adaptée aux conditions hydrodynamiques dans la zone abritée du futur bassin.
Complexe récifal de Grand Anse (front récifal / pente externe	Aucun changement dans la conservation et le fonctionnement écologique de ce complexe. Intégration néanmoins du changement climatique (blanchissement corallien, cyclones et fortes houles...).	A court terme destruction très localisée au niveau de l'émissaire du Talweg et au niveau de la butée de la digue. A court, moyen et long terme, l'évolution du complexe récifal de Grand Anse sera probablement proche de celle observée sans l'extension du bassin. En considérant la nouvelle emprise, certaine évolution pourrait toutefois être notée.
Mégafaune marine	Evolution naturelle	Evolution naturelle

4 Impacts cumulés avec d'autres projets

Pour cette étude, aucun autre projet n'a été pris en compte, ce qui n'entraîne pas d'identification et d'évaluation des impacts cumulés.



Annexes

Méthodologie d'évaluation des impacts et mesures

Analyse des impacts du projet sur l'environnement

Cette analyse consiste à superposer l'état initial et le projet envisagé par le maître d'ouvrage (localisation, opérations envisagées...) au moment de la rédaction du dossier. Les phases de chantier et d'exploitation y sont traitées.

Afin d'apprécier ces effets, l'analyse des retours d'expériences et plus généralement les analyses bibliographiques jouent un rôle important. La caractérisation de l'intensité des impacts est effectuée sur la base de critères quantitatifs (surface imperméabilisée, superficie d'habitats détruits...) s'appuyant sur les éléments transmis par le maître d'ouvrage. La superposition, par cartographie, des enjeux identifiés dans l'état initial et des caractéristiques du projet permet une lecture objective des impacts sur l'environnement inhérents au projet.

On distingue généralement dans l'évaluation des effets d'un aménagement la phase chantier de la phase d'exploitation. Dans certains cas, le démantèlement est pris en compte.

Un projet peut présenter :

- Des impacts directs : ils se définissent par une interaction directe du projet avec une activité, un usage, un habitat naturel, une espèce végétale ou animale... dont les conséquences peuvent être négatives ou positives. Exemples : Modification du contexte hydrologique local = impact direct négatif / Réduction de rejets atmosphérique = impact direct positif.
- Des impacts indirects : ce sont les conséquences secondaires liées aux effets directs du projet et peuvent également se révéler négatifs ou positifs. Exemples : dynamisation du contexte socio-économique local = impact indirect positif / Disparition d'une espèce animale patrimoniale liée à la destruction de ses habitats = effet indirect négatif.

Les effets peuvent être temporaires ou permanents :

- Temporaires lorsqu'ils s'expriment uniquement durant une période donnée (la phase chantier par exemple) ;
- Permanents dès lors qu'ils persistent dans le temps.

La durée d'expression d'un effet n'est pas nécessairement liée à son intensité : des effets temporaires pouvant être tout aussi importants que des effets permanents.

Enfin, les effets, négatifs comme positifs, peuvent être :

- Forts : pour une composante donnée du milieu marin, un effet est qualifié de fort lorsque la perturbation engendrée détruit ou altère l'intégrité de cette composante de façon significative, c'est-à-dire d'une manière susceptible d'entraîner son déclin ou un changement notable.

- Modérés : la composante affectée du milieu marin peut être détruite partiellement, à condition que cela ne remette pas en cause son intégrité. Le changement occasionné n'est pas considéré comme significatif.
- Faibles : la perturbation à l'origine de l'effet n'altère l'intégrité de cette composante que de façon marginale. Il n'y a pas de destruction.
- Nuls ou négligeables : les modifications de la composante considérée sont réputées nulles ou négligeables.

NB : des effets positifs sont envisageables de la même façon que les effets négatifs.

La qualification des effets prend en compte l'évaluation des enjeux relatifs à chaque composante analysée. Concernant les milieux naturels, l'appréciation des enjeux pour chacun des éléments observés (taxons, habitats d'espèces, habitats naturels, groupes biologiques...) repose notamment sur :

- Les statuts de rareté/menace du taxon considéré, à différentes échelles géographiques (Monde, Europe, France, région administrative, département administratifs ou domaines biogéographiques équivalents) ;
- L'utilisation de l'aire d'étude par l'espèce ;
- La représentativité à différentes échelles géographiques de l'habitat et/ou de la population d'espèce utilisant l'aire d'étude ;
- La viabilité de cette population ou permanence de son utilisation de l'aire d'étude ;
- Le degré d'artificialisation/de naturalité du contexte écologique de l'aire d'étude

Proposition de mesures d'évitement, de réduction et pistes de compensation

Au regard des impacts du projet mis en exergue par l'analyse précédente et de leur intensité, des mesures doivent être prévues pour les éviter, les réduire ou les compenser. Ces mesures ont été élaborées dans un souci de cohérence d'échelle entre impact et mesure proposée. Là encore, les retours d'expérience sur les mesures les plus pertinentes à mettre en place jouent un rôle primordial dans leur définition et leur dimensionnement.

L'étude d'impact est tenue de présenter les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour :

- Éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine
- Réduire les effets n'ayant pu être évités ;
- Compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité.

NB : la description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des effets du projet

sur les éléments pertinents, ainsi qu'une présentation des principales modalités de suivi de ces mesures et de leurs effets.

Chacune des mesures a fait l'objet d'une fiche précisant :

- Le type de mesure : ME = Mesure d'Evitement, MR = Mesure de Réduction, MC = Mesure de Compensation, MA = Mesure d'Accompagnement
- L'intitulé de la mesure ;
- Les objectifs ;
- Les communautés biologiques visées ;
- La localisation ainsi que, le cas échéant, les éléments liés aux surfaces concernées ;
- Les modalités de mise en œuvre ;
- Les périodes adaptées pour leur mise en œuvre ;
- Les mesures associées ;
- Une estimation des coûts.



ANNEXE 3 : ETUDE HYDRODYNAMIQUES ET SEDIMENTAIRES, ACTIMAR 2019

Extension du bassin de baignade de Grande Anse – La Réunion

Etudes hydrodynamiques et sédimentaires

Rapport final

Siège social

36, quai de la Douane – 29200 Brest – France
Tel : +33 298 44 24 51 – Fax : +33 298 46 91 04
Email : info@actimar.fr – Web : www.actimar.fr

ACTIMAR
Au service de la mer

Sommaire

1. INTRODUCTION	4
2. METHODOLOGIE ET DONNEES	6
2.1 DEMARCHE GENERALE	6
2.2 LES DONNEES BATHYMETRIQUES	6
2.2.1 Données SHOM	7
2.2.2 levé topographique Grande Anse juin 2018.....	8
2.3 LES MESURES DU RESEAU CANDHIS	9
2.4 LA BASE DE DONNEES D'ETATS DE MER RECONSTITUES	10
3. CARACTERISATION DES CONDITIONS METOCEAN.....	13
3.1 CONTEXTE CLIMATIQUE	13
3.2 LE VENT	14
3.3 NIVEAU DE LA MER	16
3.3.1 Marée astronomique	16
3.3.2 Niveaux extrêmes en conditions normales et cycloniques	16
3.3.3 Evolution à long terme du niveau de la mer.....	17
3.4 LES HOULES	18
3.4.1 Les houles d'alizés	18
3.4.2 Les houles australes	18
3.4.3 Les houles cycloniques	19
3.4.4 Statistiques opérationnelles des états de mer	19
3.5 CONDITIONS EXTREMES D'AGITATION AU LARGE	22
3.5.1 Conditions extrêmes non-cycloniques	22
3.5.2 Conditions extrêmes cycloniques	25

4. MODELISATION DE L'AGITATION	26
4.1 CONSTRUCTION DU MODELE NUMERIQUE	26
4.1.1 Exploitation du système telemac	27
4.1.2 Bathymétrie et maillage	27
4.2 FORÇAGES AUX LIMITES	28
4.3 RESULTATS NUMERIQUES	30
4.3.1 Conditions extrêmes cycloniques	30
4.3.2 Conditions extrêmes non-cycloniques	32
4.3.3 Synthèse des valeurs extrêmes de Hs obtenues au point C	37
5. ANALYSE MORPHO-SEDIMENTAIRE	38
5.1 FONCTIONNEMENT ACTUEL DU SITE	38
5.1.1 Contexte morpho-sédimentaire	38
5.1.2 Evolutions morpho-sédimentaires	42
5.1.3 Forçage hydrodynamiques et transports solides	51
5.2 PERSPECTIVES D'EVOLUTIONS DU SITE (SANS NOUVEL AMENAGEMENT)	58
5.3 EVALUATION DES EFFETS DE L'AGRANDISSEMENT DU BASSIN DE BAINADE SUR LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DU SITE	60
5.3.1 Capacités de transports solides	60
5.3.2 Plage en contre-haut de l'extension	65
5.3.3 Plage au Nord-Ouest de l'extension	65
6. BIBLIOGRAPHIE	66

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse, les conditions hydrodynamiques et hydrosédimentaires doivent être définies au droit du projet, avec deux objectifs principaux :

- Fournir des données d'entrée pour le dimensionnement de l'ouvrage,
- Estimer les impacts du projet sur les aspects d'érosion côtière et de submersion marine

La section 2 présente la méthodologie employée et les données disponibles pour l'étude, la section 3 fournit les conditions météocéaniques (états de mer, niveau moyen) au large de Grande Anse, la section 4 fournit les résultats de la propagation des conditions extrêmes des états de mer au droit du projet et la section 5 présente une analyse de la dynamique sédimentaire du site et une évaluation (basée notamment sur des modélisations de transport solide) des effets de l'agrandissement sur la dynamique de la plage sableuse.

Documents annexes :

Les tables Excel suivantes sont fournies en annexe du rapport :

- Etats de mer : analyses statistiques au point A
- Houle.table_synthese.21.373S-55.545E.Hs.Tp.dirm.xlsx

Conventions

La liste ci-dessous décrit les unités et conventions utilisées dans ce rapport. Tous les temps sont donnés par rapport au méridien de Greenwich (heure GMT).

Tableau 1-1 : Définition et convention des paramètres météo océaniques

Notation	Unité	Définition et convention
Hs	m	Hauteur significative des vagues
Tp	s	Période pic déterminée par l'inverse de la fréquence à laquelle le spectre d'énergie des vagues atteint son maximum
Dir	degré	Direction de provenance moyenne de l'énergie des vagues, référencée par rapport au nord géographique avec une convention dans le sens des aiguilles d'une montre
Dirp	degré	Direction pic de provenance de l'énergie des vagues, référencée par rapport au nord géographique avec une convention dans le sens des aiguilles d'une montre
D	m	Profondeur de la colonne d'eau. Distance verticale entre un point de référence et le fond.

2. METHODOLOGIE ET DONNEES

2.1 DEMARCHE GENERALE

Les conditions d'états de mer extrêmes sont déterminées, dans un premier temps, au large de la zone d'étude à partir des bases de données régionales disponibles, de précédentes études et d'éléments bibliographiques.

Les bases de données régionales disponibles ne permettant pas de reproduire correctement les vagues générées par les cyclones et les tempêtes tropicales (sous-estimation des hauteurs) deux approches différentes sont appliquées pour la détermination des houles cycloniques et non cycloniques du large.

Pour les houles australes et d'alizés, la démarche consiste à déterminer la hauteur significative des états de mer extrêmes à partir de l'analyse d'une base de données régionales d'états de mer (décrite en section 2.4) dans laquelle les périodes cycloniques ont été écartées.

L'étude des conditions cycloniques nécessite de reconstituer des champs de vent de cyclones historiques de référence, puis de générer et propager les houles cycloniques à l'aide de modèles spectraux d'états de mer. Ce travail ayant été réalisé dans d'autres études (BRGM, Ref. 5, DHI, Ref. 2, Sogreah, Ref. 6), nous avons analysé les données disponibles pour caractériser les conditions cycloniques au large de la zone de projet.

Lorsque les conditions extrêmes du large sont déterminées, ces différents événements sont propagés jusqu'à la côte à l'aide d'un modèle à fine résolution spatiale. Cela permet d'obtenir les conditions d'états de mer incidents sur la zone de projet, qui sont nécessaires au dimensionnement des ouvrages et aux analyses d'incidence.

2.2 LES DONNEES BATHYMETRIQUES

La mise en œuvre du modèle de propagation des états de mer nécessite un Modèle Numérique de Terrain (MNT). Ce dernier résulte de la compilation de différents levés bathymétriques dont la résolution et la couverture spatiale diffèrent.

Cette section présente les différentes sources de données bathymétriques exploitées pour construire le MNT.

2.2.1 DONNEES SHOM

Le SHOM diffuse plusieurs produits bathymétriques sur La Réunion.

- Le MNT bathymétrique de façade de La Réunion d'une résolution de 0.001° (~ 100 m) a été réalisé dans le cadre du projet HOMONIM. Il couvre intégralement l'île de La Réunion et s'étend vers le large jusqu'à plus de 4000 m de profondeur (cf. Figure 2-1).

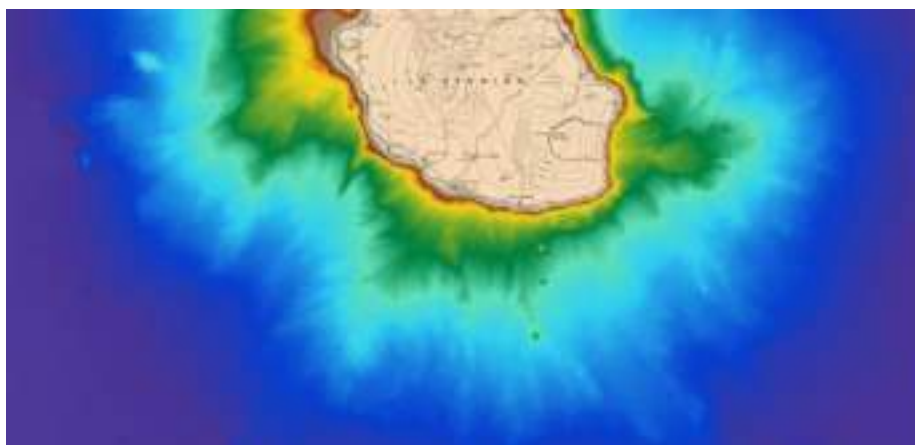


Figure 2-1 : SHOM, 2016. MNT bathymétrique de façade de La Réunion (Projet HOMONIM).
http://dx.doi.org/10.17183/MNT_REU100m_HOMONIM_WGS84

- Litto3D® - Réunion 2016. Le programme national Litto3D® fournit un modèle numérique altimétrique de référence, continu terre-mer et précis, sur la frange du littoral métropolitain et ultramarin. Litto3D® décrit la bande littorale en mer jusqu'à l'isobathe 10 m et au plus jusqu'à 6 milles marins des côtes (cf. Figure 2-2).

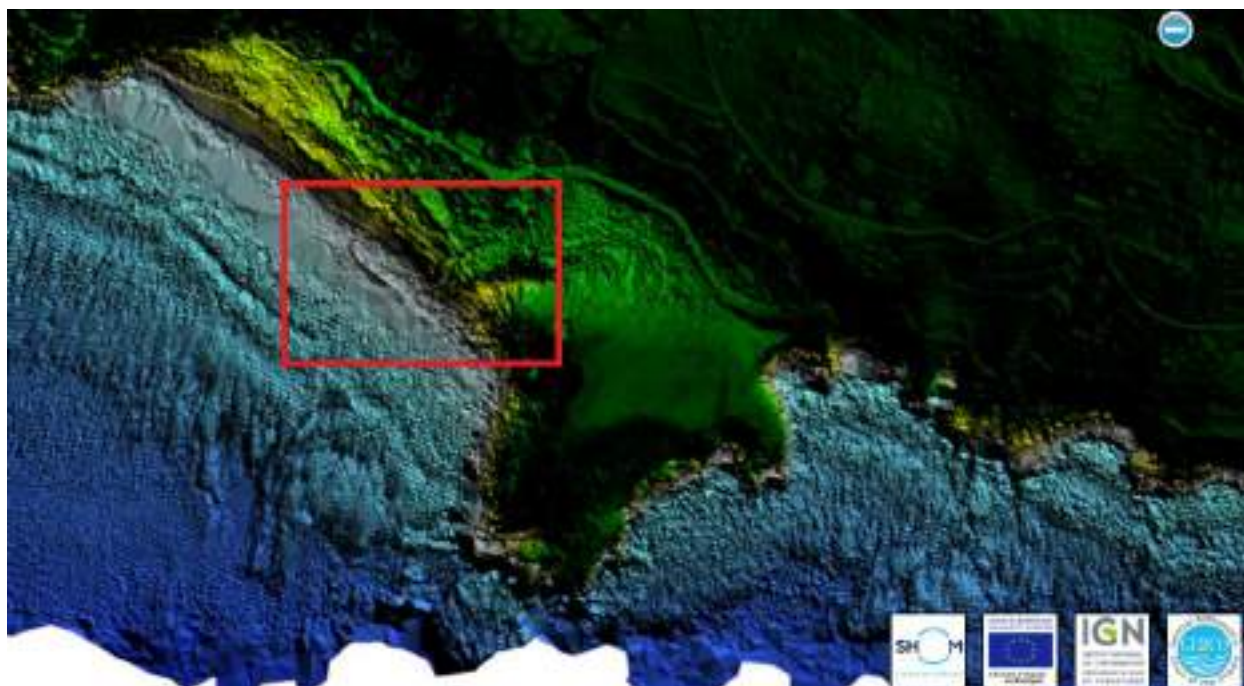


Figure 2-2 : Données bathymétriques Litto-3D Reunion-2016 disponibles sur la zone de projet (source SHOM-IGN). Le cadre rouge identifie la position actuelle du bassin de baignade.

2.2.2 LEVE TOPOGRAPHIQUE GRANDE ANSE JUIN 2018

Suez Consulting a transmis un fichier .dwg contenant des levés topographiques de la plage de Grande Anse. Les données topographiques contenues dans le fichier Maraina Grande Anse Topo 06 2018.dwg ont donc été intégrées au MNT. En dehors de la zone du levé, les données Litto3D® complètent le MNT.



Figure 2-3 : Données topographiques (points jaunes) disponibles sur la plage de Grande Anse.

2.3 LES MESURES DU RESEAU CANDHIS

Le CEREMA a mis en place un réseau d'observations de la houle sur les côtes françaises. Ces données d'états de mer constituent le Centre d'Archivage National de Données de Houle In Situ (CANDHIS). Plusieurs points de mesures sont disponibles autour de l'île de La Réunion. Notamment, des données d'archive sont disponibles à l'ouvert du port de Saint Pierre (cf. Figure 2-4). Les caractéristiques sont détaillées sur la Figure 2-5.



Figure 2-4 : Données Candhis disponibles sur La Réunion (étoiles rouges), et zoom sur la bouée Saint-Pierre.



CANDHIS : 97405 – Saint Pierre



Informations générales

Durée d'observation :
6,31 ans
du 26/09/2000 au 16/11/2010

Mesures directionnelles : Non

Longitude : 055°28,660'E

Latitude : 021°21,170'S

Profondeur : 27 mètres

Distance à la côte : 0,3 mile

Marnage (VEM) : 0,65 mètre



Taux de disponibilité :

	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Total
2000									14,6%	90,3%	77,7%	87,2%	22,5%
2001	99,3%	53,3%	24,2%	89,8%	95,3%	92,7%	92,5%	96,8%	96,3%	79,6%	91,4%	100,0%	84,3%
2002	96,1%	85,0%	79,1%	98,5%	95,8%	95,6%	87,6%	99,3%	91,8%	97,2%	98,5%	97,2%	93,5%
2003	96,5%	8,2%		46,6%	100,0%	99,4%	99,3%	98,1%	96,0%	99,3%	93,5%	93,3%	77,9%
2004	26,3%						8,9%	93,6%	82,4%	98,5%	56,3%	72,8%	36,6%
2005	87,2%	52,7%	99,3%	100,0%	99,3%	97,6%	84,3%			60,5%	100,0%	80,6%	71,8%
2006	100,0%	85,3%	100,0%	58,5%	70,2%	98,0%	52,3%	2,3%	100,0%	98,3%	100,0%	100,0%	80,5%
2007	100,0%	100,0%	82,9%	34,1%	34,0%								29,2%
2008													0,0%
2009						39,3%	100,0%	100,0%	100,0%	93,5%	98,5%	64,4%	48,0%
2010	98,9%	94,2%	99,3%	100,0%	96,4%	100,0%	99,0%	99,5%	100,0%	100,0%	49,4%		85,6%
Total	64,2%	43,6%	44,1%	48,1%	83,7%	85,9%	85,9%	83,6%	61,9%	74,3%	69,6%	63,2%	57,3%

Figure 2-5 : Synthèse des données Candhis disponibles à la bouée Saint-Pierre.

2.4 LA BASE DE DONNEES D'ETATS DE MER RECONSTITUES

Dans le cadre du projet Hydrorun piloté par l'Ifremer, Actimar a été chargé de la conception et de la validation d'une chaîne de modélisation hydrodynamique complète, capable de représenter les phénomènes à l'échelle de l'île de La Réunion, comme à l'échelle littorale sur tout son pourtour. Actimar a donc mis en place et validé :

- Un modèle météorologique WRF à 5 km de résolution englobant toute la zone d'étude
- un modèle d'états de mer régional d'une résolution de 500 m à la côte, basé sur le logiciel WW3

- un modèle hydrodynamique 3D (Mars 3D) de résolution 450m, couvrant l'intégralité de l'île de La Réunion, et six modèles locaux de résolution 100 m.

Un jeu de données reconstituées d'états de mer a été construit sur une période de 10 ans avec le modèle spectral régional WW3, et un jeu de données reconstituées de courant a été calculé sur une période de 1 an avec le modèle hydrodynamique 3D couvrant l'intégralité de l'île de La Réunion.

Les bases de données construites ont été validées avec un ensemble de mesures disponibles autour de l'île de La Réunion et sont désormais disponibles pour les études météo-océaniques côtières.

Un rejeu du spectral modèle d'états de mer d'Hydrorun, sur une durée un peu plus longue (15 ans), a été exploité pour cette étude. Les performances de la modélisation à Saint Pierre sont synthétisées dans la Figure 2-6. L'erreur quadratique moyenne (RMSE) est de 0.37 m, la régression vaut 0.90 et le Scatter Index est de 23.4%. Les performances de la modélisation sont bonnes et la base de données reconstituées permet de définir les conditions opérationnelles d'états de mer (analyses statistiques) aux abords du projet ainsi que les conditions extrêmes non-cycloniques au large de Grande Anse.

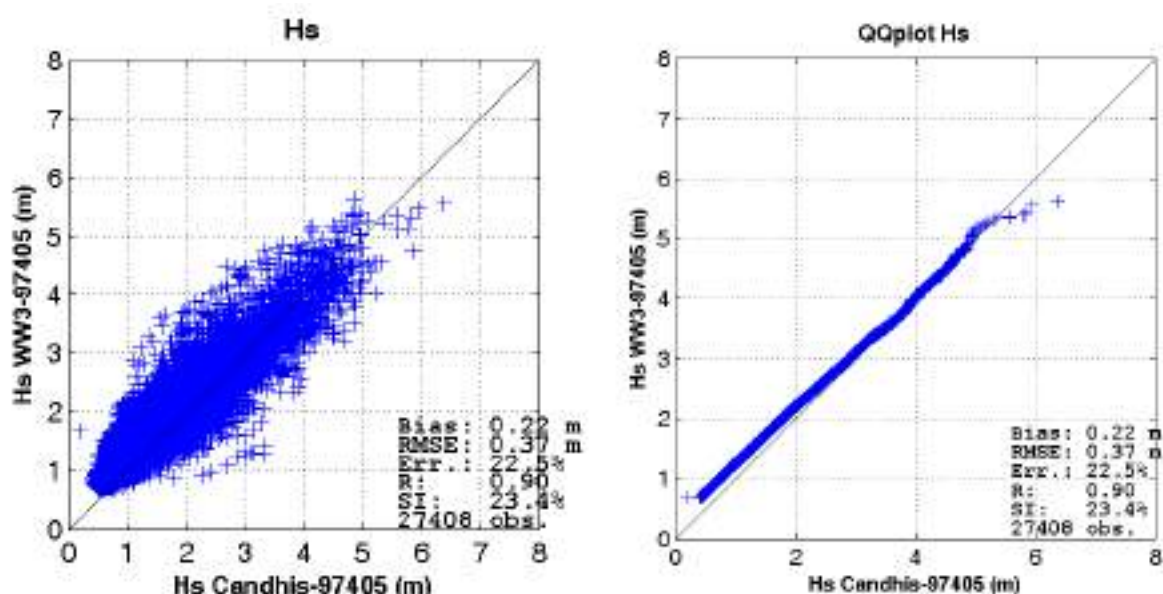


Figure 2-6 : Comparaison des mesures Candhis à Saint-Pierre (2000-2010) à la base de données construites (2000-2014).

La grille de calcul d'Hydrorun est présentée sur la Figure 2-7. Le point rouge représente le point retenu pour la caractérisation des conditions opérationnelles des états de mer. Le point jaune représente le point sélectionné pour la caractérisation des conditions extrêmes ; il est positionné sur la frontière marine du modèle spectral à haute résolution qui sera construit pour cette étude.



Figure 2-7 : Grille des états de mer Hydrorun (points cyans) aux abords de la zone de projet. Le point rouge représente le point sélectionné pour la caractérisation des conditions opérationnelles (point A). Le point jaune représente le point sélectionné pour la caractérisation des conditions extrêmes (point B).

3. CARACTERISATION DES CONDITIONS METEOCEAN

3.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat de La Réunion est de type tropical humide caractérisé par deux saisons principales :

- L'hiver austral, de mai à novembre, est sec avec des températures moyennes de 26°C sur le littoral
- L'été austral, de décembre à avril, est plus humide et peut notamment se caractériser par des précipitations extrêmes lors des phénomènes cycloniques. Les températures sont en moyenne de 31°C sur le littoral.

Le climat est également marqué par l'influence des vents alizés qui soufflent principalement de l'est-sud-est. On distingue ainsi, la côte au vent à l'est qui est directement soumise aux alizés et qui reçoit de ce fait, des pluies abondantes en toute saison, et la côte dite « sous le vent », à l'ouest, protégée des alizés par les reliefs de l'île. Le climat y est donc beaucoup plus sec.

L'île de la Réunion est également soumise à l'influence cyclonique. La plupart des perturbations tropicales naissent sur l'Océan Indien Sud-Ouest entre 10°Sud et 15°Sud (cf. Figure 3-1). Trois grands types de trajectoires se dessinent :

- **Les trajectoires cycloniques de forme parabolique.** Ces trajectoires se composent de 3 grands mouvements successifs : d'abord en direction de l'Ouest-Sud-Ouest, puis vers le Sud et enfin vers l'Est-Sud-Est aux latitudes extra tropicales. C'est au moment où elles s'incurvent vers le sud qu'elles deviennent parfois menaçantes pour les Mascareignes.
- **Les trajectoires cycloniques zonales.** Certains systèmes traversent l'Océan Indien d'Est en Ouest pour atterrir sur les côtes de Madagascar et ressortir dans certains cas sur le Canal du Mozambique et toucher les côtes africaines. Ces systèmes varient peu en latitudes.
- A côté de ces deux types de trajectoires, il en subsiste un certain nombre inclassifiable. Certains systèmes descendent vers le Sud ou Sud-Est, dès leur naissance, en suivant des trajectoires plus ou moins rectilignes. Certaines perturbations remontent vers le Nord-Ouest poussées par un puissant anticyclone (Edwige). D'autres trajectoires sont plus tourmentées avec parfois des boucles (Hyacinthe ou Helinda). Ce comportement erratique est surtout observé lorsqu'il n'y a pas de flux environnant (ni anticyclone, ni couloir dépressionnaire). Enfin 13% des perturbations se forment au-dessus du canal du

Mozambique entre le 15°Sud et 20°S Leurs trajectoires sont souvent orientées vers le Sud mais peuvent pénétrer sur Madagascar ou l'Afrique.

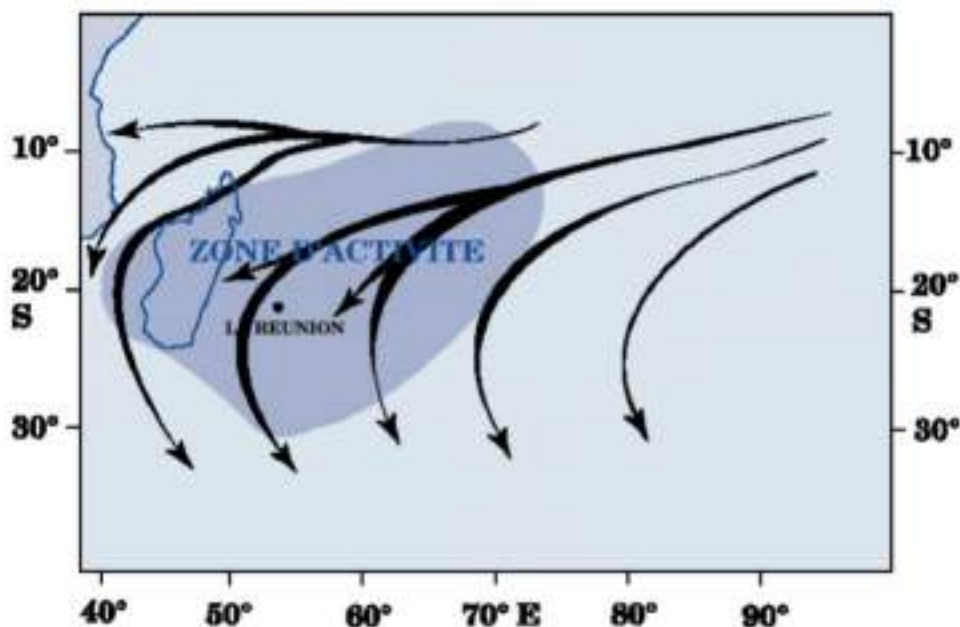


Figure 3-1 : Zone d'activité cyclonique dans le bassin sud-ouest de l'Océan Indien.

3.2 LE VENT

Les statistiques opérationnelles du vent sont établies d'après la base de données reconstituées Hydrorun présentée en section 2.4. Elles s'appuient sur un modélisation atmosphérique haute résolution avec le code WRF sur une durée de 10 ans (2000-2009). La Figure 2-7 présente les points de sortie de la base de données Hydrorun et le point A (55.54°E / 21.37°S) extrait pour l'analyse des conditions opérationnelles du vent.

Les principaux résultats statistiques du vent sont présentés sur la Figure 3-2. Le vent provient essentiellement du secteur Est à Est-Sud-Est (66%). En moyenne sur l'année, le vent est de 6.0 m/s (21.6 km/h) et 99% du temps il est inférieur à 11.7 m/s (~42 km/h).

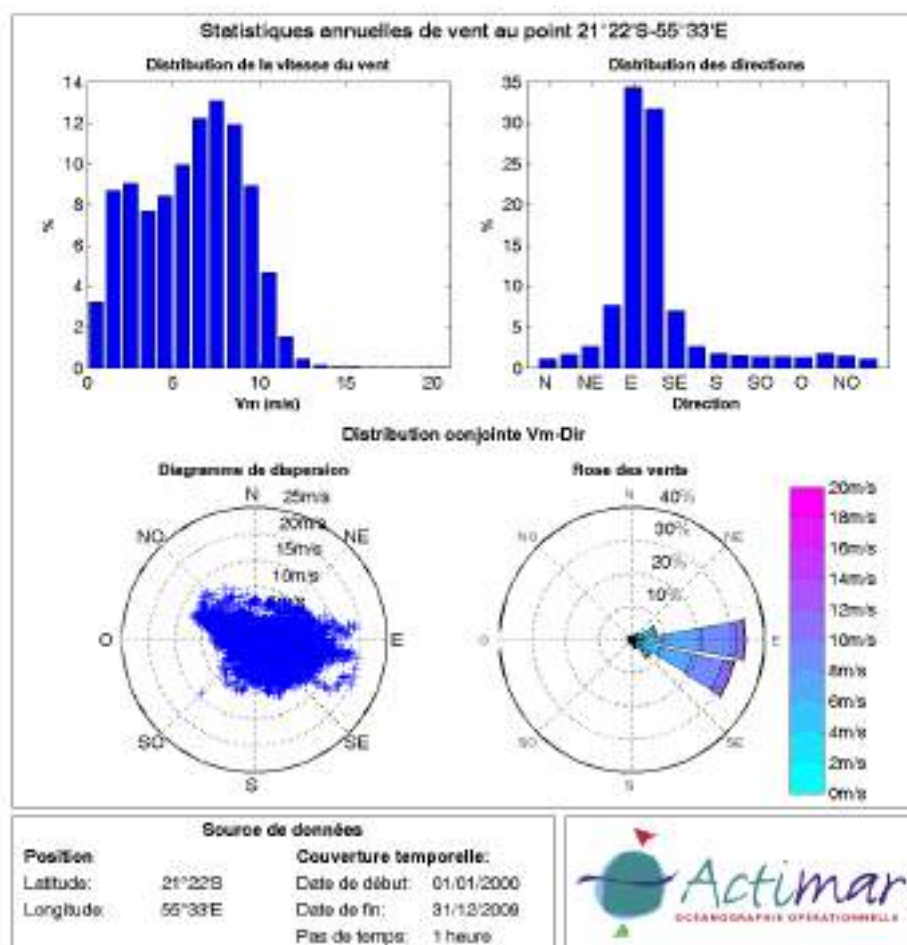


Figure 3-2 : Conditions opérationnelles du vent au point A (55.54°E / 21.37°S).

Tableau 3-1 : Statistiques sur la vitesse du vent moyen horaire à 10 m / MSL.

Vm(m/s)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
0.00 - 1.00	5.34	3.18	2.73	4.07	3.58	1.86	1.91	2.11	2.78	1.90	3.64	5.77	3.24
1.00 - 2.00	13.46	9.26	7.80	10.59	9.02	5.61	6.24	5.66	6.04	7.70	10.36	12.37	8.68
2.00 - 3.00	14.09	10.72	8.54	9.78	8.76	6.13	5.28	4.56	7.04	8.13	11.63	13.94	9.04
3.00 - 4.00	10.23	10.73	7.99	8.02	8.06	5.58	5.60	3.94	6.18	6.53	9.82	9.93	7.70
4.00 - 5.00	9.59	9.61	7.03	7.53	11.45	6.89	5.48	5.93	7.46	7.85	9.85	12.04	8.39
5.00 - 6.00	10.23	10.01	9.44	9.45	12.35	8.57	7.12	8.04	9.44	10.20	11.45	12.88	9.93
6.00 - 7.00	11.52	11.88	10.97	12.95	11.26	13.46	10.09	11.10	12.79	14.72	13.32	12.62	12.22
7.00 - 8.00	10.59	10.69	12.21	12.49	10.52	14.92	14.11	15.73	14.46	17.32	13.46	10.23	13.07
8.00 - 9.00	7.57	7.73	13.40	9.84	10.34	16.42	17.42	16.55	15.11	14.09	8.34	6.10	11.93
9.00 - 10.00	4.40	6.40	11.09	8.70	6.83	12.88	14.06	14.95	11.43	7.99	4.92	3.15	8.91
10.00 - 11.00	1.71	3.78	6.21	5.13	5.13	5.43	8.35	8.21	5.68	2.72	2.58	0.71	4.64
11.00 - 12.00	0.51	2.21	1.56	1.24	2.19	1.28	3.19	3.02	1.53	0.73	0.63	0.27	1.53
12.00 - 13.00	0.44	1.68	0.48	0.22	0.50	0.67	0.85	0.22	0.06	0.12			0.43
13.00 - 14.00	0.20	0.49	0.24			0.32	0.27						0.12
14.00 - 15.00	0.12	0.21	0.22				0.03						0.05
15.00 - 16.00		0.44	0.09										0.04
> 16.00		0.97											0.08
Moyenne	4.86	5.81	6.23	5.70	5.74	6.67	6.98	7.01	6.40	6.06	5.26	4.65	5.95

3.3 NIVEAU DE LA MER

Le niveau moyen de la mer varie sous les effets de la marée astronomique, des conditions atmosphériques (le vent et la pression) et des vagues (set-up).

3.3.1 MAREE ASTRONOMIQUE

Sur l'île de la Réunion, la marée est semi-diurne avec des inégalités diurnes et son amplitude est relativement faible. Le SHOM, Ref. 4, fournit les niveaux de référence (par rapport au Zéro Hydrographique) à Saint-Pierre (21°20'S - 55°29'E). Le niveau de la marée astronomique y oscille entre +0.92 m/ZH (PHMA) et +0.02 m/ZH (PBMA), cf. Figure 3-3. Le niveau moyen se situe à +0.51 m/ZH.

Nom	Type	Lat.	Long.	Et.	Constante	PHMA	PM sup.	NM	BM inf.	PBMA
Pointe des Galets [La Réunion]	R	20 56 S	55 17 E		2010	01.01	00.80	00.60	00.35	00.08
La Réunion										
Saint-Leu	S	21 09 S	55 17 E			00.85	00.65	00.51	00.30	00.17
Saint-Pierre	S	21 20 S	55 29 E			00.92	00.70	00.51	00.20	00.02

Nom	Repère fondamental	Organisme	Date	RF/ZH	RF/Ref	ZH/Ref	ZH/Ell.	Ref
Pointe des Galets [La Réunion]	AMO	IGN	2007	2.809	2.255	-0.554	2.57	IGN89
La Réunion								
Saint-Leu	Repère scellé dans le parapet de la digue sud du port de pêche	Shom	1995	2.124	1.594	-0.530		IGN89
Saint-Pierre	AM-127	IGN	1989	5.254	4.700	-0.554		IGN89

Figure 3-3 : Références altimétriques maritimes¹ pour les sites de La Réunion. Ref. 4.

3.3.2 NIVEAUX EXTREMES EN CONDITIONS NORMALES ET CYCLONIQUES

Le niveau extrême en conditions normales (conditions non cycloniques) est extrait de l'étude Actimar (2016), Ref. 1. La hauteur d'eau mesurée à la Pointe des Galets entre 1995 et 2014 a été analysée pour fournir une estimation des valeurs extrêmes, en conditions normales (hors périodes cycloniques). Les valeurs sont synthétisées dans le Tableau 3-2.

Tableau 3-2 : Niveaux extrêmes actuels en conditions normales

Niveaux extrêmes (m), en conditions normales						
	Périodes de retour (années)					
Référence	1	5	10	30	50	100
IGN89	0.49	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56
ZH	1.04	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11

Le Tableau 3-3 fournit les niveaux extrêmes en conditions cycloniques. Ces données associent les surcotes extrêmes cycloniques estimées dans l'étude Sogreah, 1998 - Ref. 6, à la pleine mer sup. de Saint Pierre (cf. Figure 3-3).

¹ Niveaux de référence pour une marée de type semi-diurne à inégalité diurne

- niveau de plus haute mer astronomique (PHMA)
- niveau de la moyenne des plus hautes pleines mers journalières (PM sup)
- niveau moyen (NM)
- niveau de la moyenne des plus basses mers journalières (BM inf)
- niveau de plus basse mer astronomique (PBMA).

Tableau 3-3 : Niveaux extrêmes actuels en conditions cycloniques

Niveaux extrêmes (m), en conditions cycloniques						
	Périodes de retour (années)					
Référence	1	5	10	30	50	100
IGN89		0.55	0.65	0.85	0.90	1.00
ZH		1.10	1.20	1.40	1.45	1.55

3.3.3 EVOLUTION A LONG TERME DU NIVEAU DE LA MER

Sur des échelles de temps plus longues, le réchauffement climatique modifie également le niveau moyen. Selon les estimations actuelles, l'élévation du niveau des mers serait de l'ordre de 0.26 à 0.82 mètre d'ici la fin du 21^{ème} siècle (IPCC 2013, 5^{ième} rapport, Ref. 7). Nous retiendrons pour cette étude la valeur de 0.50 mètre, hypothèse retenue pour le projet de la Nouvelle Route du Littoral (Egis Eau / 2012).

Le Tableau 3-4 et le Tableau 3-5 fournissent les niveaux extrêmes en conditions normales et cycloniques à l'horizon 2100, sous l'hypothèse d'une l'élévation du niveau moyen des mers de 0.50 m.

Tableau 3-4 : Niveaux extrêmes en conditions normales, à l'horizon 2100

Niveaux extrêmes (m), en conditions normales						
	Périodes de retour (années)					
Référence	1	5	10	30	50	100
IGN89	0.99	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06
ZH	1.54	1.57	1.58	1.59	1.60	1.61

Tableau 3-5 : Niveaux extrêmes en conditions cycloniques, à l'horizon 2100

Niveaux extrêmes (m), en conditions cycloniques						
	Périodes de retour (années)					
Référence	1	5	10	30	50	100
IGN89		1.05	1.15	1.35	1.40	1.50
ZH		1.60	1.70	1.90	1.95	2.05

3.4 LES HOULES

Les côtes de la Réunion sont balayées par trois types de houles : les houles d'alizés, les houles australes et les houles cycloniques (cf. Figure 3-4). Les houles cycloniques et les houles australes sont les plus dangereuses car susceptibles de provoquer des dégâts importants sur le littoral.

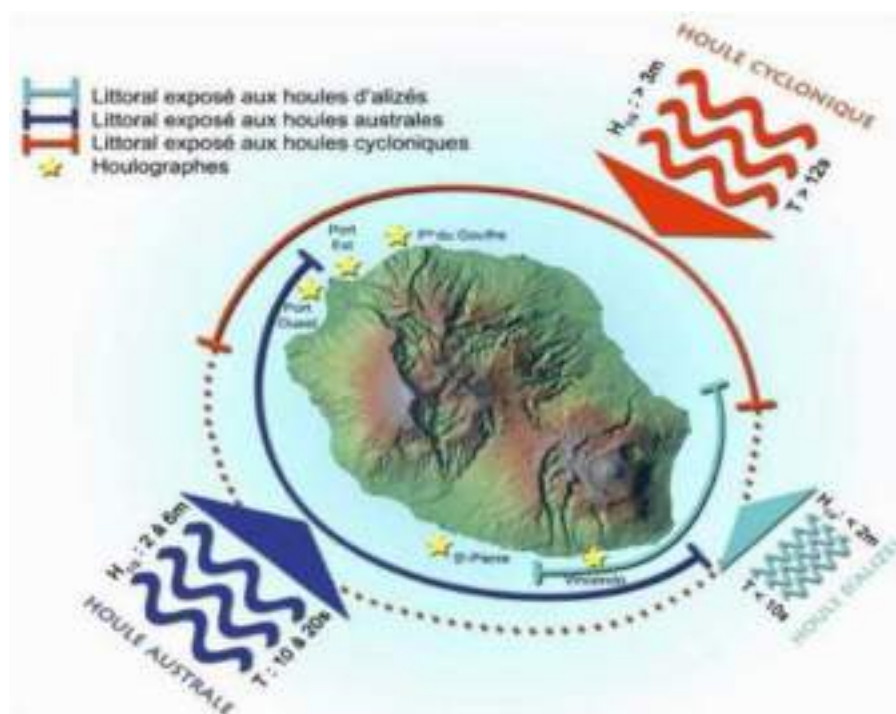


Figure 3-4 : Les différents régimes de houle à La Réunion (Météo France, 2009).

3.4.1 LES HOULES D'ALIZES

Les houles d'alizés, petites à modérées et de courte période, résultent de vents établis de secteur est à sud-est. Elles affectent principalement les côtes nord, est et sud de l'île et épargnent habituellement la côte ouest.

A proximité du rivage, ces houles sont à l'origine de deux dérives littorales, contournant l'île par l'est et l'ouest, et dont les courants convergent du côté opposé, entre la Pointe des Galets et l'embouchure de la Rivière des Galets (Bastone et De La Torre, 2011).

Les houles générées, sont pour la plupart inférieures au mètre sur la côte au vent, amplitude plus marquée en saison fraîche (mai - novembre) et atténuée durant l'été austral. Leur période est comprise entre 5 et 10 secondes sur la côte au vent.

3.4.2 LES HOULES AUSTRALES

Les houles australes sont caractérisées par une hauteur moyenne de 3 à 5 m et une longueur d'onde comprise entre 12 et 20 secondes. Elles proviennent de tempêtes formées à 3000 km dans les hautes latitudes australes du sud-ouest de La Réunion. Ces houles sont particulièrement érosives et peuvent également être à l'origine d'importantes submersions (Cazes-Duvat et Paskoff, 2004).

3.4.3 LES HOULES CYCLONIQUES

Les houles cycloniques, dépendantes de la trajectoire des cyclones (cf. § 3.1), s'observent le plus souvent dans les secteurs nord-est à nord-ouest de l'île. Elles correspondent à des épisodes de forte énergie concentrés sur quelques jours par an (de 48 à 72 h), entre novembre et mars (Cazes-Duvat et Paskoff, 2004). Elles ont une hauteur moyenne de l'ordre de 5 à 7 m et peuvent atteindre une hauteur maximale d'une dizaine de mètres (Pedreros et al, 2009).

3.4.4 STATISTIQUES OPERATIONNELLES DES ETATS DE MER

Les statistiques opérationnelles sont établies d'après la base de données reconstituées présentée en section 2.4 ; elles s'appuient donc sur une série temporelle de 15 ans (2000-2014).

La Figure 2-7 présente les points de sortie de la base de données et le point A (55.54°E / 21.37°S) extrait pour l'analyse des conditions opérationnelles. Le point A se situe à ~24 m/NGR de profondeur d'eau.

Les principaux résultats statistiques sont présentés sur la Figure 3-5. Les états de mer se composent de plusieurs systèmes de houles plus ou moins énergétiques et de période plus ou moins longue en fonction de son origine (houle d'Alizés ou houles australes). Ainsi, sur la mer totale, la distribution directionnelle des états de mer varie un peu entre la direction moyenne et la direction pic (cf. Figure 3-7)

Les vagues qui arrivent au point A couvrent les secteurs allant du Sud-Est (SE) à l'Ouest-Sud-Ouest (OSO), mais les directions moyennes sont essentiellement en incidence de Sud à SSO (89.8%). Les directions pics ont une orientation principalement entre le SSO à SO (89.3%).

En moyenne sur l'année, la hauteur significative des vagues est de l'ordre de 1.8 m et 99% des vagues sont inférieures à 3.7 m.

La plage de Grande Anse est également soumise aux conditions cycloniques, principalement durant la période allant de décembre à mars.

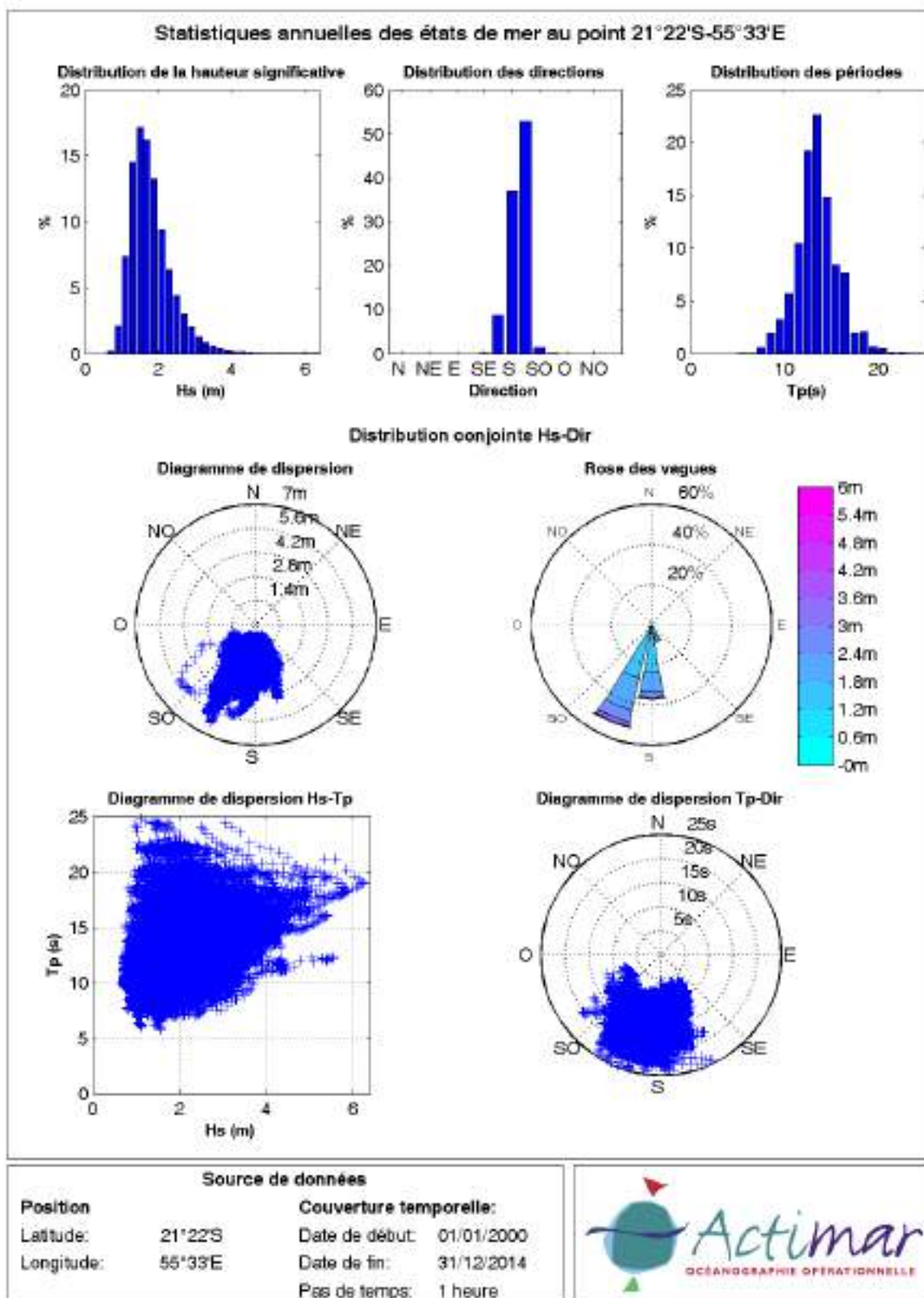


Figure 3-5 : Conditions opérationnelles des états de mer au point A (55.54°E / 21.37°S).

Distribution mensuelle de la hauteur significative-21°22'S-55°33'E

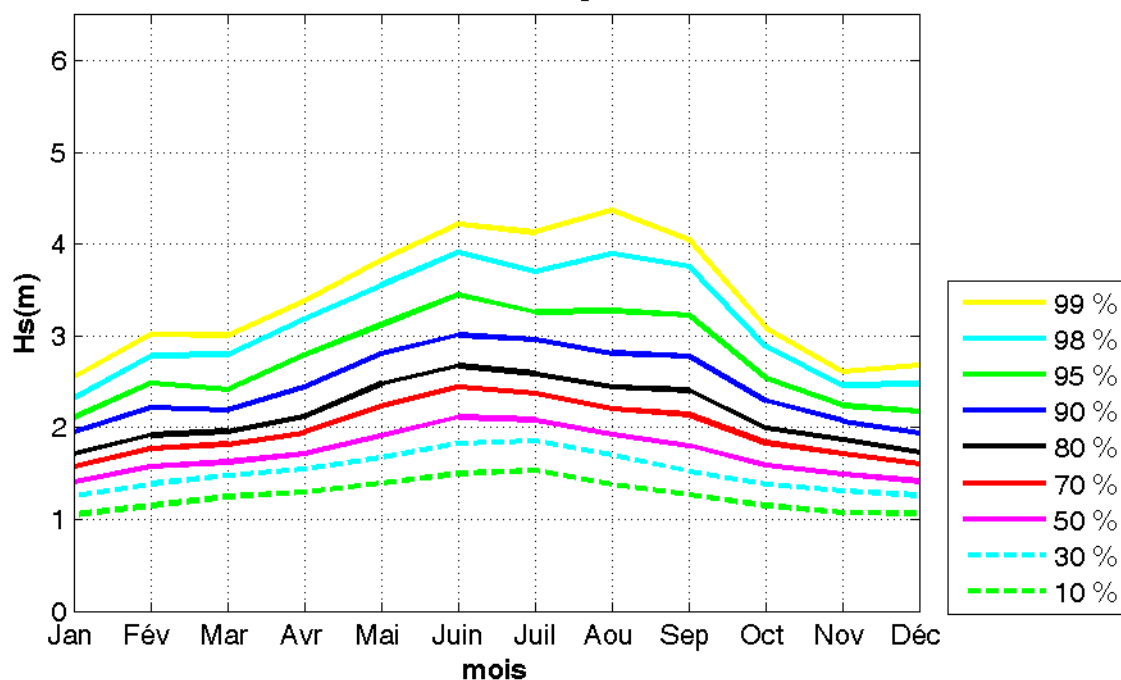


Figure 3-6 : Statistiques mensuelles au point A (55.54°E / 21.37°S).

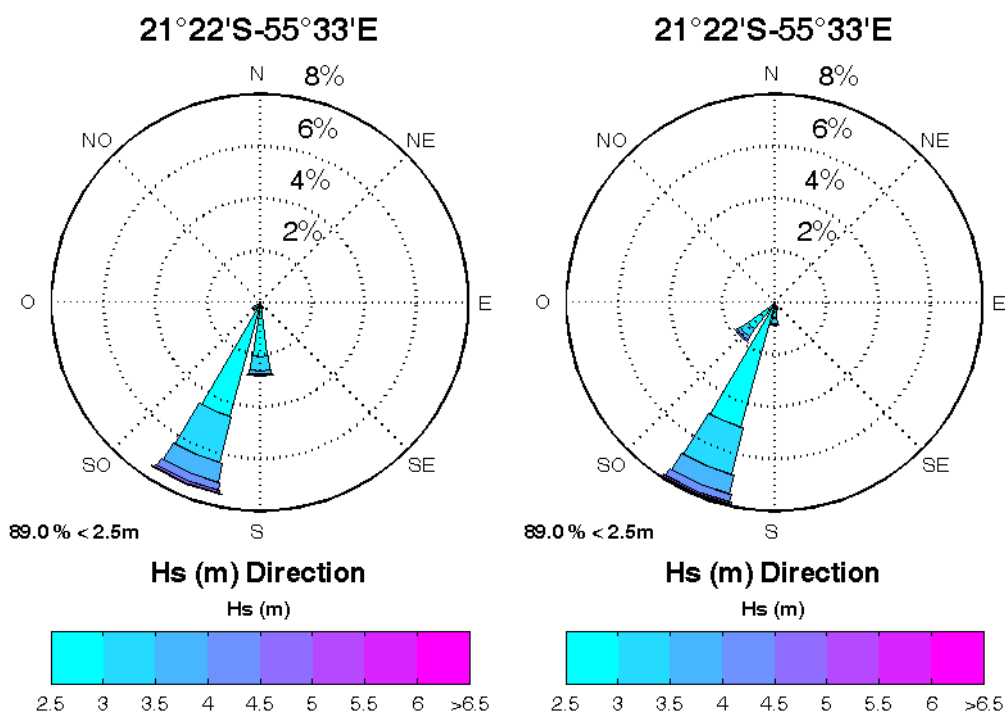


Figure 3-7 : Roses des vagues les plus fortes, lorsque Hs>2.5 m (55.54°E / 21.37°S).
A gauche (Hs/dir) et à droite (Hs/dirp).

3.5 CONDITIONS EXTREMES D'AGITATION AU LARGE

Les bases de données régionales disponibles ne permettent pas de reproduire de manière fiable les vagues générées par les cyclones et les tempêtes tropicales. Deux approches différentes sont donc appliquées pour la détermination des houles australes et d'alizés (non cycloniques) puis des houles cycloniques.

Pour les houles australes et d'alizés, la démarche consiste à déterminer la hauteur significative des états de mer extrêmes à partir de l'analyse de la base de données régionales d'états de mer décrite en section 2.4, dans laquelle les périodes cycloniques ont été écartées.

L'étude des conditions cycloniques nécessite de reconstituer des champs de vent de cyclones historiques de référence, puis de générer et propager les houles cycloniques à l'aide de modèles spectraux d'états de mer. Ce travail ayant été réalisé dans d'autres études (notamment BRGM, 2009), nous avons analysé les données disponibles pour caractériser les conditions cycloniques au large de la zone de projet.

3.5.1 CONDITIONS EXTREMES NON-CYCLONIQUES

Les valeurs extrêmes des états de mer en non-cycloniques sont estimées sur les frontières du modèle haute résolution, à partir de l'analyse de la base de données reconstituée présentée en section 2.4 dans laquelle les périodes cycloniques ont été écartées.

Une analyse directionnelle (par secteur de 22.5° sur la direction moyenne) des séries temporelles des paramètres des vagues permet d'estimer les valeurs extrêmes associées aux périodes de retour de 1, 5, 10, 30, 50 et 100 ans. La sélection de valeurs retenues pour l'ajustement de la loi de distribution est faite à l'aide de la méthode POT (Peak Over Threshold). En fonction des secteurs, on retient parmi les lois de distributions de Weibull ou GPD (Pareto Généralisée) celle qui est la plus adaptée pour ajuster les données.

La période pic T_p , associée à l'extrême, est estimée à partir du H_s par la régression suivante :

$$T_p = a + b\sqrt{H_s}$$

Les valeurs des coefficients a et b sont calculés pour chaque secteur (22.5°) et pour l'ensemble des données. Comme les houles au large de Grande Anse se répartissent sur un secteur directionnel relativement étroit allant du SE au SO, et qu'une relation entre H_s et T_p est plus difficile à obtenir sur des systèmes de houle que sur des systèmes de mer du vent, nous avons conservé l'ajustement obtenu pour l'ensemble des données non-cycloniques (toutes directions confondues). Il est présenté par la courbe rose sur la Figure 3-8.

Ces relations sont ensuite utilisées pour estimer les valeurs de T_p associées aux valeurs extrêmes de H_s .

Les résultats de l'analyse en valeurs extrêmes pour les conditions non-cycloniques sont synthétisés dans le Tableau 3-6 et la Figure 3-10.

La Figure 3-10 présente un exemple d'ajustement en valeurs extrêmes sur la condition de houle australe la plus forte au large.

Tableau 3-6 : Valeurs extrêmes des états de mer au large de Grande Anse, en conditions normales

Extrêmes d'états de mer, en conditions normales, au point B (55.53°E / 21.38°S)												
Direction d'incidence au large	Périodes de retour (années)											
	1		5		10		30		50		100	
	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
SE	3.2	14.5	3.5	15.0	3.7	15.1	3.9	15.3	4.0	15.4	4.1	15.5
SSE	3.7	15.1	4.3	15.8	4.7	16.2	5.3	16.8	5.6	17.1	6.0	17.5
S	4.0	15.5	4.9	16.4	5.3	16.9	6.1	17.6	6.4	17.9	6.9	18.3
SSO	4.5	16.0	5.4	16.9	5.8	17.4	6.5	18.0	6.9	18.3	7.3	18.6
SO	3.9	15.3	4.5	16.1	4.8	16.3	5.2	16.8	5.4	17.0	5.7	17.2

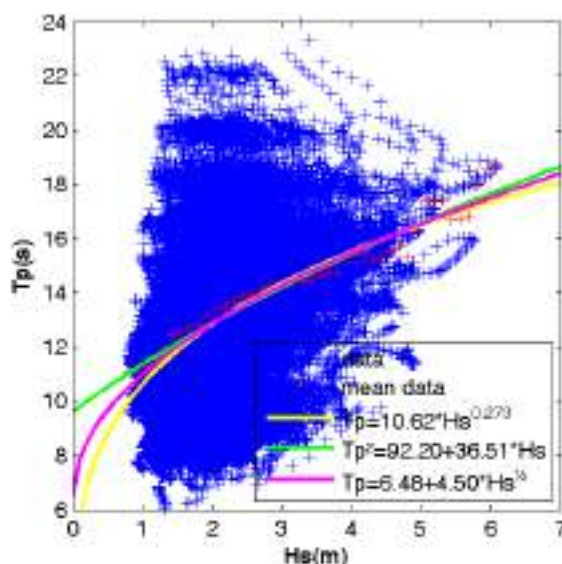


Figure 3-8 : Ajustement Hs / Tp au point B (55.53°E / 21.38°S).
L'ajustement retenu est illustré par la courbe rose.

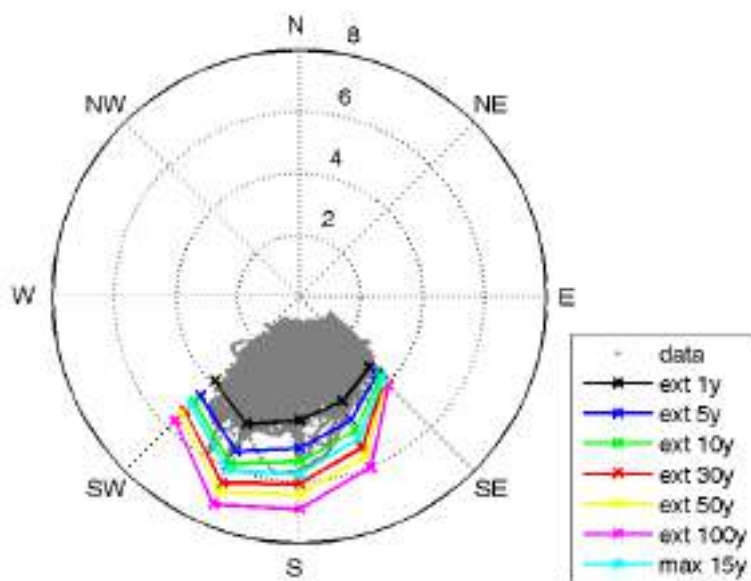


Figure 3-9 : Analyse des extrêmes directionnels au point B (55.53°E / 21.38°S).

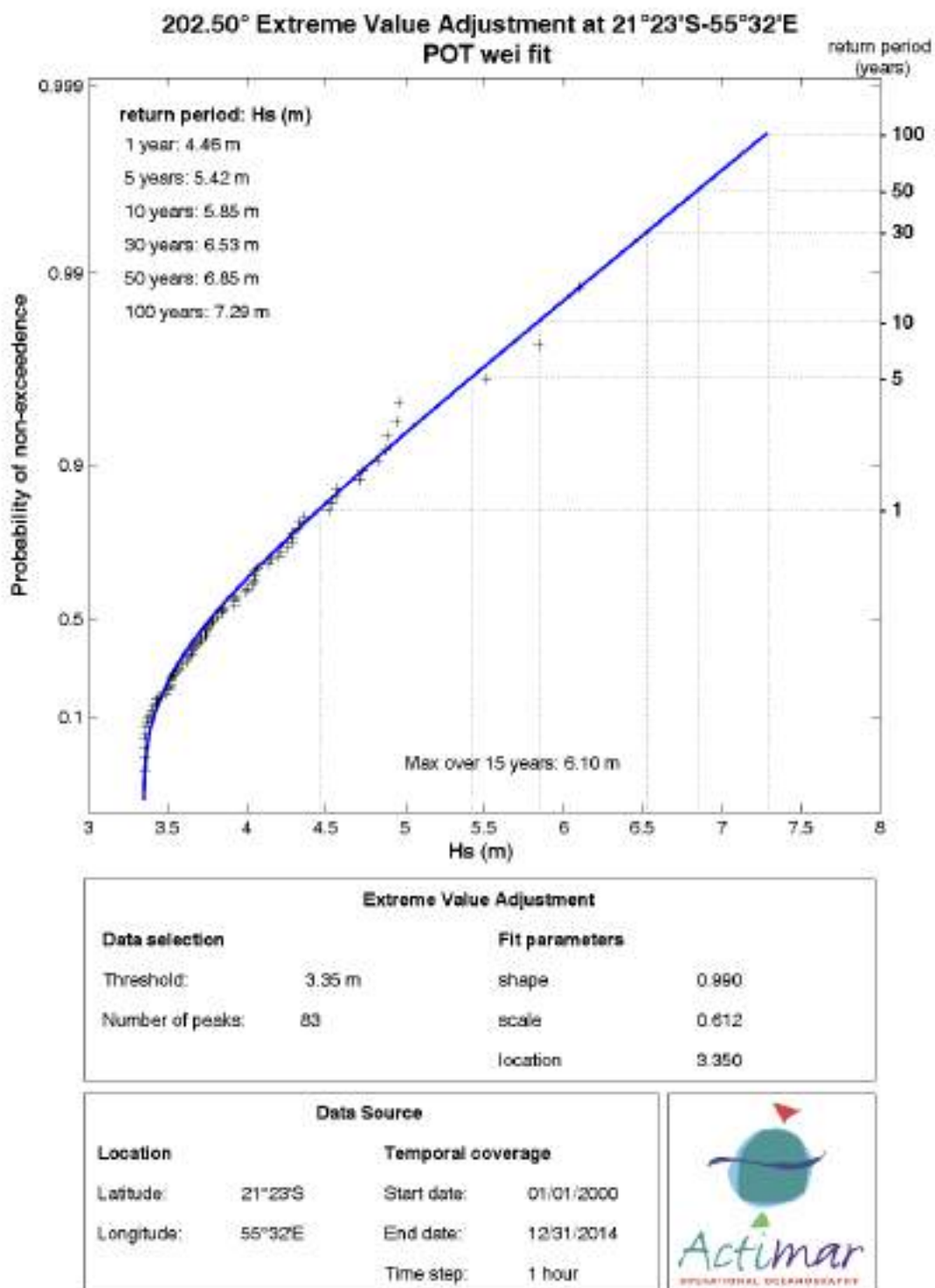


Figure 3-10 : Exemple d'ajustement en valeurs extrêmes au point B (55.53°E / 21.38°S), en incidence Sud-Sud-Ouest.

3.5.2 CONDITIONS EXTREMES CYCLONIQUES

L'étude menée par le BRGM en 2009 (Ref. 5) avait pour objectif la modélisation numérique de la houle sur l'ensemble de l'île de La Réunion et la définition des houles centennales de références sur chaque façade littorale de l'île en ciblant à termes l'estimation et la cartographie de l'aléa submersion marine.

La modélisation des houles cycloniques menée par le BRGM aboutit à une estimation de la houle de référence cyclonique au large de Grande Anse, dans 20 m de fonds, à 9.5 m pour le Hs (voir les figures 42 et 43 de la Ref. 5) et 12 s pour Tp. Ces données sont synthétisées dans le Tableau 3-7.

Tableau 3-7 : Valeurs extrêmes des états de mer au large de la zone de projet, en conditions cycloniques (source BRGM, 2009)

Houle de référence cyclonique (20 m de fond)	
Hs (m)	Tp (s)
9.5	12

4. MODELISATION DE L'AGITATION

4.1 CONSTRUCTION DU MODELE NUMERIQUE

Le modèle numérique est construit sur la configuration actuelle du site. Ce chapitre décrit sa mise en œuvre et son exploitation.

La frontière marine du modèle s'appuie sur le point B (55.53°E / 21.38°S) où les conditions extrêmes du large ont été définies (cf. § 3.5). Les résultats graphiques des modélisations sont donnés sur toute la zone de Grande Anse. En parallèle, des vues en coupe de l'évolution de la hauteur significative sont présentées le long du profil (AC). Le point C se situe au droit du bassin de baignade, dans une profondeur d'eau de l'ordre de 1 m/NGR.



Figure 4-1 : Position des différents points d'analyse des états de mer.

Tableau 4-1 : Synthèse des positions des points d'analyse des états de mer.

Point		A	B	C
RGR92 UTM40S	X (m)	349123	348020	349463
	Y (m)	7635912	7634734	7636173
WGS 84	Lon (°)	55.54°E	55.53°E	
	Lat (°)	21.37°S	21.38°S	

4.1.1 EXPLOITATION DU SYSTEME TELEMATAC

Les modélisations mathématiques sont réalisées avec le logiciel TOMAWAC, intégré au système TELEMAC développé par EDF-LNHE. Le code TOMAWAC permet de propager les états de mer à l'échelle régionale et d'étudier le comportement de la houle le long du littoral (modélisation des processus de réfraction, shoaling, dissipation par frottement sur le fond et déferlement bathymétrique).

4.1.2 BATHYMETRIE ET MAILLAGE

Le maillage a été réalisé à l'aide du mailleur MATISSE, intégré au système de modélisation TELEMAC. Les données requises pour la réalisation du maillage sont les informations bathymétriques sur l'emprise du modèle (cf. § 2.2.2), le trait de côte (produit Histolitt du SHOM, corrigé sur la zone d'étude à partir des ortho-photos disponibles sur le géoportail, Ref. 1), la configuration et les caractéristiques du bassin de baignade.

La Figure 4-2 présente l'emprise et la bathymétrie du domaine étudié pour la modélisation spectrale des états de mer (propagation des états de mer du large vers les petits fonds). La résolution du maillage évolue entre quelques dizaines de mètres au large à quelques mètres sur la plage de Grande Anse.

La Figure 4-3 donne un zoom de la grille de calcul sur la plage de Grande Anse.

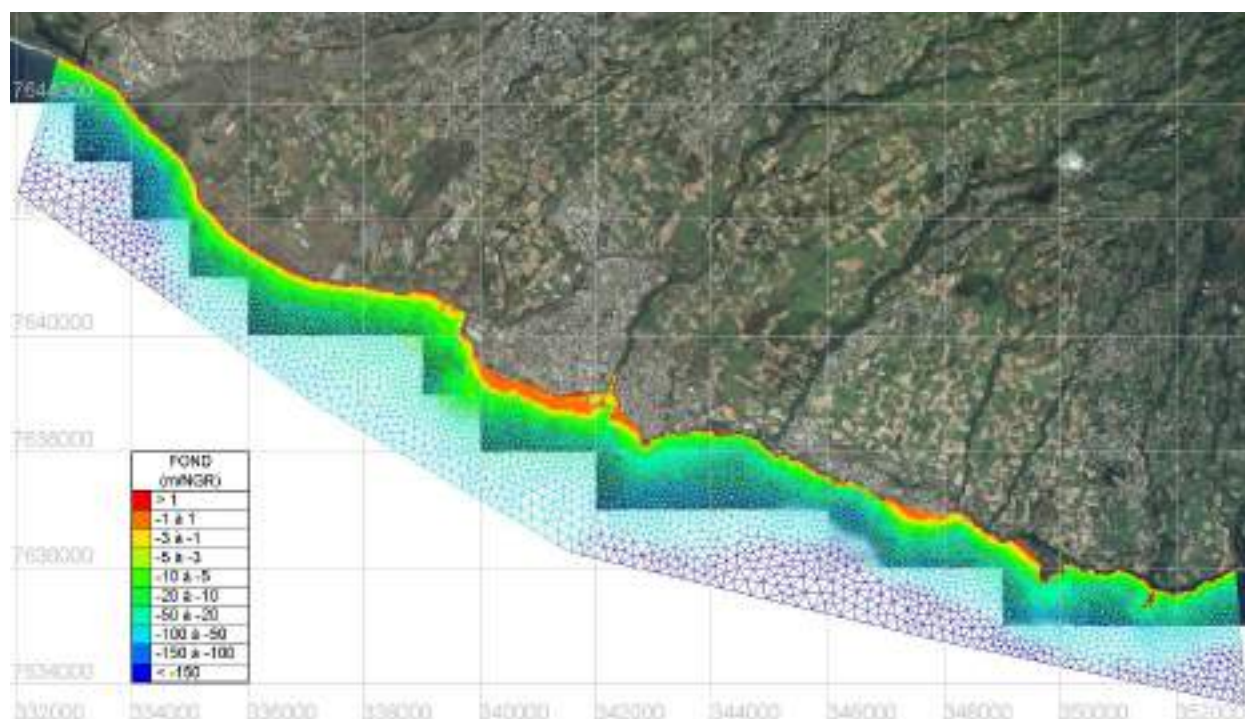
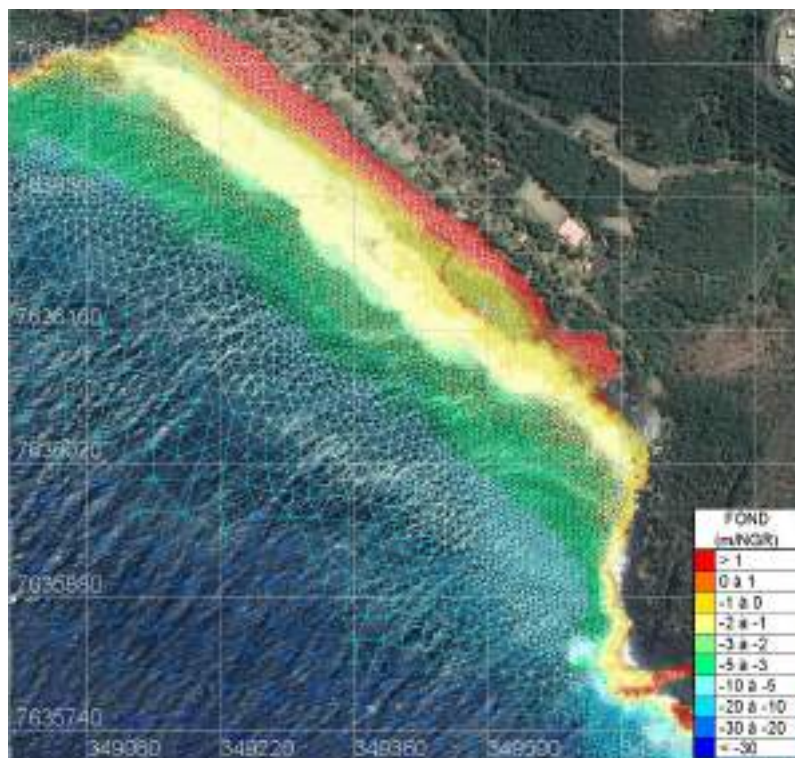


Figure 4-2 : Emprise, maillage et bathymétrie de la modélisation numérique pour la propagation spectrale des états de mer. Les cotes du fond sont exprimées en mètre par rapport à l'IGN 89. Projection RGR92 UTM40S.



Projection RGR92 UTM40S.

4.2 FORÇAGES AUX LIMITES

Les états de mer extrêmes au large de Grande Anse, décrits dans la section 3.5, sont utilisés pour forcer le modèle numérique d'agitation sur ses frontières marines.

Les conditions de forçage retenues pour les calculs sont données dans le Tableau 4-2.

Aux valeurs extrêmes des états de mer est associé le niveau moyen de la mer de même période de retour (cf. § 3.3.2).

Tableau 4-2 : Conditions de forçages imposées à la propagation des états de mer.

Condition imposée au large, au point B ((55.53°E / 21.38°S)					
Condition	Période de retour	Direction d'incidence	Hs (m)	Tp (s)	Niveau moyen (m / IGN 89)
cyclonique	100 ans	Sud	9.5	12.0	1.00
		SSO	9.5	12.0	
		SO	9.5	12.0	
		OSO	9.5	12.0	
non-cyclonique	100 ans	Sud	6.9	18.3	0.56
		SSO	7.3	18.6	
		SO	5.7	17.2	
	10 ans	SSO	5.8	17.4	0.53
	5 ans	SSO	5.4	16.9	0.52
	1 an	Sud	4.0	15.5	0.49
		SSO	4.5	16.0	
		SO	3.9	15.3	

4.3 RESULTATS NUMERIQUES

4.3.1 CONDITIONS EXTREMES CYCLONIQUES

Les résultats des simulations numériques sont présentés sous la forme de surfaces colorées de la hauteur significative des vagues sur lesquelles sont superposées les directions d'incidence des vagues. Sous chaque surface colorée est présentée une vue en profil de l'évolution de la hauteur significative des vagues entre les points A et C (cf. § 4.1).

Les résultats de la condition extrême cyclonique centennale en situation actuelle sont présentés de la Figure 4-4 à la Figure 4-7.

Les résultats montrent que l'agitation décroît rapidement dans la baie de Grande Anse sous l'action du déferlement. L'énergie est entièrement contrôlée par la saturation de la zone de déferlement.

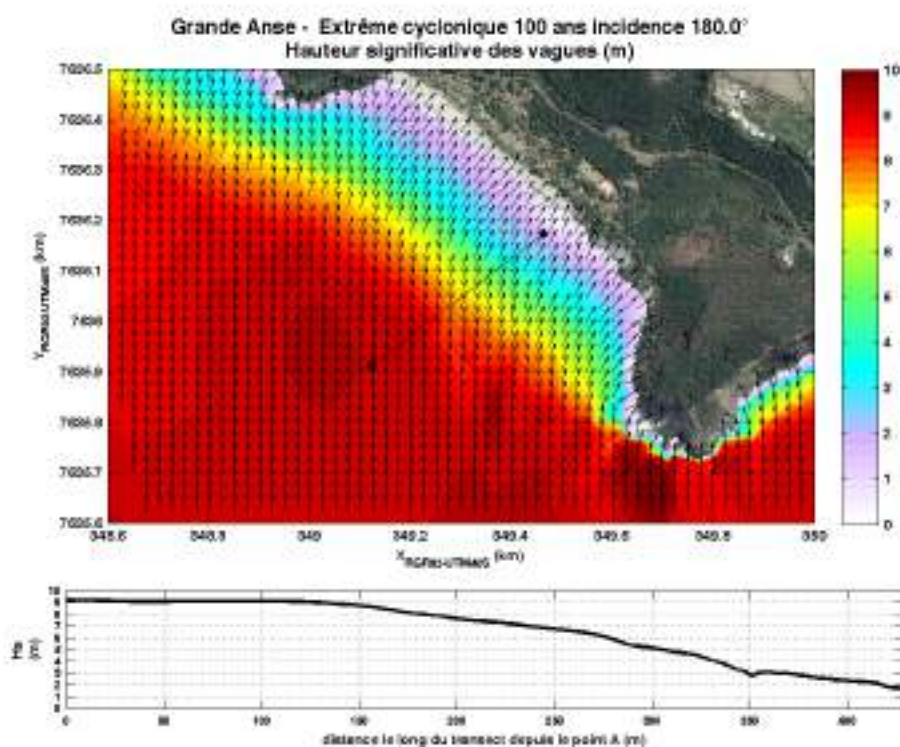


Figure 4-4 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition cyclonique de référence en incidence Sud.

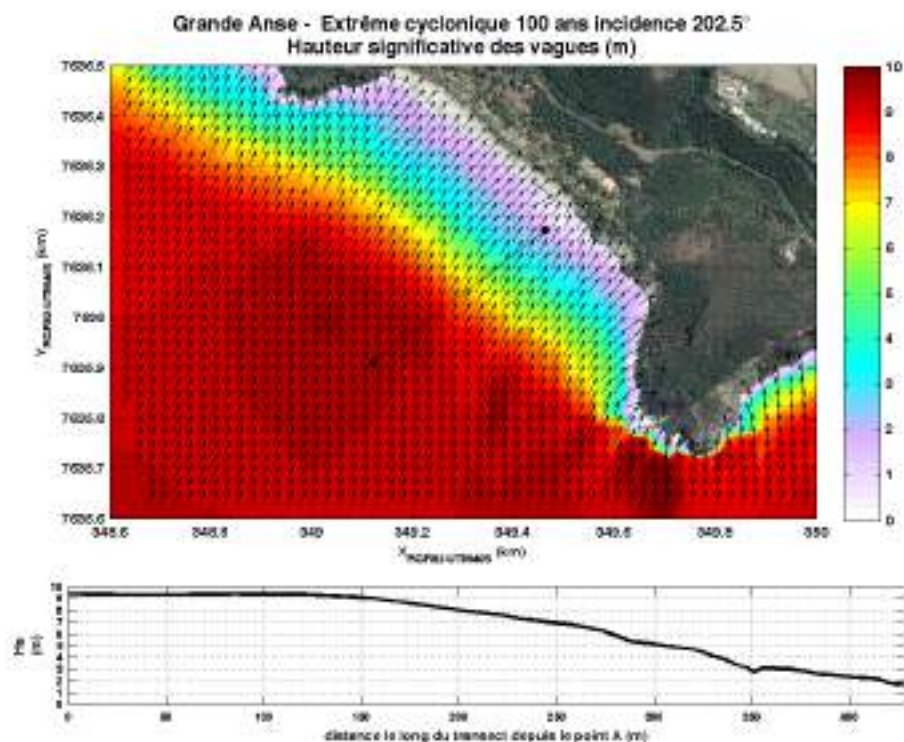


Figure 4-5 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition cyclonique de référence en incidence SSO.

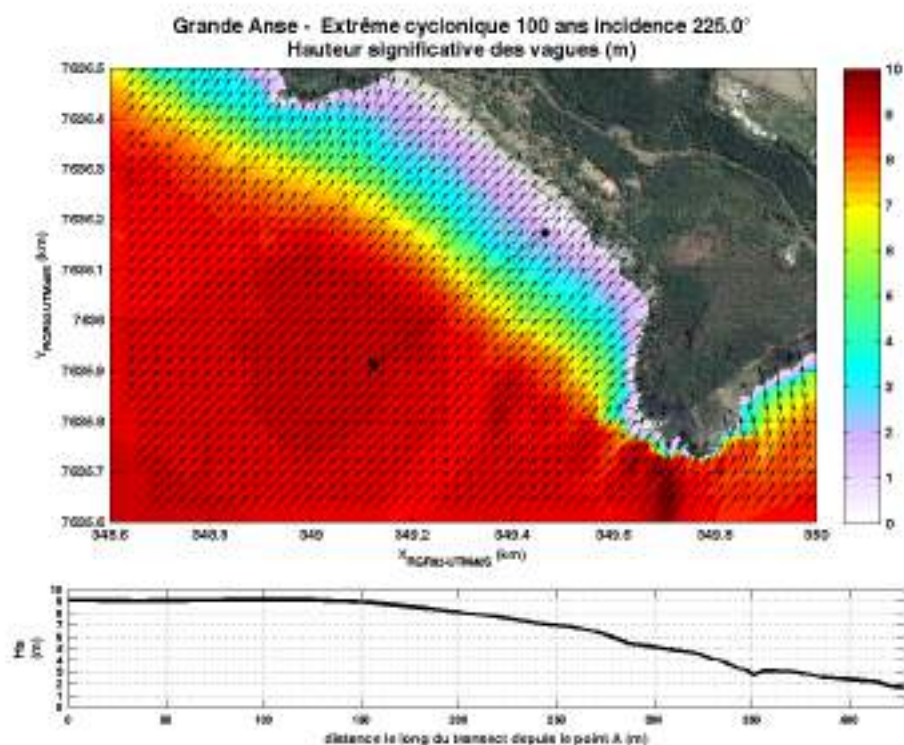


Figure 4-6 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition cyclonique de référence en incidence SO.

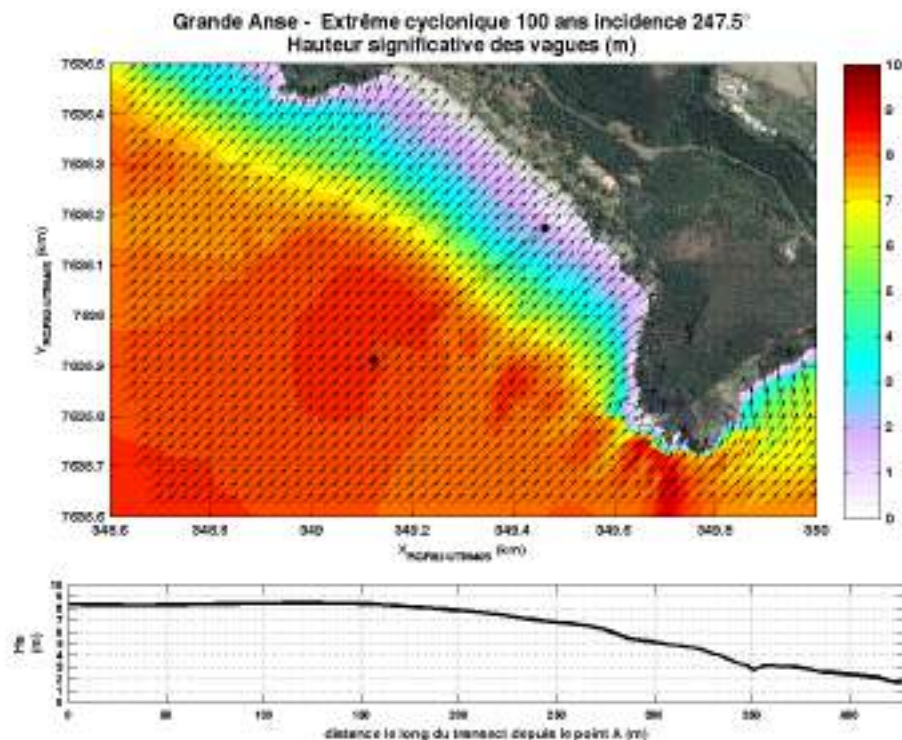


Figure 4-7 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition cyclonique de référence en incidence OSO.

4.3.2 CONDITIONS EXTREMES NON-CYCLONIQUES

Les résultats des conditions extrêmes non cycloniques 100 ans, 10 ans, 5 ans et 1 an sont présentés de la Figure 4-4 à la Figure 4-7.

Les résultats montrent encore que l'agitation décroît rapidement dans la baie de Grande Anse sous l'action du déferlement. L'énergie est entièrement contrôlée par la saturation de la zone de déferlement, quelle que soit la période de retour analysée.

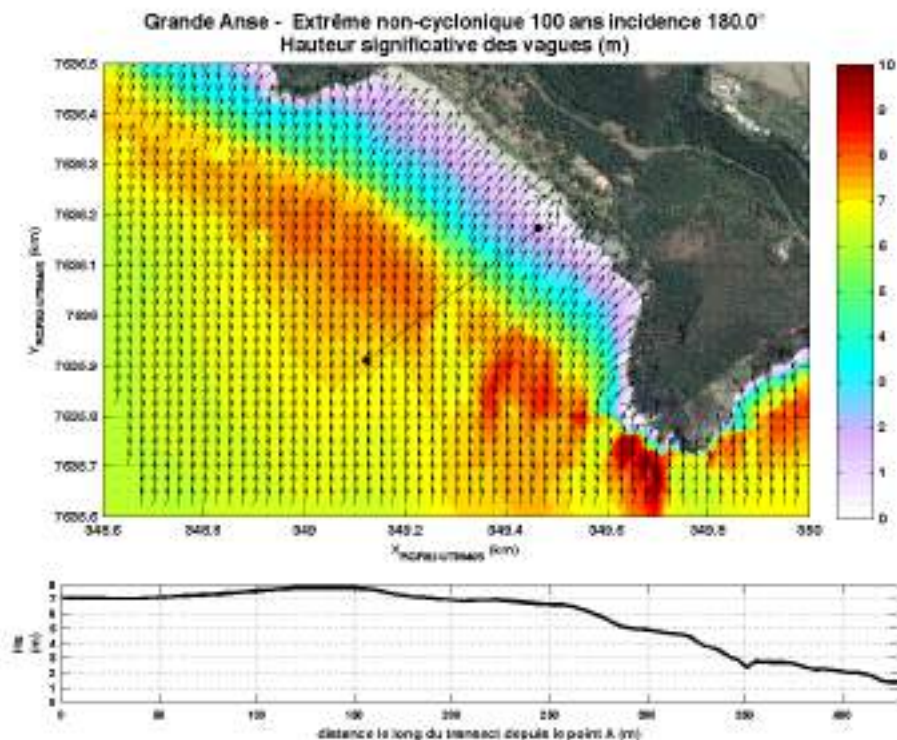


Figure 4-8 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 100 ans en incidence Sud.

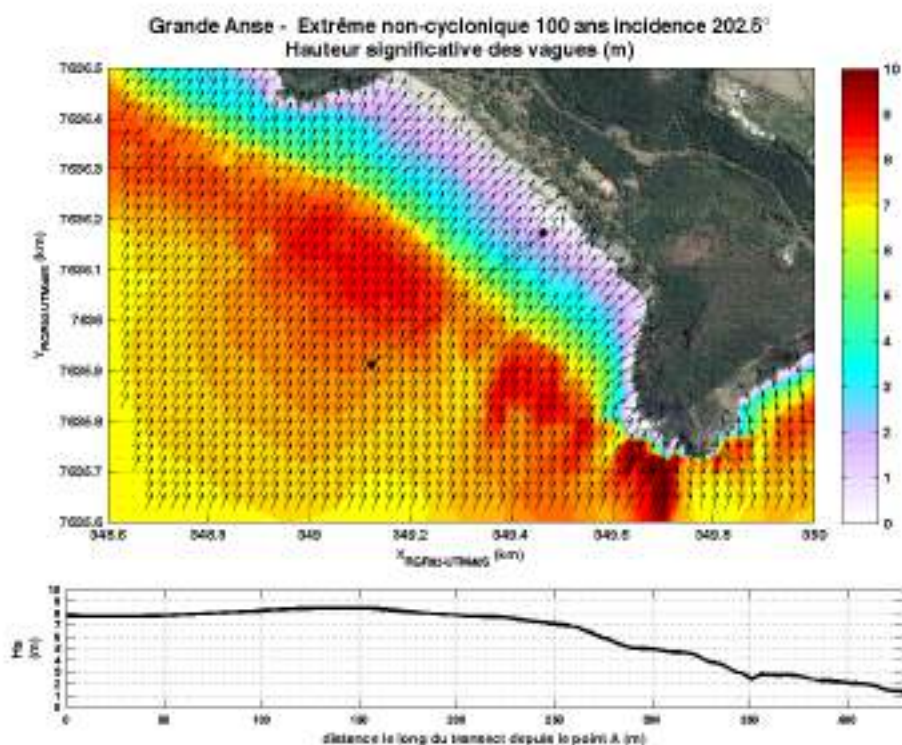


Figure 4-9 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 100 ans en incidence SSO.

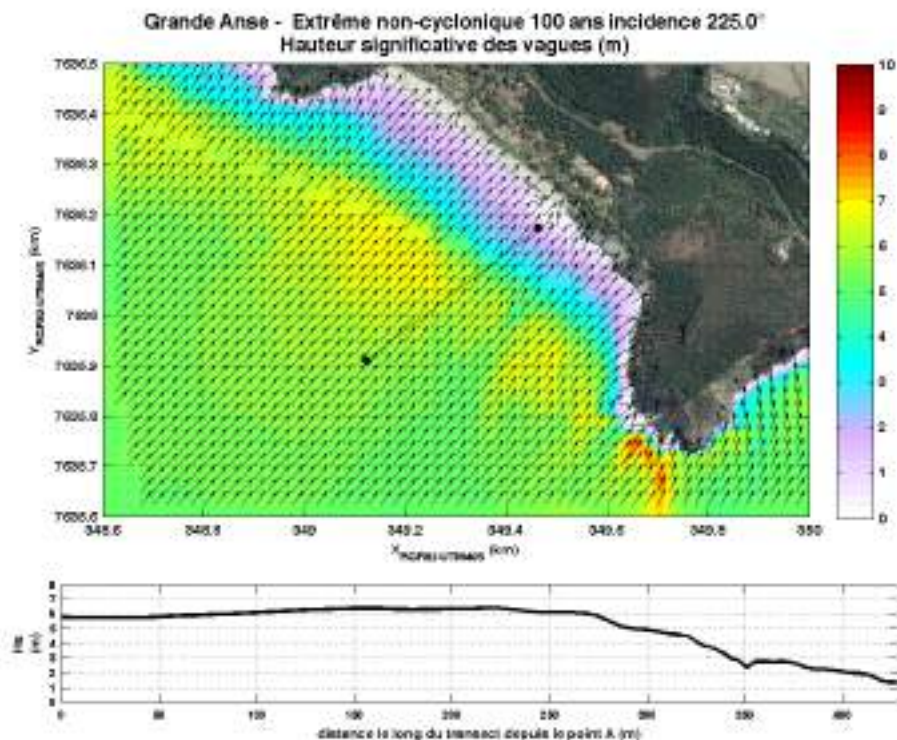


Figure 4-10 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 100 ans en incidence SO.

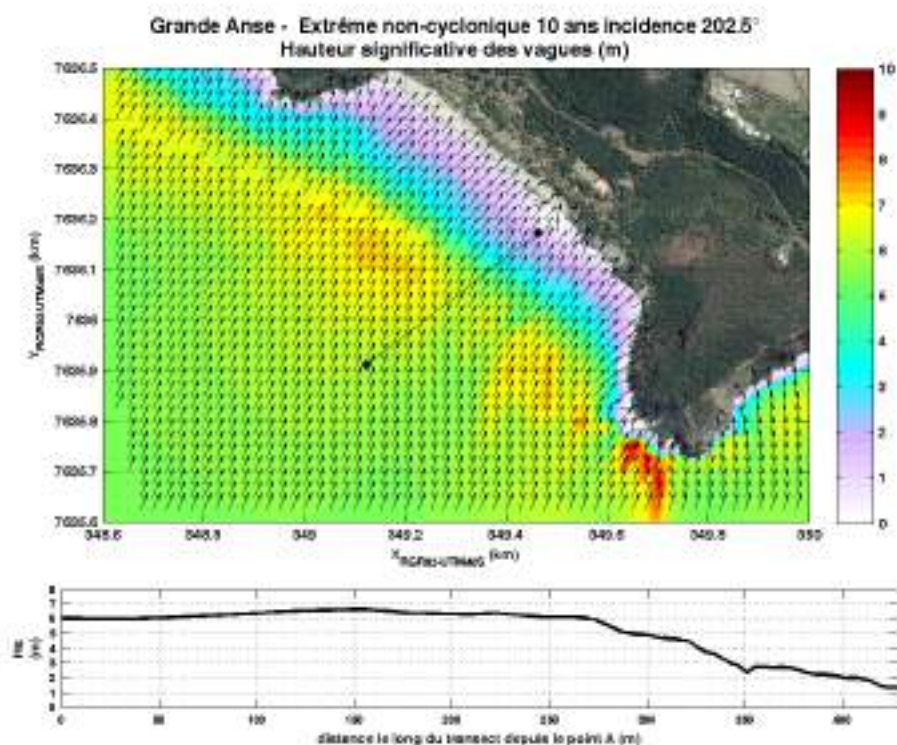


Figure 4-11 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 10 ans en incidence SSO.

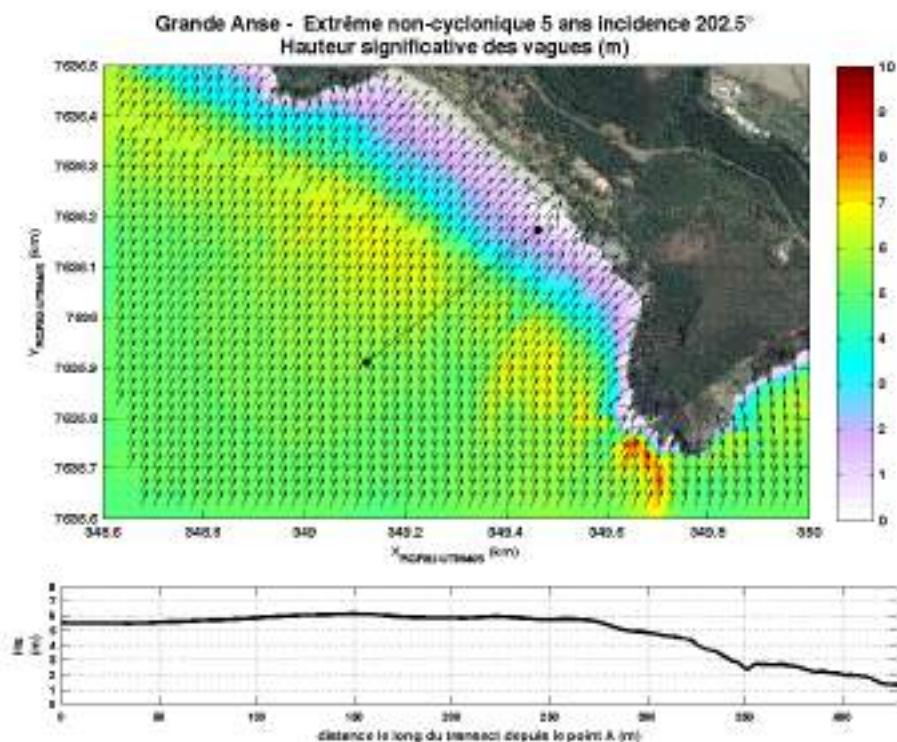


Figure 4-12 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 5 ans en incidence SSO.

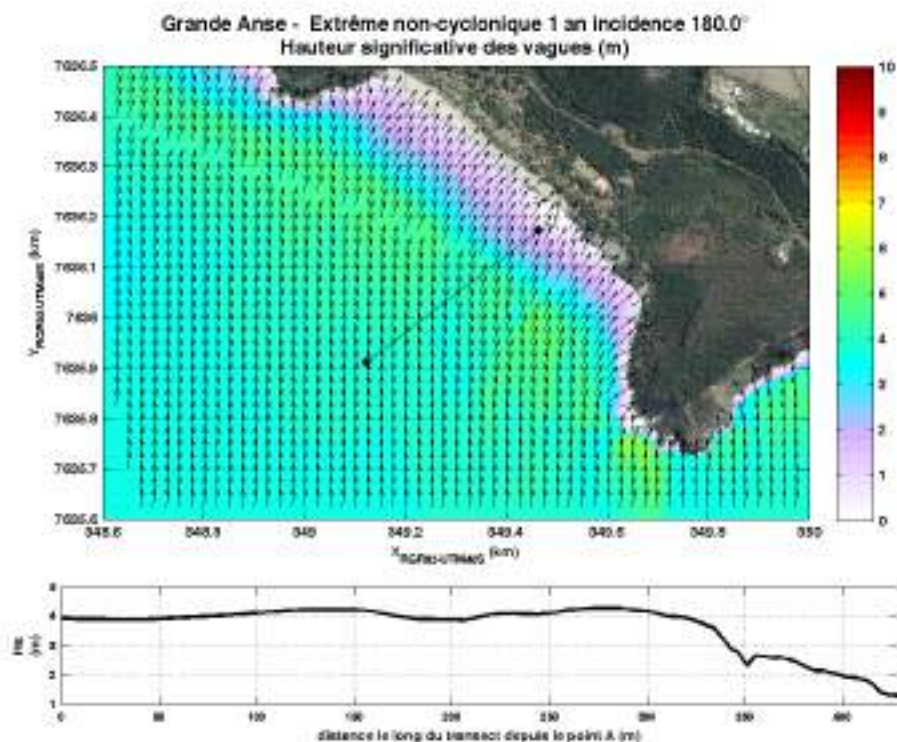


Figure 4-13 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 1 an en incidence Sud.

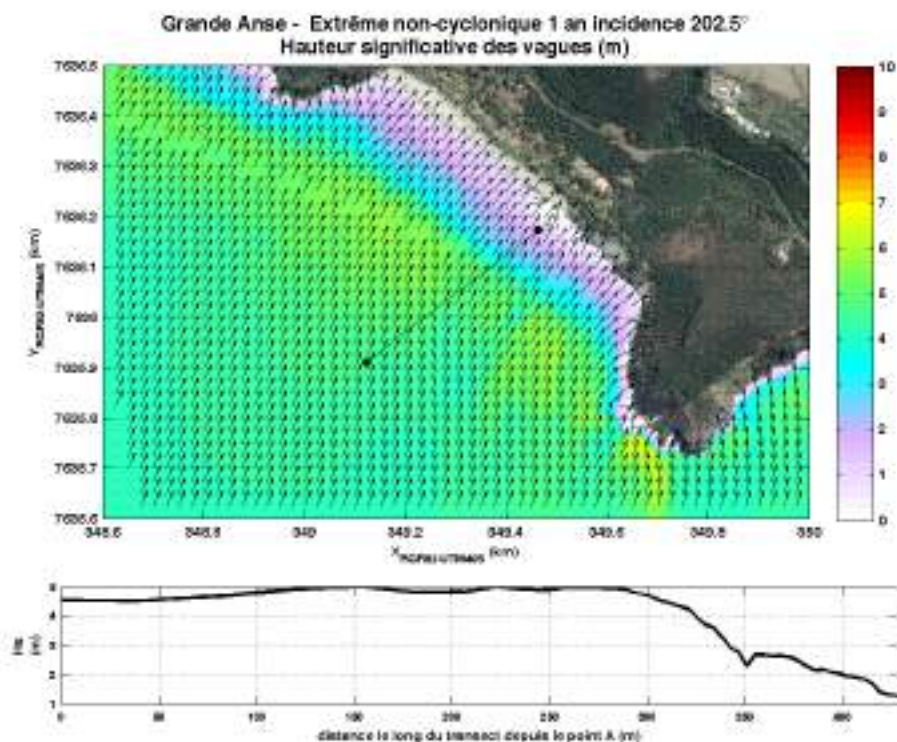


Figure 4-14 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 1 an en incidence SSO.

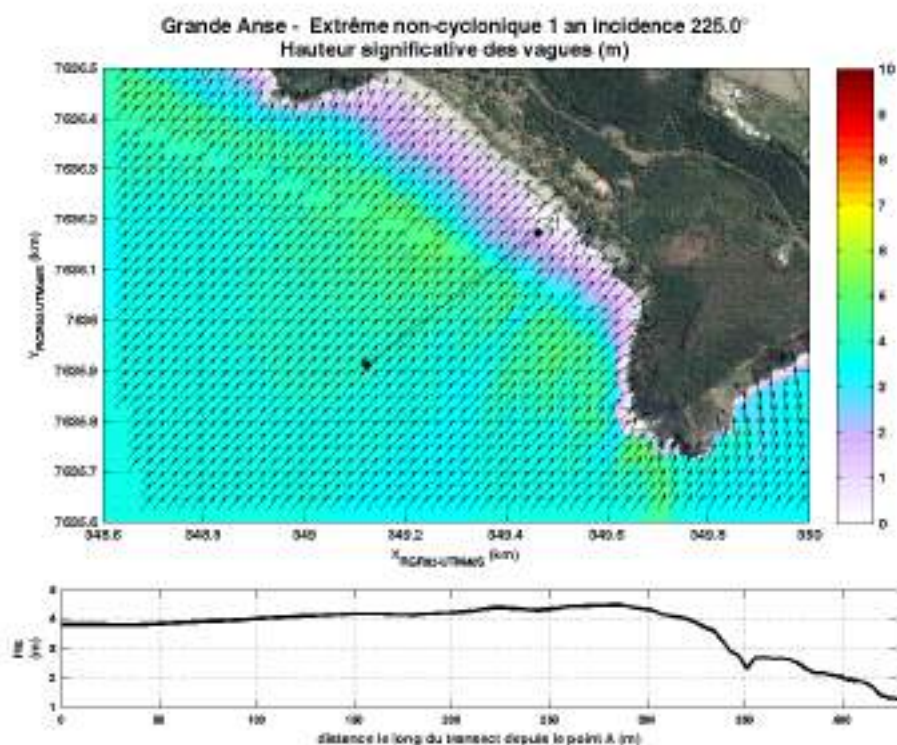


Figure 4-15 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 1 an en incidence SO.

4.3.3 SYNTHÈSE DES VALEURS EXTREMES DE Hs OBTENUES AU POINT C

Tableau 4-3 : Valeur extrêmes de Hs obtenues au point C (au droit du bassin de baignade).

Condition imposée au large, au point B ((55.53°E / 21.38°S)						Point C
Condition	Période de retour	Direction d'incidence	Hs (m)	Tp (s)	Niveau moyen (m / IGN 89)	Hs (m)
cyclonique	100 ans	Sud	9.5	12.0	1.00	1.69
		SSO	9.5	12.0		1.68
		SO	9.5	12.0		1.68
		OSO	9.5	12.0		1.67
non-cyclonique	100 ans	Sud	6.9	18.3	0.56	1.37
		SSO	7.3	18.6		1.37
		SO	5.7	17.2		1.35
	10 ans	SSO	5.8	17.4	0.53	1.33
	5 ans	SSO	5.4	16.9	0.52	1.32
	1 an	Sud	4.0	15.5	0.49	1.30
		SSO	4.5	16.0		1.29
		SO	3.9	15.3		1.28

5. ANALYSE MORPHO-SEDIMENTAIRE

5.1 FONCTIONNEMENT ACTUEL DU SITE

5.1.1 CONTEXTE MORPHO-SEDIMENTAIRE

Grande Anse, située au sud de La Réunion entre Saint-Pierre et Saint-Joseph, est une plateforme récifale délimitée par deux pointes rocheuses (Figure 5-1), bordée d'une plage (Figure 5-2) dont la longueur est d'environ 650 m et la largeur comprise entre 20 et 50 m.

Au large de Grande Anse, les fonds sont constitués de roches volcaniques (qui peuvent être affleurantes ou sub-affleurantes lorsqu'elles sont recouvertes de sable) et de sables mixtes (Figure 5-1). La plage de Grande Anse est essentiellement constituée de sable corallien et présente en contrebas des affleurements rocheux plus ou moins visibles en fonction de la couverture sableuse et du niveau d'eau (marée et contribution des vagues) (e.g. Figure 5-3, Figure 5-4 et Figure 5-5 ainsi que l'ensemble des images aériennes analysées dans la suite du rapport). De la végétation rampante (« patate à Durand ») peut se développer sur le haut de plage (Figure 5-4). En arrière du bassin de baignade actuel, le haut de plage est « suspendu » au-dessus d'un muret en béton (Figure 5-4 et Figure 5-5). Au sud du bassin de baignade, on note sur le haut de plage une quantité significative de blocs et galets (Figure 5-4).

Devant le récif (entre les isobathes 20 et 5 m), la pente du fond est d'environ 5 %. Dans les petits fonds et le bas-estran, le platier (à partir de l'isobathe 5 m) a une pente de 2 %, au-dessus duquel la plage de sable présente des pentes de 10 à plus de 15 %.

La limite de terrain végétalisé (pelouse et cocotiers) présente des microfalaises et le découvrément des racines de cocotiers (Figure 5-4) présume d'une érosion du haut de plage sans qu'il s'agisse nécessairement d'une tendance (quelques mois après la prise de vue ces mêmes racines pourraient très bien se retrouver sous le sable si le niveau du haut de plage est remonté). A noter que le rapport du BRGM (2004) indique globalement une érosion « modérée » sur cette plage.

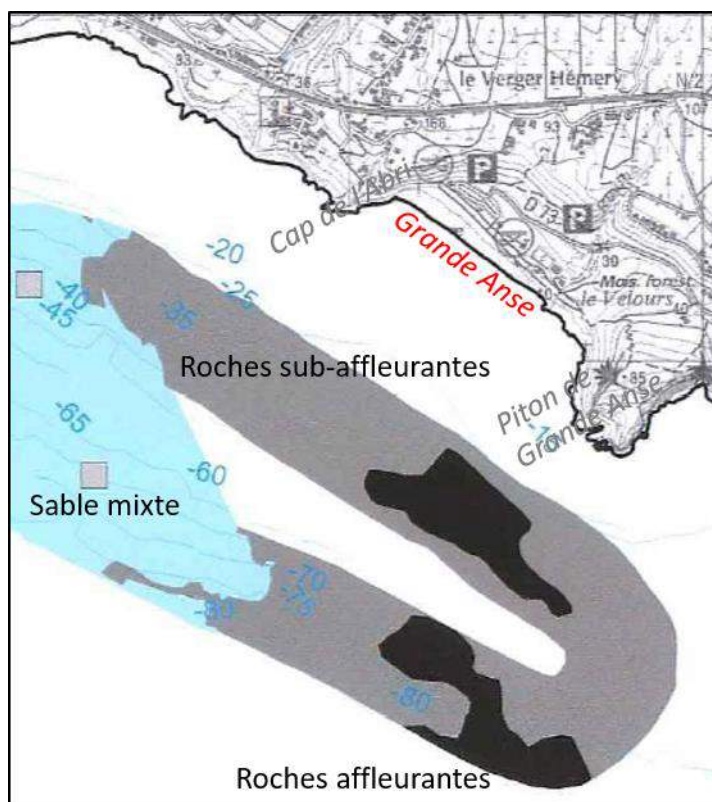


Figure 5-1 : Carte de nature des fonds à une échelle élargie extraite de CARTOMAR (Cartographie morphosédimentologique des fonds marins côtiers de La Réunion – BRGM, 2008). (*Les « roches sub-affleurantes » correspondent à un substrat rocheux recouvert localement de sédiments ; le « sable mixte » est un sable brun composé à parts équivalentes d'éléments d'origine volcanique et biodétritique.)

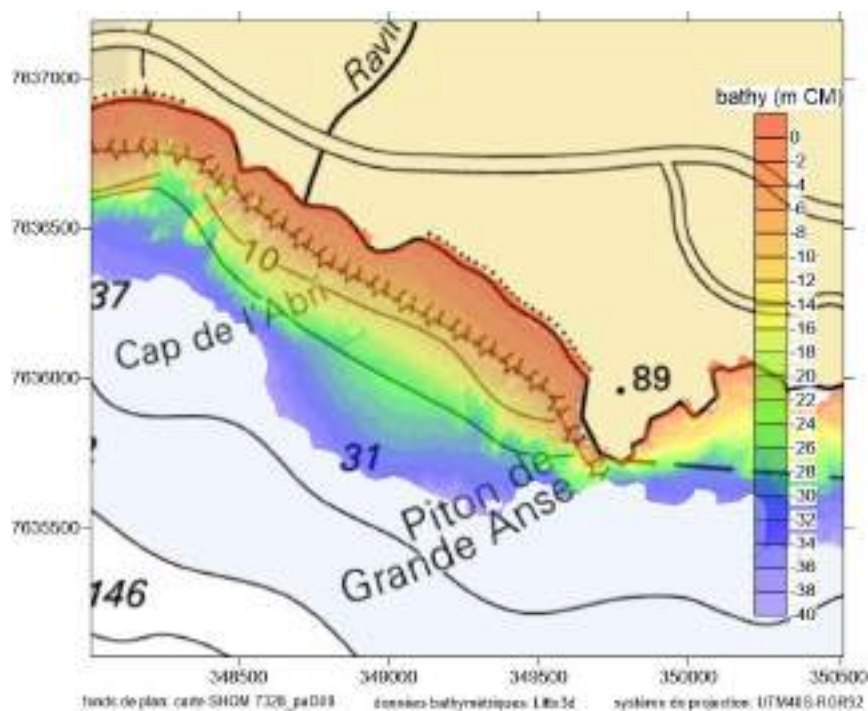


Figure 5-2 : Bathymétrie à une emprise élargie

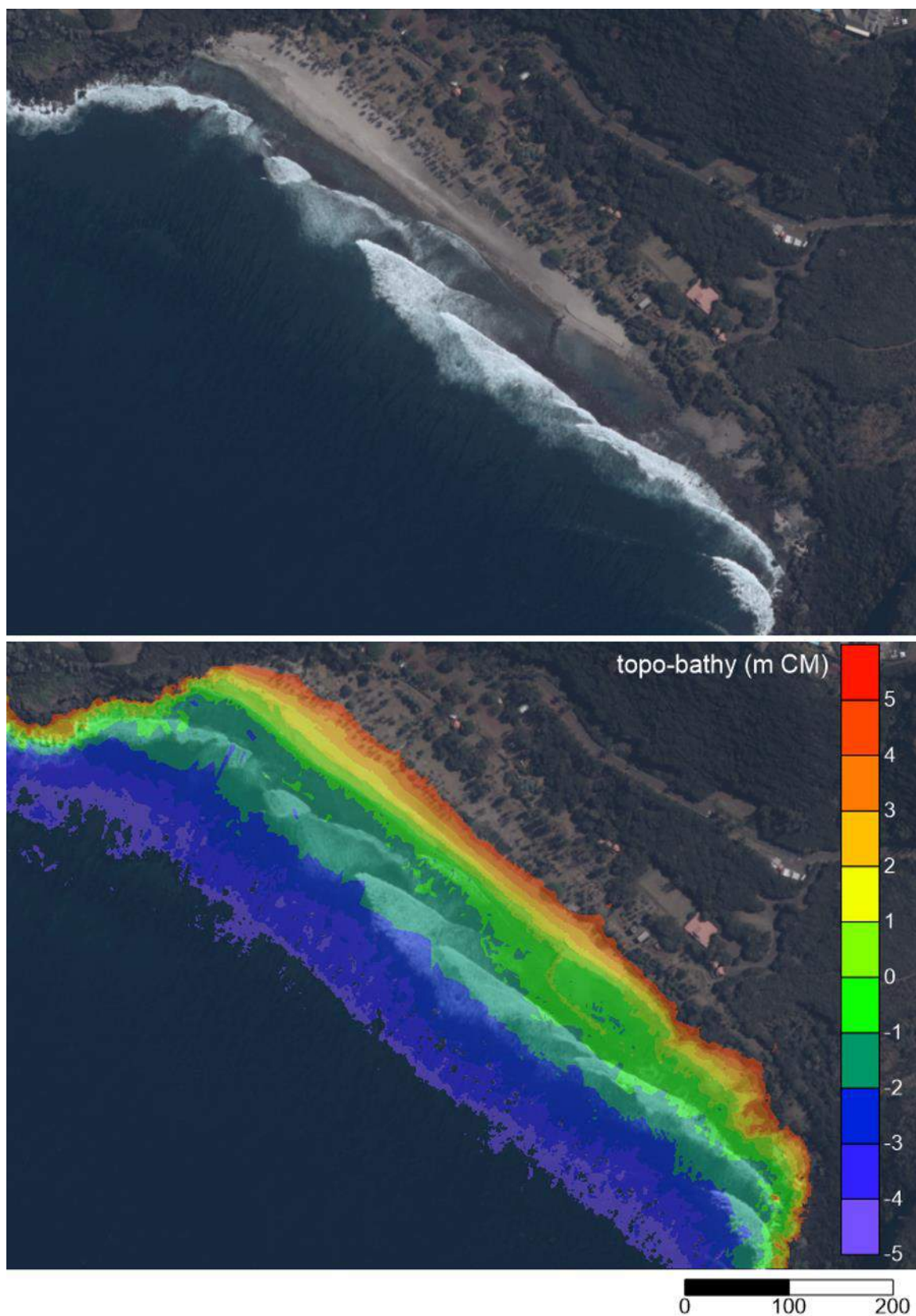


Figure 5-3 : Plage de Grande Anse – topo-bathymétrie de la plage et des petits fonds.

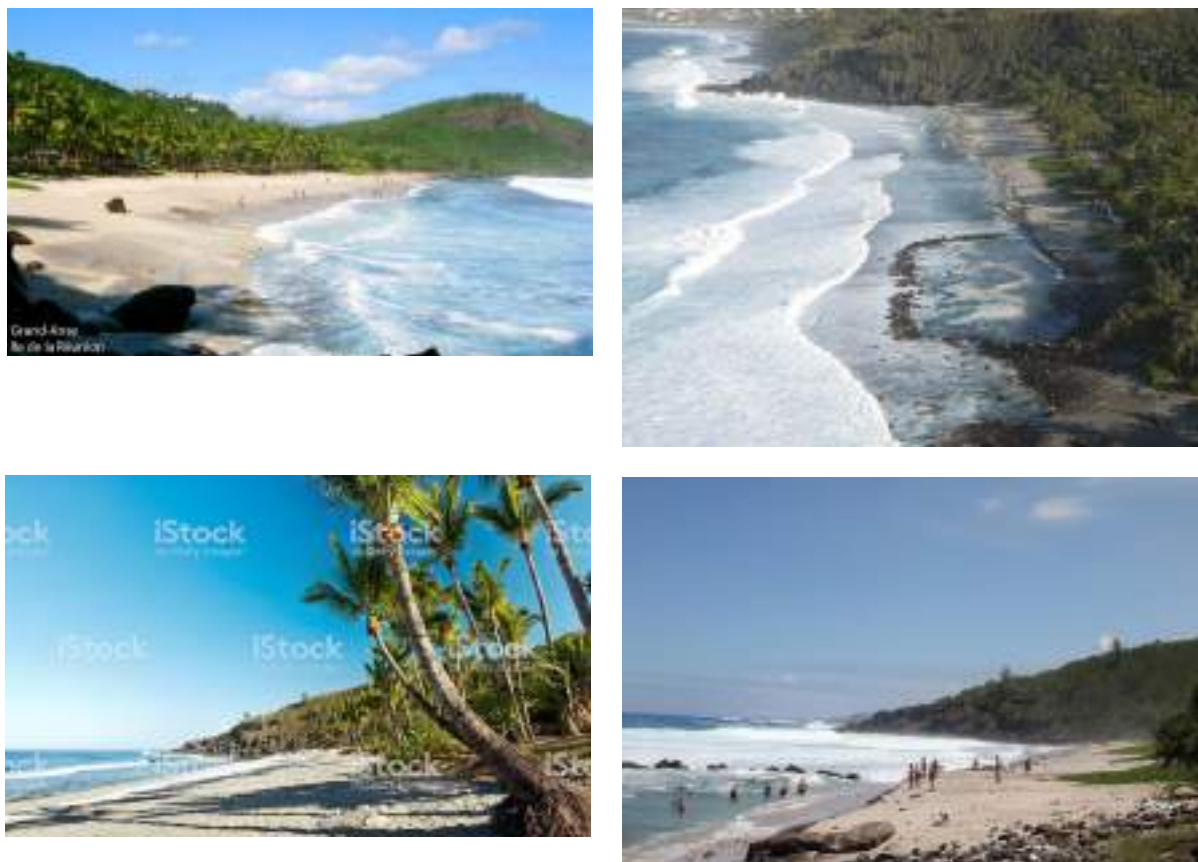


Figure 5-4 : Photographies de la plage de Grande Anse (vues depuis le sud à gauche et depuis le nord à droite).



Figure 5-5 : Plage en bordure Ouest du bassin de baignade

5.1.2 EVOLUTIONS MORPHO-SEDIMENTAIRES

5.1.2.1 Evolutions à long-terme

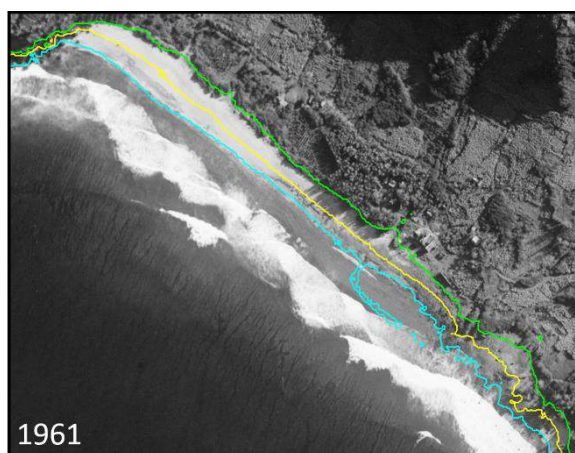
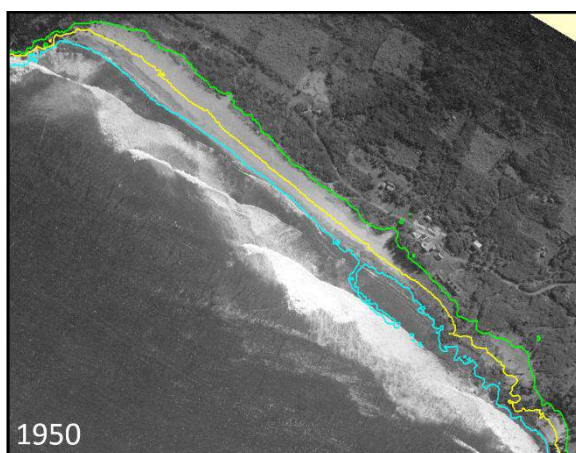
Les évolutions morphologiques de la plage de Grande Anse sont étudiées à partir d'images aériennes IGN collectées de 1950 à 2011, disponibles sur le site <https://remonterletemps.ign.fr/>, et géoréférencées pour les besoins de l'étude.

Une première analyse se base sur la définition d'un trait de côte actuel selon un critère morpho-topographique. Ce trait de côte est généralement défini par la ligne de niveau (topographique) correspondant à la fois à un niveau de la mer élevé et peu fréquent (et donc à des indices de type laisse de pleine mer ou à des limites de végétation) et à un niveau où la pente est marquée (ce qui réduit les marges d'erreur sur le positionnement du trait de côte). Dans le cas présent la ligne de niveau +2m IGN89 (établie à partir des données Litto3D de 2011) est choisie comme définition du trait de côte actuel, celle-ci correspondant à une hauteur d'eau peu fréquente et concorde approximativement avec la position de la mi-pente de plage actuelle. Les lignes de niveaux -0.044m et +5m IGN89 sont également figurées pour appréhender les évolutions morphologiques de la plage, parce qu'elles correspondent, respectivement, au niveau moyen de la mer (NM) et approximativement à la limite de végétation (pelouse et cocotiers). Les trois lignes de niveau sont reportées sur les photographies aériennes IGN espacées temporellement de 5 à 15 ans depuis 1950 (Figure 5-6).

Bien que les photographies aériennes ne soient pas ortho-rectifiées, ce qui empêche de réaliser une analyse précise de l'évolution du trait de côte, on remarque que :

- La position de la limite de végétation (positionnée à environ +5 m IGN89 d'après les données récentes de topographie et d'imagerie aérienne) a peu évolué depuis 1950 ;
- Des affleurements rocheux apparaissent, en fonction des dates et des portions de plage, en bas de plage (entre la ligne de niveau moyen de la mer et le trait de côte). Le Sud de la plage présente régulièrement des affleurements rocheux, tandis que le Nord de la plage est généralement bien ensablé (cf. image de 1989).

À partir de 1989, la présence du bassin de baignade délimité par un enrochement, et du muret en béton juste derrière, semblent favoriser le maintien du sable en haut de plage.



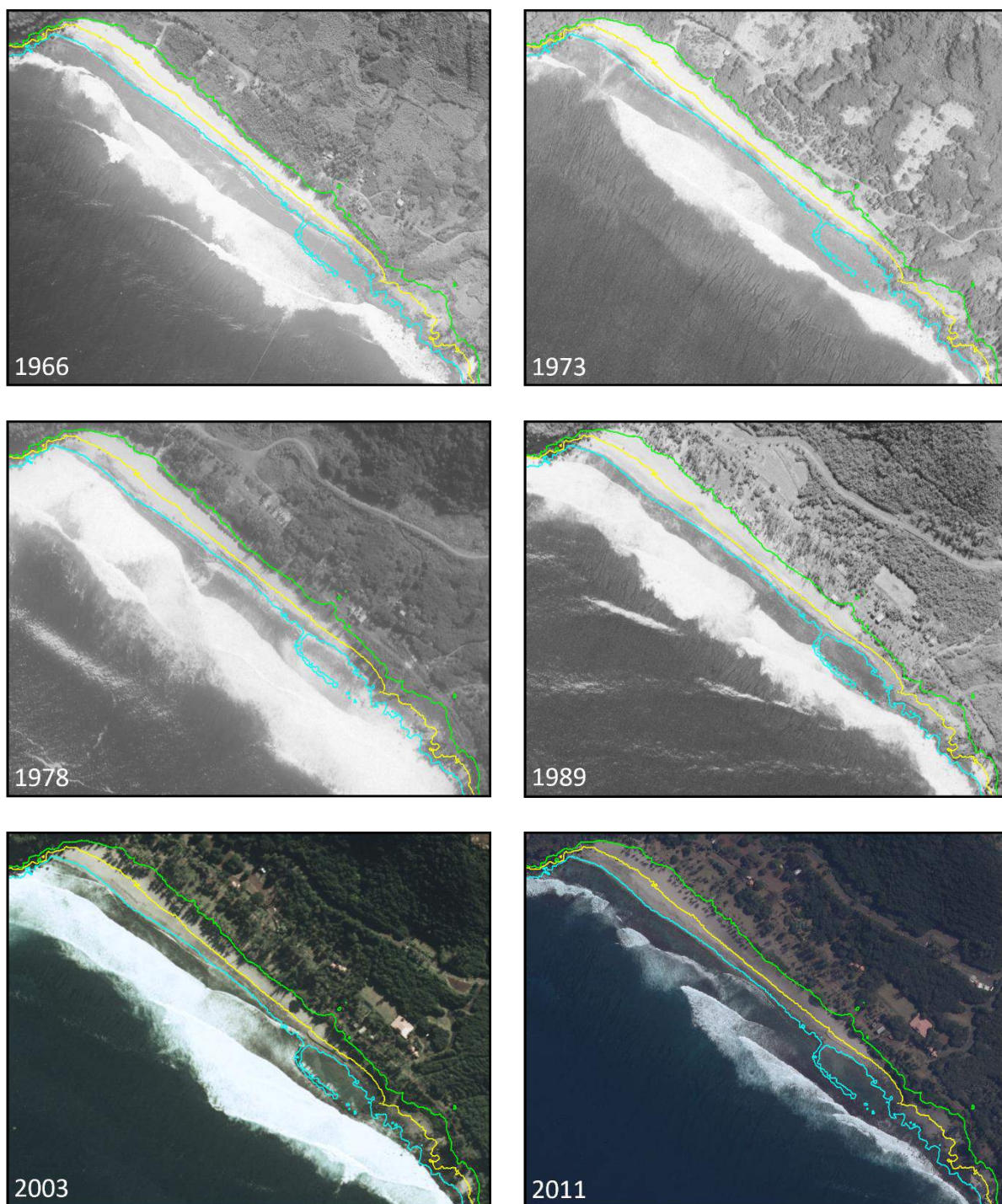


Figure 5-6 : Comparaison des images aériennes IGN entre 1950 et 2011 (échelle 1:3000). La ligne verte correspond au niveau +5 m IGN89 (limite du haut de plage), la ligne jaune au niveau + 2 m IGN89 (trait de côte), et la ligne bleue au niveau -0.04 m IGN89 (niveau moyen de la mer). Les tronçons (a-d) sur l'image de 1950 ont une longueur d'~150 m.

5.1.2.2 Evolutions récentes

Analyse des images aériennes Google Earth

Une trentaine d'images satellites collectées entre 2011 et 2018, sont disponibles sur Google Earth. La résolution des images satellites Google Earth est moins bonne que les images aériennes de l'IGN (quelques mètres versus 50 cm), mais elles permettent d'appréhender, au moins partiellement, la tendance d'évolution de la plage au cours de la dernière décennie.

L'image aérienne IGN du 14 septembre 2011 est comparée ici à une image satellite Google Earth du 11 juin 2017 présentant des niveaux d'eau similaires (Figure 5-7). Autour de la zone du bassin de baignade (Figure 5-6), on remarque :

- En bas de plage (et notamment au droit du muret de protection), que les affleurements rocheux ressortent davantage en 2017 qu'en 2011 (zones plus sombres) ;
- En haut de plage, que le couvert végétal est bien plus étendu en 2017 qu'en 2011, signe d'une stabilisation du substrat.

L'observation concernant le couvert végétal doit être interprétée avec précaution, car la dynamique saisonnière n'a pas pu être appréhendée via l'analyse des images satellites Google Earth, celles-ci n'étant généralement disponibles qu'en période d'hiver austral (lorsqu'il y a moins de nuages). Il n'y a pas de tendance qui se dégage, que ce soit sur la période récente ou sur des séquences plus anciennes (Figure 5-6), et les écarts entre deux dates dépendent de plusieurs facteurs, dont : évolutions saisonnières à interannuelles, survenue d'une tempête et (hauts niveaux de jet de rive) qui ont pu éroder le couvert végétal avant la prise de vue...

Les observations aériennes seront complétées, dans la partie suivante, par l'analyse de levés topo-bathymétriques réalisés dans la zone autour du bassin de baignade.

Les évolutions au Nord-Ouest de l'anse sont moins marquées qu'autour du bassin de baignade (Figure 5-7). Le haut de plage est colonisé par de la végétation rampante en 2017 et pas en 2011, mais le bas de plage ne présente pas de différence détectable avec la résolution de l'image Google Earth.

L'occurrence d'images Google Earth dans des conditions de marée et vagues similaires est trop faible pour tenter d'établir une saisonnalité des flux sédimentaires et des niveaux de sable de la plage.



Figure 5-7 : Comparaison des images aériennes IGN 2011 et Google Earth 2017 (échelle 1:1500) autour de la zone du bassin de baignade. La ligne verte correspond au niveau +5 m IGN89 (limite du haut de plage), la ligne jaune au niveau + 2 m IGN89 (trait de côte), et la ligne bleue au niveau - 0.04 m IGN89 (niveau moyen de la mer). La ligne noire en pointillé correspond à la zone prévue d'extension du bassin de baignade (cf. section suivante).

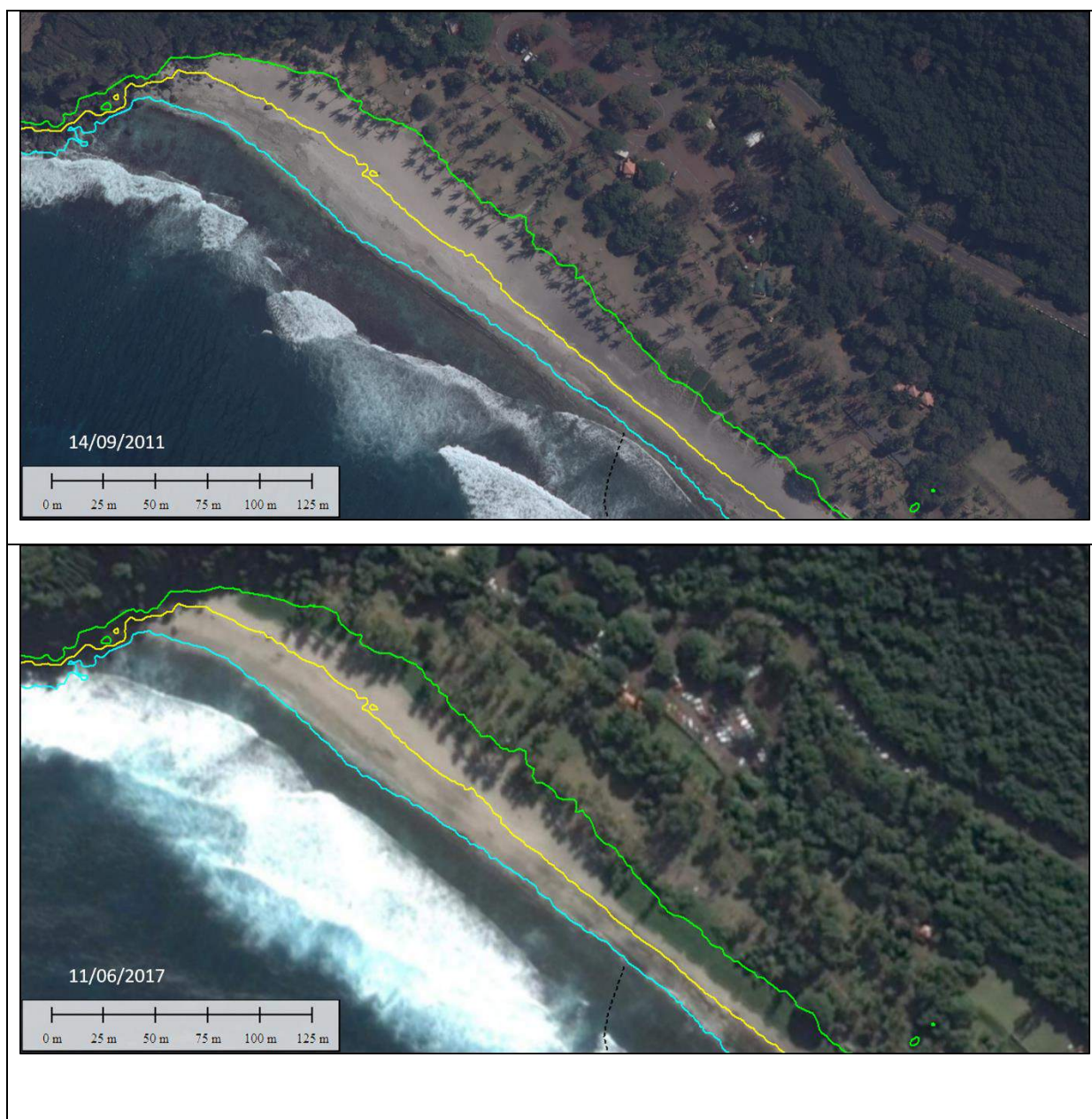


Figure 5-8 : Comparaison des images aériennes IGN 2011 et Google Earth 2017 (échelle 1:1500) au nord de l'anse. La ligne verte correspond au niveau +5 m IGN89 (limite du haut de plage), la ligne jaune au niveau + 2 m IGN89 (trait de côte), et la ligne bleue au niveau -0.04 m IGN89 (niveau moyen de la mer). La ligne noire en pointillé correspond à la zone prévue d'extension du bassin de baignade (cf. section suivante).

Analyse des levés topo-bathymétriques

L'analyse des évolutions morphologiques autour du bassin de baignade se base sur deux jeux de données topo-bathymétriques :

- **Litto3D** qui inclut différents levés réalisés entre septembre 2008 et octobre 2010 ;
- Un levé réalisé par la société **Maraina** en juin 2018.

Les différences d'altitude observées entre les levés Litto3D (2008-2010) et Maraina (2018), sont inférieures à 1 m (Figures 5-8 et 5-9). Des dépôts de l'ordre de 20 à 60 cm sont observés en haut de plage (où l'on observe aujourd'hui de la végétation rampante) et dans la zone des petits-fonds, tandis que le reste de la plage présente des différences d'altitude inférieures à 20 cm (c'est à dire du même ordre de grandeur que les marges d'erreur généralement constatées pour les levés LIDAR, qui sont de 10 à 20 cm). Malgré une faible surface de recouvrement entre les deux levés, il semble que le bassin de baignade soit sensiblement plus profond de 20-60 cm côté Est. Les évolutions sur les enrochements ne sont en revanche pas à retenir compte tenu de la résolution horizontale des levés.

La comparaison des différentes lignes de niveaux extraites des deux jeux de données (Figure 5-10) montre une légère progradation du trait de côte (cette carte permettant de préciser, au-delà d'analyses locales le long de profils, que cette progradation serait généralisée, du moins sur le secteur de la plage qui a été levé). Les lignes de niveau sur la plage ne montrent en revanche pas d'évolutions sensibles mis à part localement près du muret. Et les écarts entre les lignes de niveau en bas de plage montrent, à l'Ouest du bassin de baignade (cf. profil central de la Figure 5-10 et cartes d'isolignes), une accrétion sensible ; l'évolution de l'isoligne de bas de plage est importante mais il faut bien garder à l'esprit que ces lignes étant situées sur un replat, de faibles variations de niveau peuvent se traduire par des déplacements importants des isolignes.

De manière générale les évolutions mises en évidence entre 2010, à savoir une accrétion sensible, ne semblent pas aller au-delà des évolutions saisonnières que suggèrent les images aériennes récentes et les photographies (en particulier celles montrant les niveaux de sable à proximité du muret, cf. Figure 5-5).

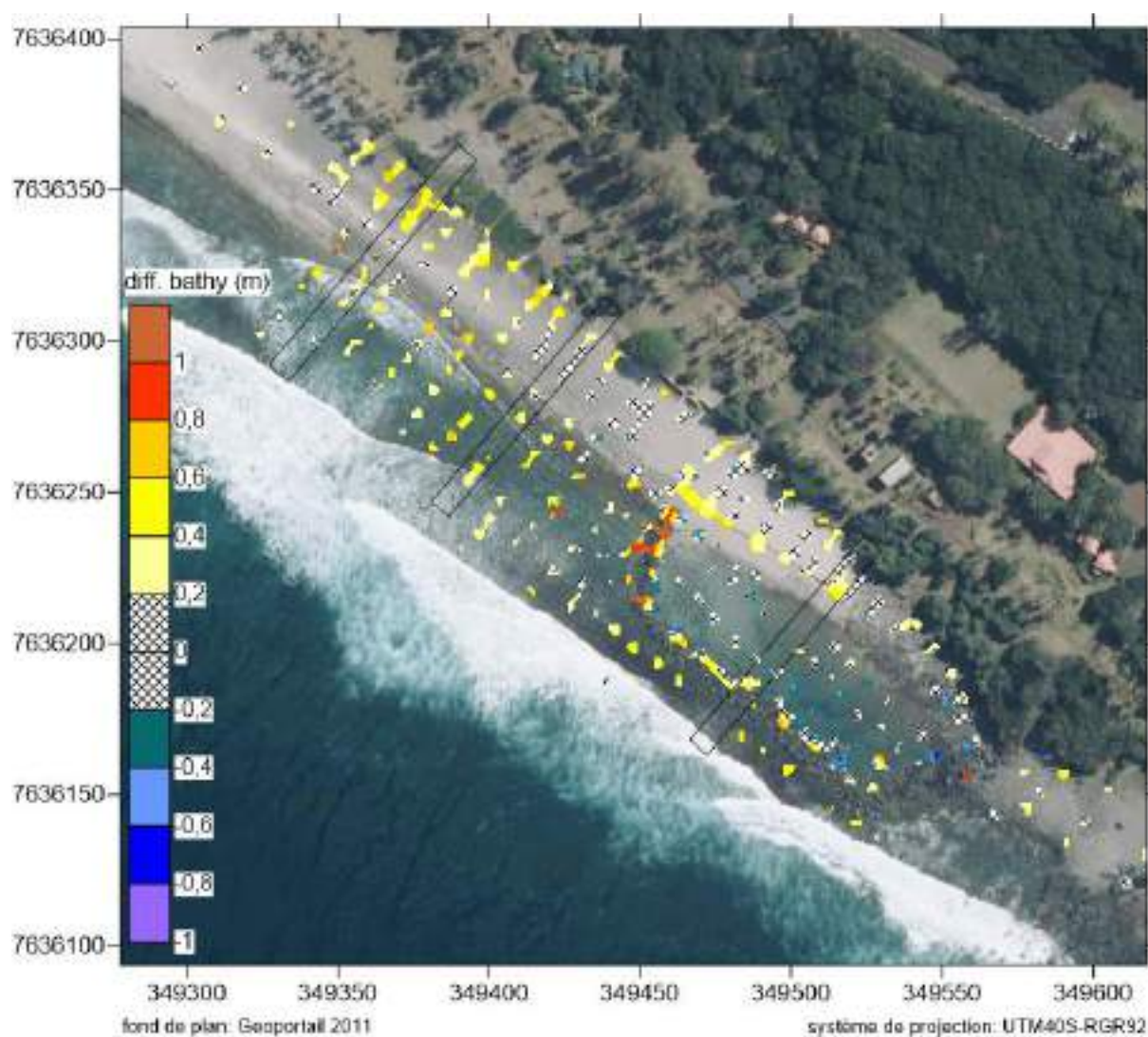


Figure 5-9 : Evolutions des fonds entre 2018 (levé Maraina) et 2008/2010 (Litto3d). Les rectangles indiquent la position des profils topo-bathymétriques présentés Figure 5-10.

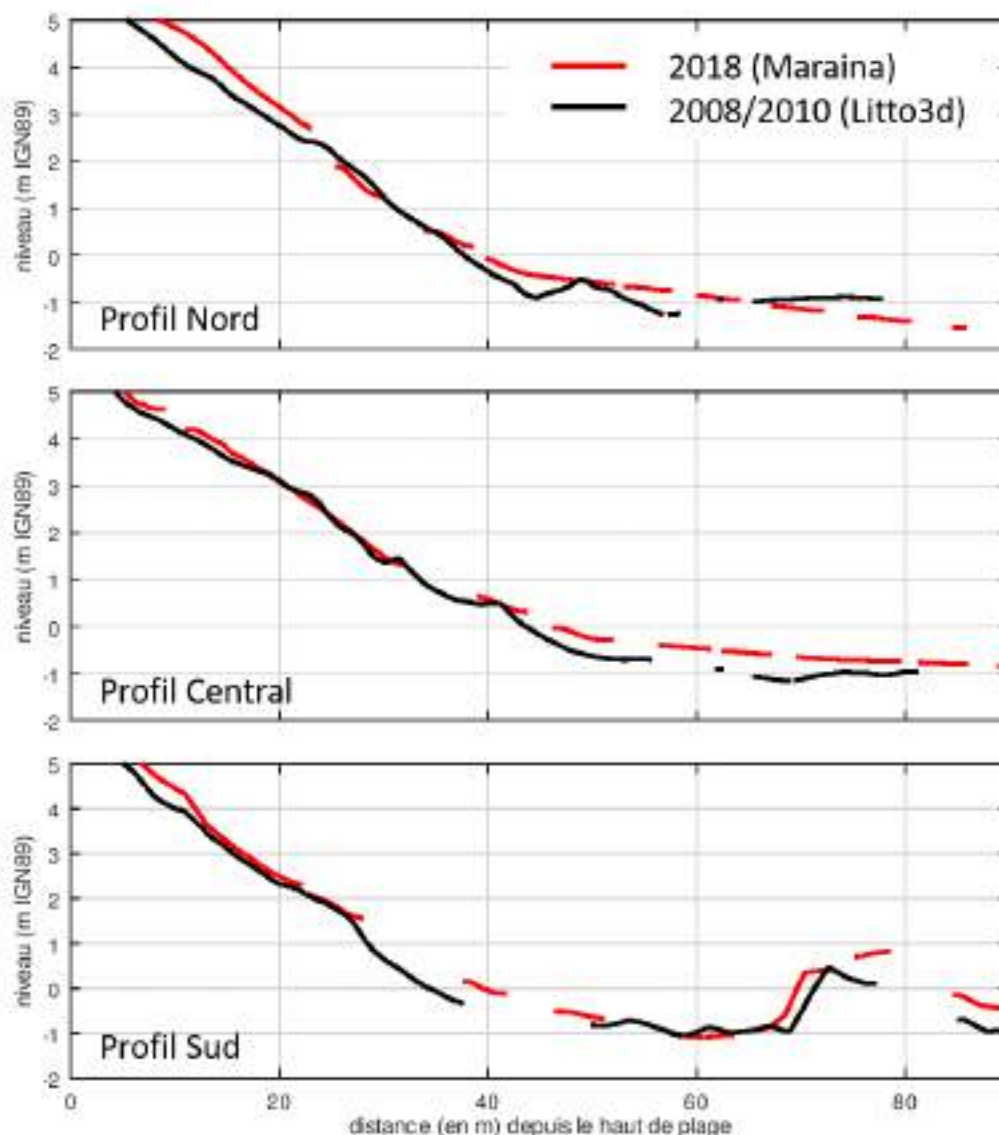


Figure 5-10 : Evolution des fonds entre 2008/2010 et 2018 – profils depuis le haut de plage. La position des profils est indiquée à la Figure 5-9.

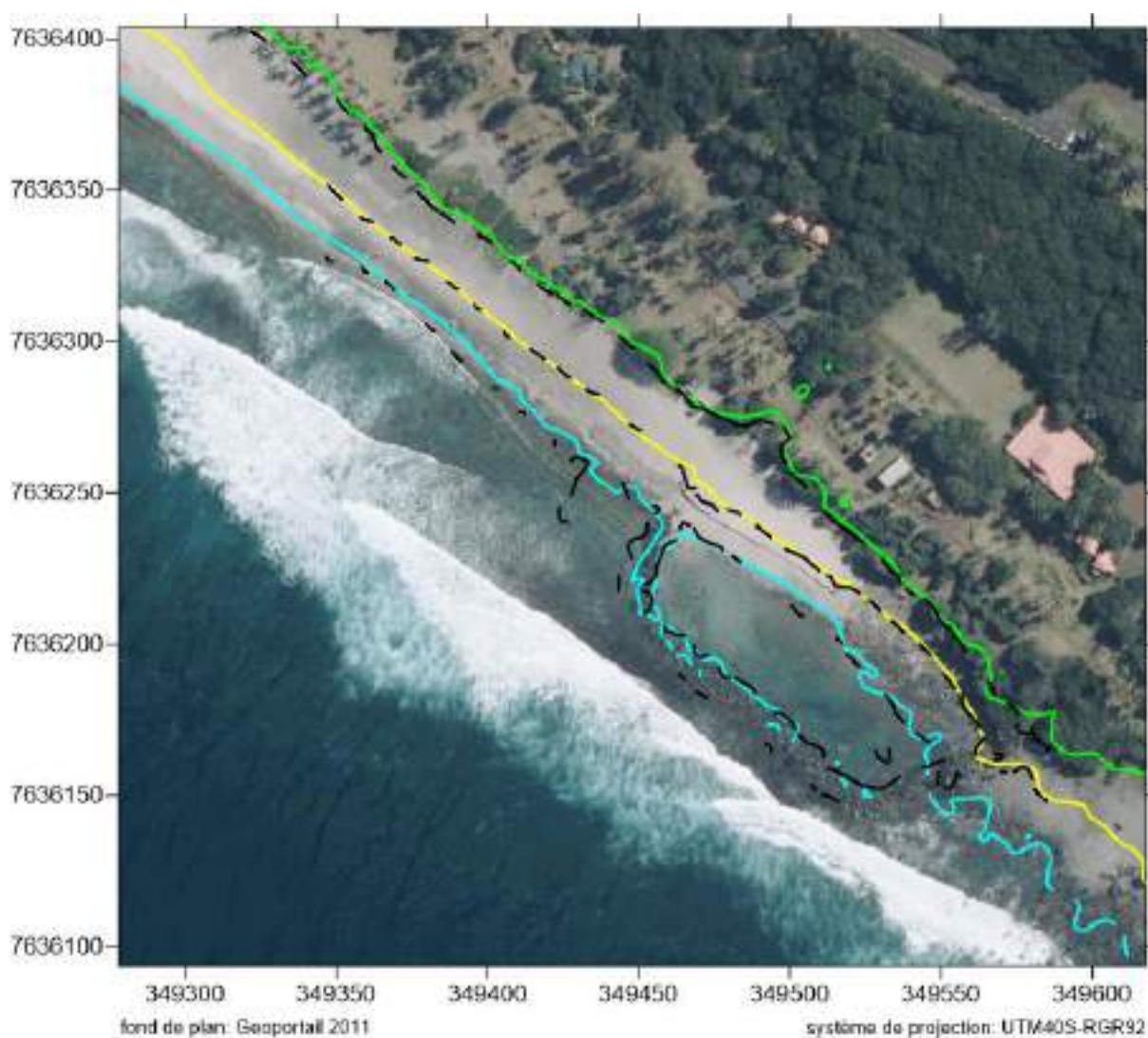


Figure 5-11 : Evolution des lignes de niveau moyen (NM), +2 m IGN89 et +5 m IGN89 entre 2008/2010 (bleu, jaune et vert, respectivement) et 2018 (noires).

5.1.3 FORÇAGE HYDRODYNAMIQUES ET TRANSPORTS SOLIDES

Les éléments des chapitres précédents sont rappelés et décrits (et éventuellement complétés) ici en tant que forçage de la dynamique sédimentaire.

5.1.3.1 Conditions de vagues

Vis-à-vis de la dynamique sédimentaire, on peut retenir les caractéristiques suivantes des conditions de vagues incidentes (pour un point à environ 500 m de la côte) :

- Secteurs d'incidence du Sud-Est (SE) à Ouest-Sud-Ouest (OSO), avec des directions de pic principalement SSO à SO (c'est-à-dire que les vagues ont généralement une obliquité en faveur d'une dérive littorale qui remonterait vers le Nord) ;
- Hauteur significative H_s moyenne annuelle de 1.8 m et quantile 99 de 3.7 m (H_s généralement supérieure en période d'hiver austral) ;
- Période pic T_p généralement supérieure à 10 s ;
- Valeur maximale (simulée sur la période 2000-2014) : $H_s = 6$ m (pour un T_p de 18 à 19 s).

Les deux paragraphes suivants traitent respectivement de l'influence des vagues sur l'augmentation des niveaux d'eau et des courants dans l'anse.

5.1.3.2 Niveaux d'eau

Le niveau de la mer près de la côte varie généralement sous les effets de la marée astronomique, des conditions atmosphériques (le vent et la pression) et des vagues (set-up). La marée autour de l'île de La Réunion est semi-diurne à inégalité diurne et son amplitude est relativement faible. Le marnage est compris entre 0.5 et 0.9 m. Le niveau moyen de la mer se situe à +0.51 m du zéro hydrographique et -0.044 m du référentiel altimétrique IGN89 (Figure 3-3). Les niveaux extrêmes (marée + surcote) estimés au Port de Saint-Pierre pour des périodes de retour de 10 et 100 ans, sont respectivement de +0.65 et +1 m NGR-IGN89 (Tableau 3-3).

Afin d'appréhender les conditions d'érosion du haut de la plage de Grande Anse (qui se caractérisent par endroit par une micro-falaise), nous avons surimposé à un niveau de pleine mer (marée + surcote atmosphérique), une estimation de l'augmentation du niveau d'eau due à la dissipation des vagues à la côte, appelé runup, incluant le setup (augmentation moyenne du niveau d'eau à la côte) et le rushup (jet de rive).

Le runup est estimé selon la méthode de Stockdon et al. (2006), classiquement utilisée en ingénierie côtière, qui caractérise le runup maximal (atteint ou dépassé par 2% des vagues les plus hautes) sur une (seule) pente de plage caractéristique – une approche composite (comp) est ici proposée en considérant que la hauteur du setup est déterminée par la pente de la zone de surf (surf) alors que la hauteur du jet de rive est déterminée par la pente du haut de plage (swash).

La pente moyenne de la zone de surf est par exemple prise égale à 4 % pour des vagues de hauteur significative 5 m. Il s'agit d'une valeur moyenne de la pente du fond depuis des profondeurs de 12-13 m, où peuvent déferler des vagues de ~10 m, soit la valeur du paramètre statistique H_{max} correspondant à un paramètre statistique H_s de 5 m.

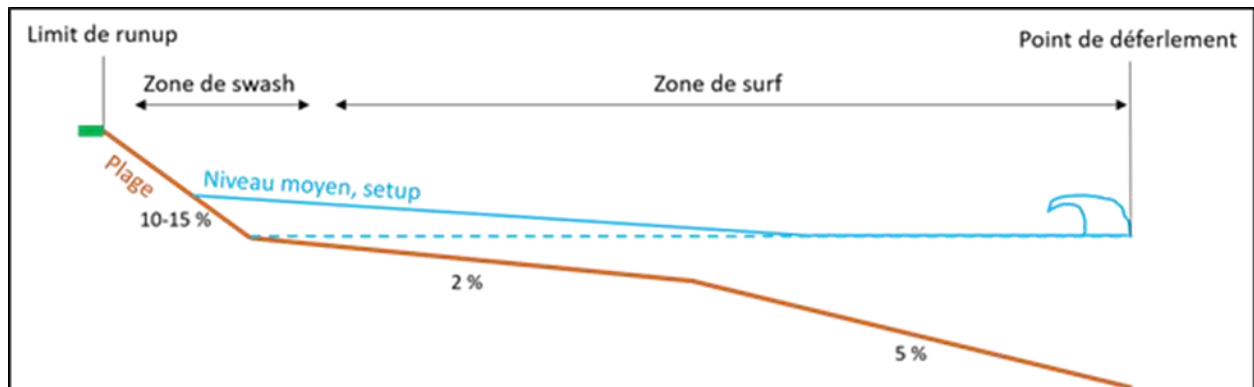


Figure 5-12 : Schématisation des zones de surf et de swash (la dimension verticale a été multipliée par 5 par soucis de lisibilité, la vague est exagérée et la zone indiquée pour le déferlement correspond à des vagues très énergétiques)

Le Tableau 5-1 montre les résultats des calculs des niveaux de runup qui peuvent être atteints pour différentes conditions :

- conditions de vagues faiblement à moyennement énergétiques,
- conditions de vagues énergétique (houle australe longue),
- conditions de vagues du 24/09/2018 (issues des modélisations *previmer* de l'*Ifremer*) en fin de journée, qui correspondent à une observation de laisse de pleine mer observée autour de +6.3 à +6.5 m NGR,
- conditions de vagues cycloniques exceptionnelles (période de retour 100 ans)
- conditions de vagues non-cycloniques exceptionnelles (période de retour 100 ans), correspondant à des houles australes longues.

Les paramètres de calcul sont les suivants :

- P1 : H_s (m) et T_p (s) au point B (large),
- P2 : H_s (m) avant déferlement (les vagues peuvent être plus hautes qu'au point B, en fonction du levage (shoaling) des vagues),
- P3 : H_{max} (m) avant déferlement (ce paramètre permet de localiser les premiers déferlements, et donc la largeur et la pente moyenne de la zone de surf),
- P4 : profondeur (m) et distance (m) approximative des premiers déferlements / trait de côte,
- P5 : pente moyenne de la zone de surf (%),
- P6 : pente de la zone de swash (%),

et les résultats sont présentés pour différentes hypothèse de pente à prendre en compte dans la formulation de Stockdon et al. (2006) :

- R2_surf en supposant que c'est la pente de la zone de surf qui s'applique,
- R2_swash en supposant que c'est celle de la zone de swash,

- R2_comp en supposant que la pente de la zone de surf s'applique pour le calcul du set-up et et que la pente de swash s'applique pour le calcul du rush-up (jet de rive).

Paramètres sélectionnés :						Runup 2 %		
P1 Hs(m) ; Tp(s) au large (point B)	P2 Hs estimé avant déferlement (m)	P3 Hmax avant déferlement (m)	P4 profondeur et distance/trait de côte des premiers déferlements	P5 pente moy. zone de surf (%)	P6 pente de la zone de swash (%)	R2_surf (m)	R2_swash (m)	R2_comp (m)
2 ; 10	Idem B	4	5 ; 150	2	15	0.7	2.3	1.4
4 ; 16	4.5	9	10 ; 250	4	15	2.2	5.4	3.6
4 ; 18 (24/09/18)	4.5	9	10 ; 250	4	15	2.5	6.1	4.1
4 ; 18 (24/09/18)	4.5	9	10 ; 250	4	20	2.5	7.9	5.0
9.5 ; 12 (cyclonique 100 ans)	Idem B	20	25 ; 500	5	15	2.7	5.9	4.1
7 ; 19 (non- cyclonique 100 ans)	8	17	21 ; 400	5	15	3.9	8.6	6.0

Tableau 5-1 : Calculs de run-up (méthode de Stockdon et al., 2006) pour différentes conditions de vagues

Ces résultats nous indiquent que ce sont plutôt les houles longues australes, et non les houles cycloniques (plus hautes au large mais moins longues), pour lesquelles les run-up les plus hauts sont atteints. Ce qui met en évidence la contribution très significative des phénomènes infra-gravitaires (dont la magnitude augmente avec la période des vagues) sur la zone d'étude.

Les calculs relatifs à la houle australe du 24/09/2018 indiquent que la valeur du run-up peut atteindre localement 5 m (pour une hypothèse de pente de plage de 20%). En ajoutant cette valeur au niveau de la pleine mer (+ surcote atmosphérique) observée en cette fin de journée à la Pointe des galets, le run-up dépasserait certes la limite de végétation (autour de +5m NGF) mais il reste encore un écart encore significatif pour atteindre le niveau de l'observation d'une laisse de mer autour de +6.3 à +6.5 m NGF. Des processus liés aux phénomènes infra-gravitaires (e.g. réfraction, résonance...), que ne couvrent pas nécessairement (ou du moins pas complètement) l'approche de Stockdon et al. (2006), pourraient se manifester dans ce type de configuration (anse encadrée par deux pointes rocheuses, zone de déferlement à une certaine distance de la côte du fait de la position du rebord de la plateforme récifale...). Même si ce type d'approche empirique permet d'appréhender les types de conditions de vagues (houles australes) susceptibles d'impacter le haut de plage végétalisé, elle reste insuffisante pour calculer précisément les niveaux qui peuvent être atteints par le jet de rive.

5.1.3.3 Courants induits par les vagues et transports sableux associés

Les courants induits par la marée et le vent sont a priori négligeables par rapport aux courants générés par le déferlement des vagues près de la côte. La dérive littorale est liée à l'obliquité des vagues incidentes et/ou à une variation latérale de l'énergie des vagues à la côte.

La normale au trait de côte est, en moyenne le long de la plage de Grande Anse, orientée à 220°N. On rappelle les statistiques des principales incidences des vagues :

- 53% des vagues ont une incidence $202.5^{\circ}\text{N}\pm 10^{\circ}$ (obliquité de 10-30°) ;
- 37% ont une incidence $180^{\circ}\text{N}\pm 10^{\circ}$ (obliquité de 30-50°) ;
- 9% ont une incidence $157.5^{\circ}\text{N}\pm 10^{\circ}$ (obliquité de ~50-70°).

La dérive littorale serait donc a priori préférentiellement dirigée vers le Nord de la plage. Cependant, la dérive littorale peut aussi être influencée par la présence des pointes rocheuses (qui induisent des zones d'ombre pour au moins une partie du spectre) ainsi qu'à la morphologie des fonds, qui peuvent induire une variabilité latérale de l'énergie des vagues, notamment dans la zone de déferlement. Les résultats des modélisations couplées vagues/courants mises en place sur la zone d'étude montrent que les conditions de circulation dans l'anse ne peuvent être déduites directement des conditions de vagues incidentes. Et l'appréciation de la variabilité des conditions de dérive littorale nécessiterait un nombre beaucoup trop important (typiquement plusieurs années de ré-analyse) de simulations couplées pour obtenir des statistiques représentatives.

On peut en revanche supposer, dans la configuration actuelle et compte tenu du fait que les observations ne montrent pas de tendance évolutive (cf. section 5.1.2) et qu'il n'y a pas de source ou de puits de sédiment évidents d'un côté ou de l'autre de l'anse, que les conditions de circulation des sédiments le long de la plage sont relativement équilibrées sur des échelles de temps suffisamment longues (une ou plusieurs années). Une autre hypothèse possible serait que certains secteurs de la plage, pour des conditions de vagues données, s'engraissent plus facilement que d'autres secteurs et qu'une redistribution latérale s'opère ensuite. Quoi qu'il en soit l'objectif ici est d'envisager les différents schémas de circulation des sédiments et d'appréhender dans quelle mesure ils peuvent être modifiés par l'aménagement prévu.

Les conditions de dérive littorale (courants) qui forcent la dynamique sédimentaire sont avant tout à regarder à proximité de la plage de sable puisque les petits fonds sont essentiellement des affleurements rocheux. Mais ces zones d'affleurement rocheux, même si les sables n'y restent pas, peuvent constituer des zones de transit. Des recirculations se développant plus ou moins sur les petits fonds du fait de différents processus qui interagissent : changement, même légers, d'orientation des vagues incidentes ; déferlement qui se répartit sur une bande plus ou moins large en fonction de la hauteur et de la cambrure des vagues (celle-ci étant liée à la période) ; instabilités inhérentes à ces cellules de recirculation. Voir par exemple les deux cartes de courant de la Figure 5-13, simulées à 15 mn d'intervalle seulement.

Les cartes de la Figure 5-13 montrent, pour des conditions de vagues faiblement énergétiques, un premier exemple de circulation vers le Nord-Ouest le long de la plage, et des recirculations dans les petits fonds. Pour des vagues plus énergétiques (Figure 5-14, pour des vagues de type cycloniques et Figure 5-15 pour des houles australes plus longues), les premiers déferlements sont plus éloignés de la côte et la bande circulation vers le Nord-Ouest de l'anse est significative dans les petits fonds, au-delà de la digue du bassin de baignade, et des recirculations sont visibles dans la partie Nord-Ouest de l'anse en se rapprochant de la plage.

Pour d'autres conditions de vagues très énergétiques (Figure 5-16), mais cette fois-ci avec une circulation dirigée globalement du Nord-Ouest vers le Sud-Est de l'anse, les courants les plus intenses sont également simulés au-delà de la digue du bassin de baignade. Les capacités de transports solides (qui résultent de l'action combinée des vagues et des courants qu'elles génèrent) les plus intenses sont simulées, pour des conditions de vagues énergétiques, au-delà de la digue.

Par ailleurs on peut noter que globalement l'orientation de la plage est sensiblement différente de celle de la côte : en effet, la largeur de la plage de sable est généralement plus importante au Nord de la plage, et celle-ci tend à s'aligner sur la normale à la direction de propagation des vagues incidentes (i.e. à s'aligner sur l'orientation des crêtes de vagues les plus fréquentes).

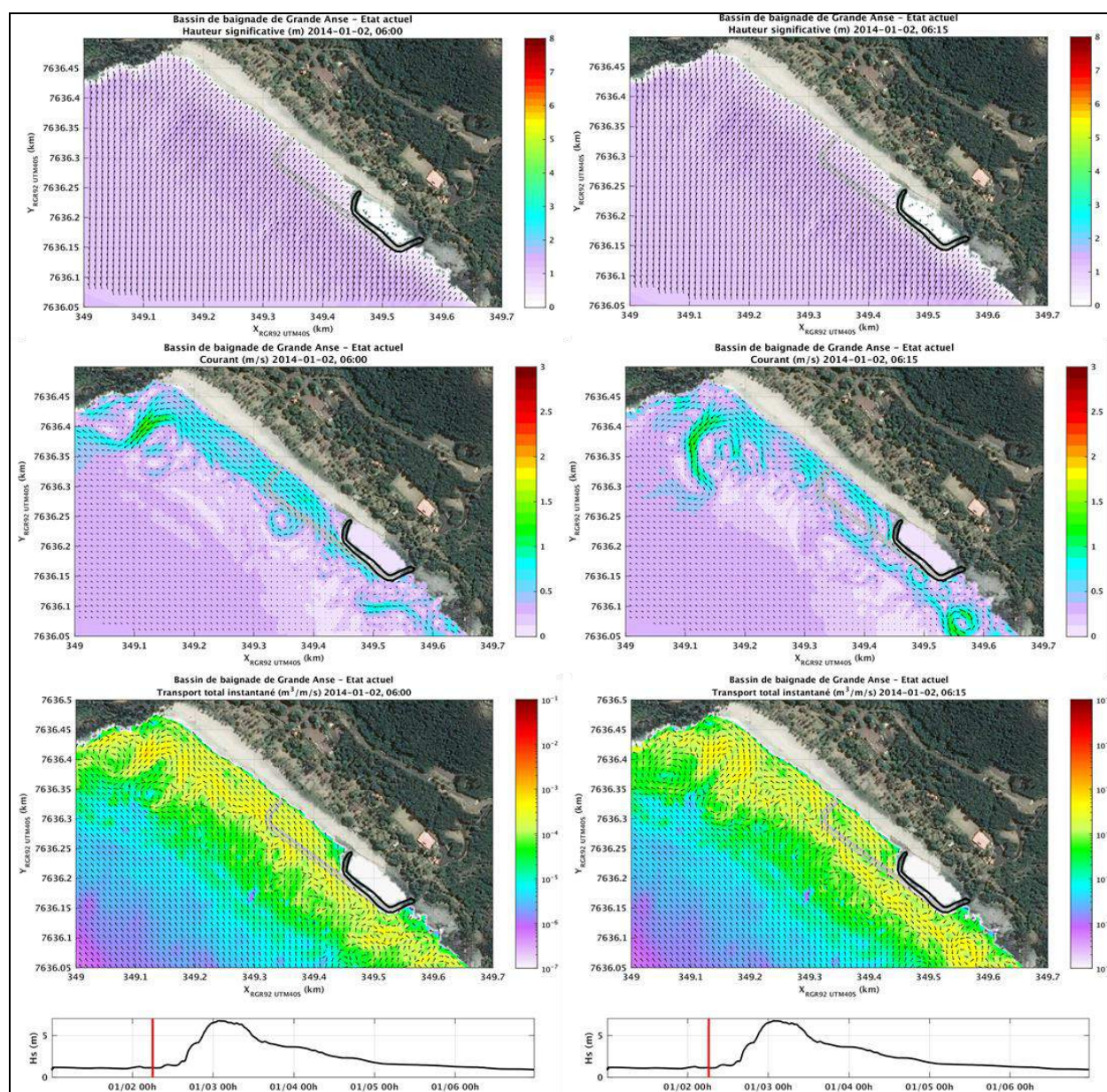


Figure 5-13 : Propagation des vagues (en haut), cartes de courant (au milieu) et capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues fréquentes faiblement à moyennement énergétiques induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse.

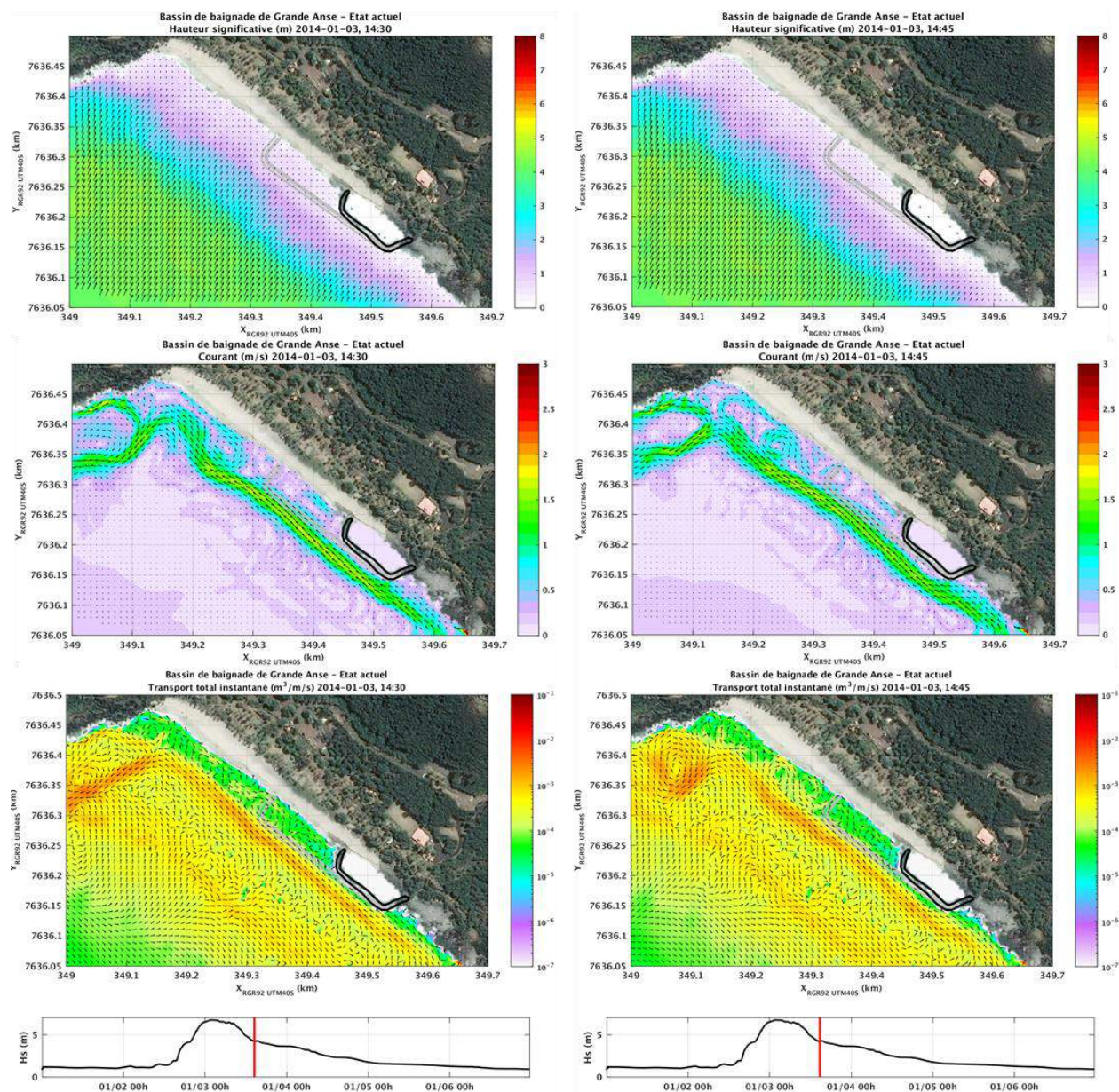


Figure 5-14 : Propagation des vagues (en haut), cartes de courant (au milieu) et capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues très énergétiques de type cycloniques (périodes relativement courtes) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse.

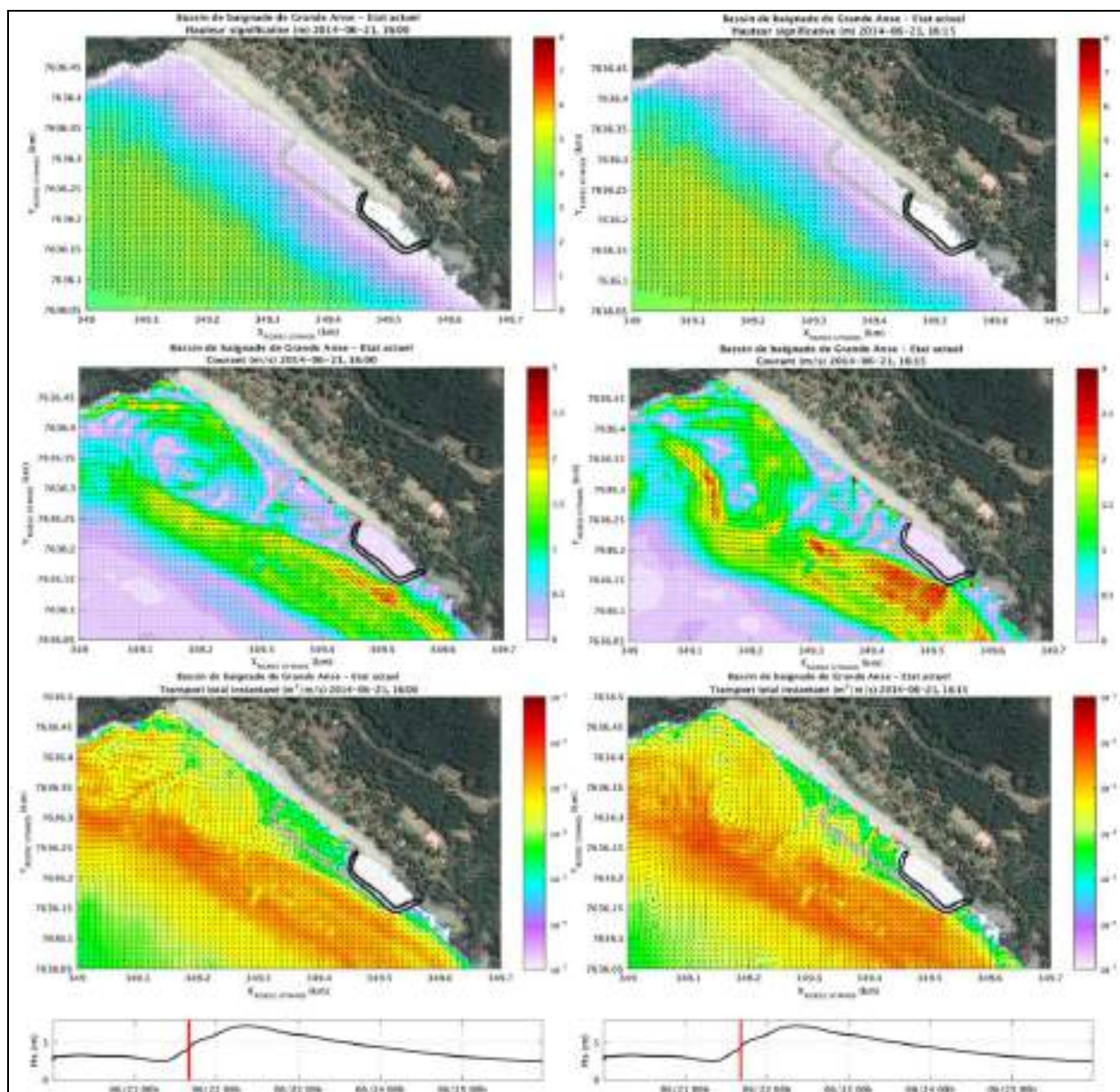


Figure 5-15 : Propagation des vagues (en haut), cartes de courant (au milieu) et capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues très énergétiques de houle australe (périodes longues) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse.

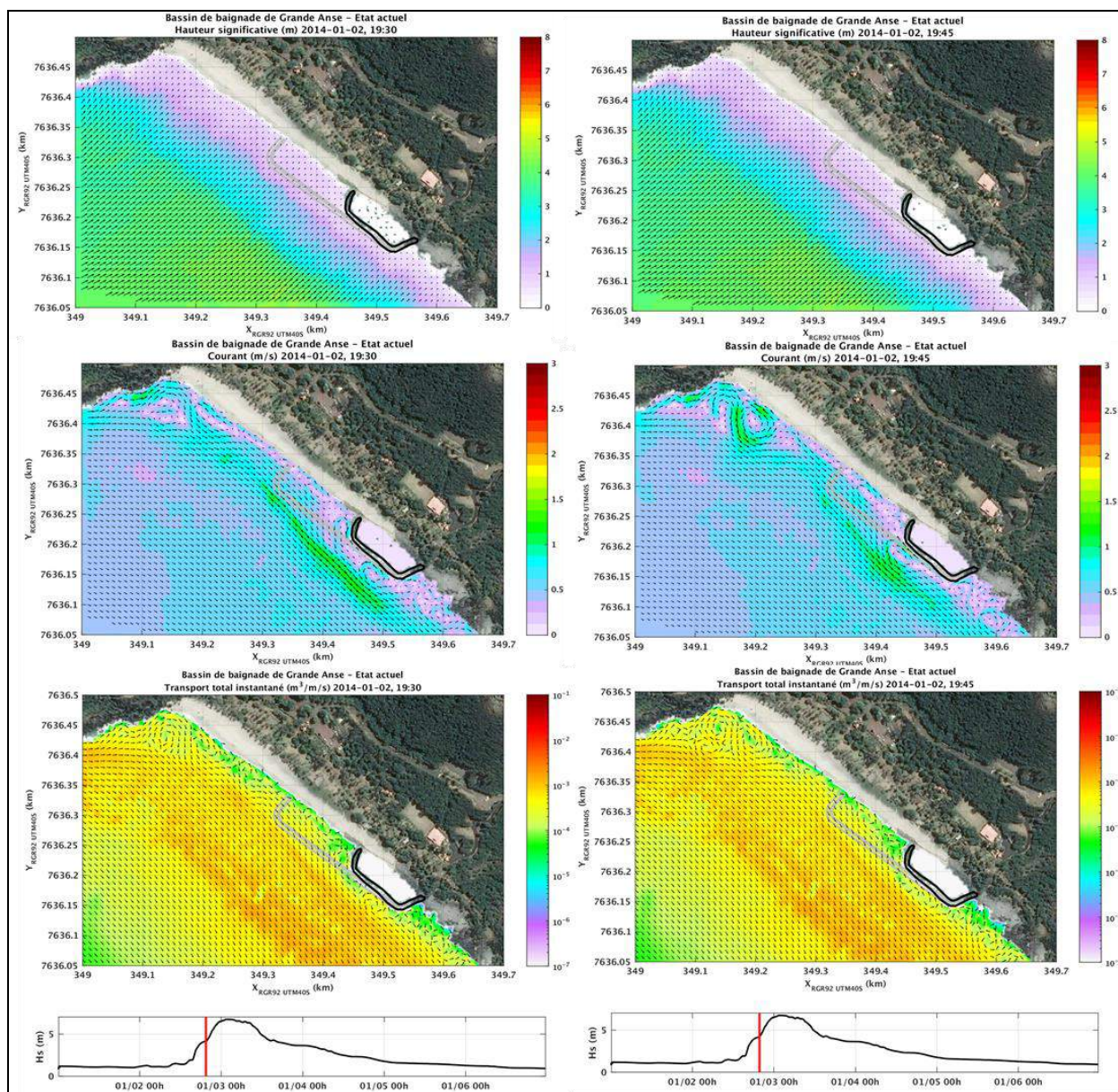


Figure 5-16 : Propagation des vagues (en haut), cartes de courant (au milieu) et capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues très énergétiques de type cycloniques (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Nord-Ouest vers le Sud-Est de l'anse.

5.2 PERSPECTIVES D'EVOLUTIONS DU SITE (SANS NOUVEL AMENAGEMENT)

Compte tenu :

- des observations réalisées à partir des images aériennes de la plage de Grande Anse depuis 1950, qui ne montrent pas ou peu de tendances évolutives morpho-sédimentaires de la plage à long-terme ;
- de variations topo-bathymétriques globalement positives en dix ans mais qui restent dans ce qu'on peut attendre de variations saisonnières des niveaux de plage, soient quelques dizaines de centimètres ;

on ne prévoit pas d'évolution majeure du stock de sable sur la plage en l'absence de nouvel aménagement.

On peut par ailleurs se poser la question des effets de la montée attendue du niveau moyen, en réponse au changement climatique. Si on se réfère aux variations du niveau de la mer mesurées par altimétrie satellite (LEGOS/CLS, 2018), la hausse du niveau marin moyen autour de La Réunion devrait par exemple atteindre 0.20 m en 30 ans. Si on considère une pente de plage de 20%, cette hausse du niveau moyen de la mer pourrait réduire, en moyenne, d'un mètre la largeur de plage. Cette réduction étant probable puisque le disponible sédimentaire est localement limité.

Les mouvements du sol pourraient également être sensible sur les 30 prochaines années. Si on se réfère aux évolutions entre 1959 et 1989, la tendance est une surrection (élévation de la surface du sol) de 50 mm, le niveau de la plage dans 30 ans pourrait être 50 mm plus haut qu'il n'est actuellement. La montée relative du niveau moyen ne serait alors ramenée à 0.15 m et la diminution de largeur de plage de 0.75 m.

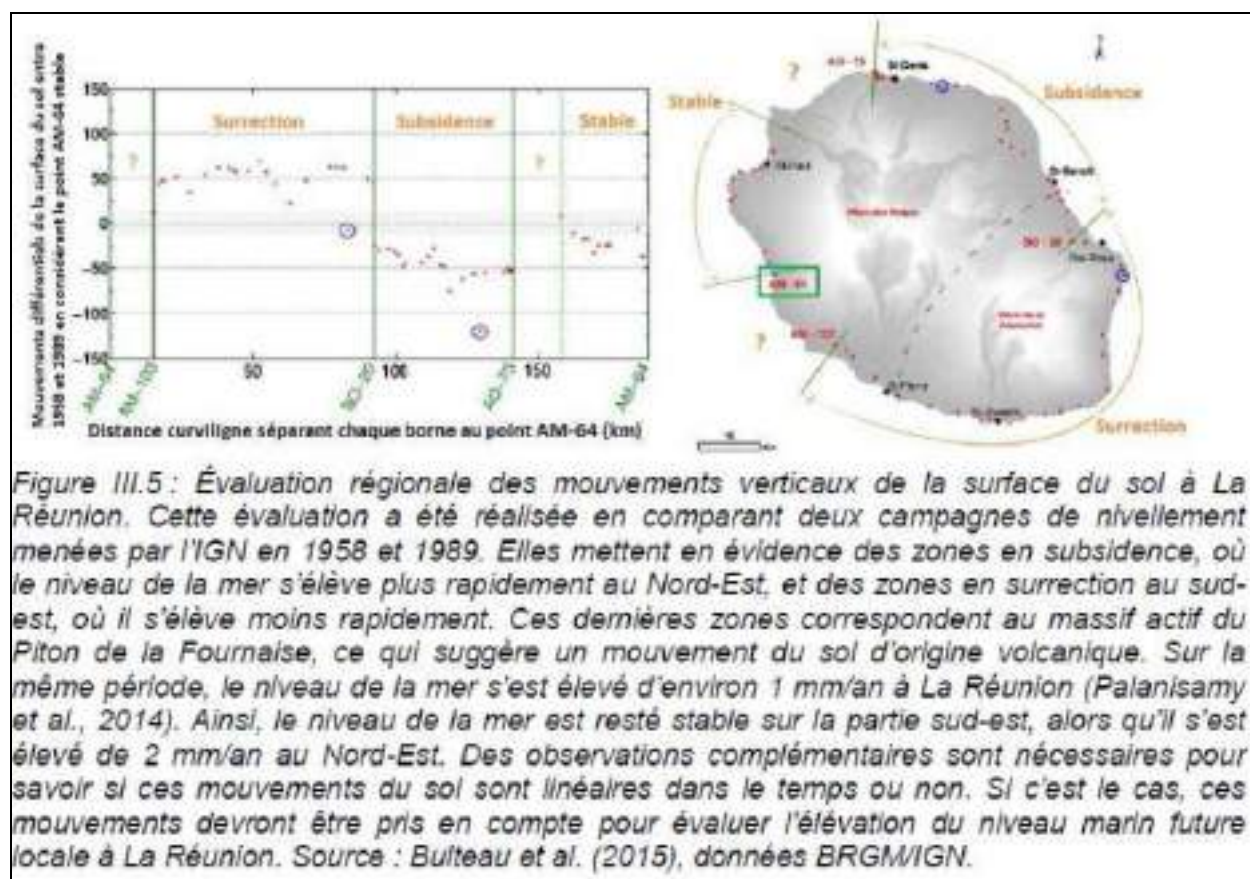


Figure 5-17 : Extrait d'un rapport de l'ONERC (Bulteau et al., 2015) sur les mouvements verticaux du sol à La réunion.

5.3 EVALUATION DES EFFETS DE L'AGRANDISSEMENT DU BASSIN DE BAINNADE SUR LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DU SITE

5.3.1 CAPACITES DE TRANSPORTS SOLIDES

Les résultats des simulations en état initial sont comparés avec les résultats de simulations qui tiennent compte de l'extension des enrochements sur la propagation des vagues, les courants induits et les transports solides. Les comparaisons ne peuvent se faire à des instants précis des simulations puisque les « instabilités » inhérentes aux cellules de recirculation ne sont rapidement plus en phase entre deux configurations (en l'occurrence état initial et état aménagé) même si elles sont relativement proches. L'objectif de l'analyse comparative est de d'identifier dans quelle mesure les schémas de circulation (des courants et des sédiments) se retrouvent entre les deux configurations et d'appréhender quels pourraient être les effets érosifs induits par l'aménagement.

Les seuls effets vraiment notables (c'est à dire qu'on retrouve en analysant plusieurs instants des sorties de modélisation) sur les flux sédimentaires sont du type de ceux induits par un ouvrage transverse au littoral : au Nord-Ouest immédiat du retour à la plage des enrochements, un gradient de transport croissant et donc une tendance à l'érosion est induit lorsque les flux solides sont orientés vers le Nord-Ouest (surtout visible sur la Figure 5-18, moins sur la Figure 5-21). A l'inverse, ce tronçon d'ouvrage aura tendance à générer localement un gradient décroissant (et une convergence) des flux solides et donc un atterrissement des sédiments (Figure 5-20).

Les paramètres statistiques de transport solide ont été cartographiés pour l'état initial et l'état aménagé (Q25 et Q75 en condition de houle australe : Figure 5-23 ; Q75 et Q90 en condition de houle australe : Figure 5-24 ; Q75 et Q90 en condition de vagues cycloniques : Figure 5-25). Les résultats des simulations montrent globalement une diminution d'énergie sensible au Nord-Ouest du prolongement du bassin.

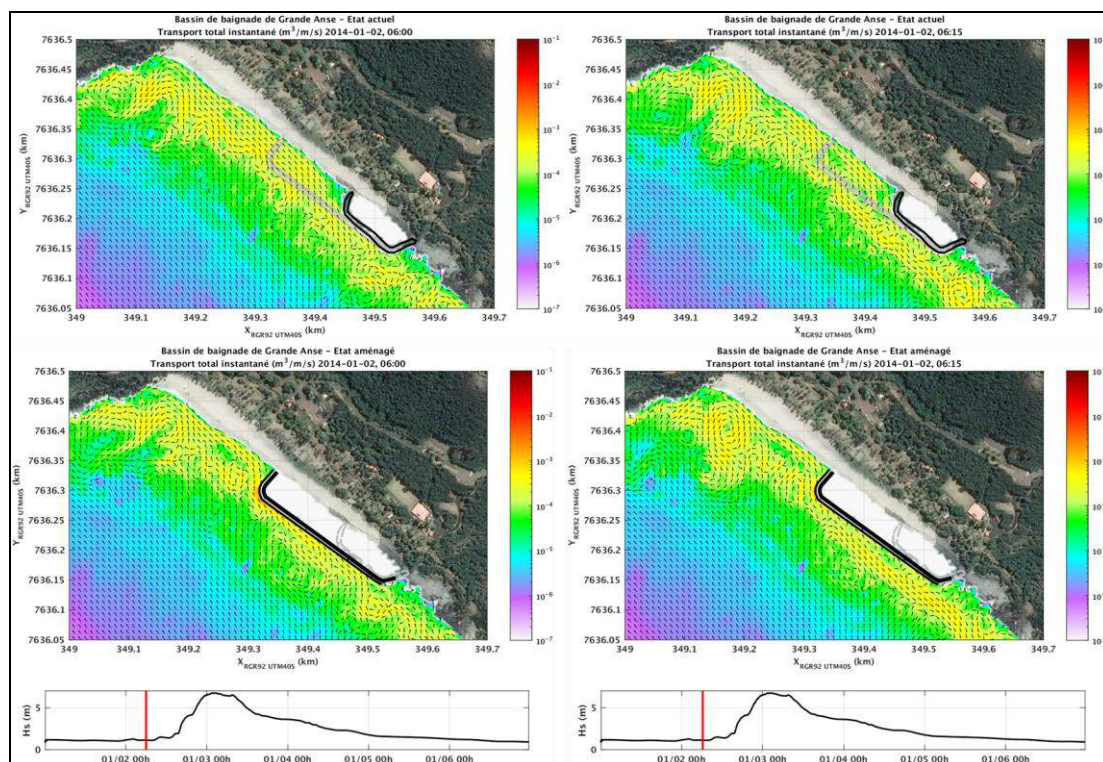


Figure 5-18 : Capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues fréquentes faiblement à moyennement énergétiques induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse – Haut : état initial, Bas : état aménagé.

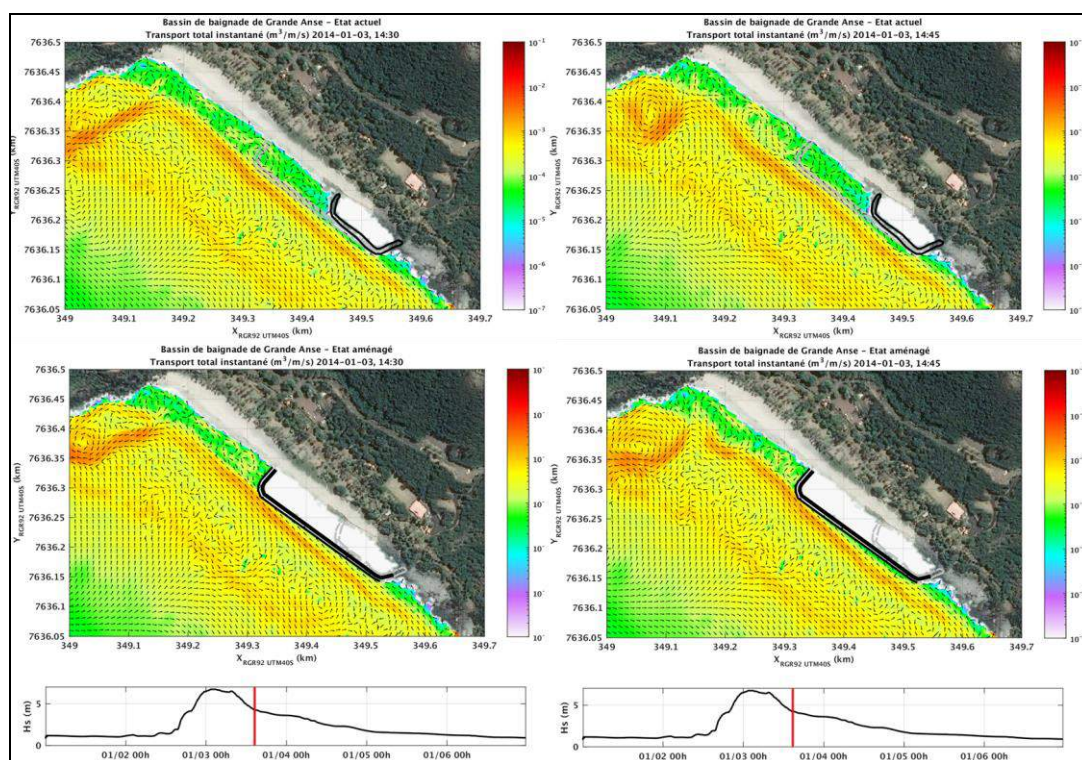


Figure 5-19 : Capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues énergétiques de type cyclonique (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse – Haut : état initial, Bas : état aménagé.

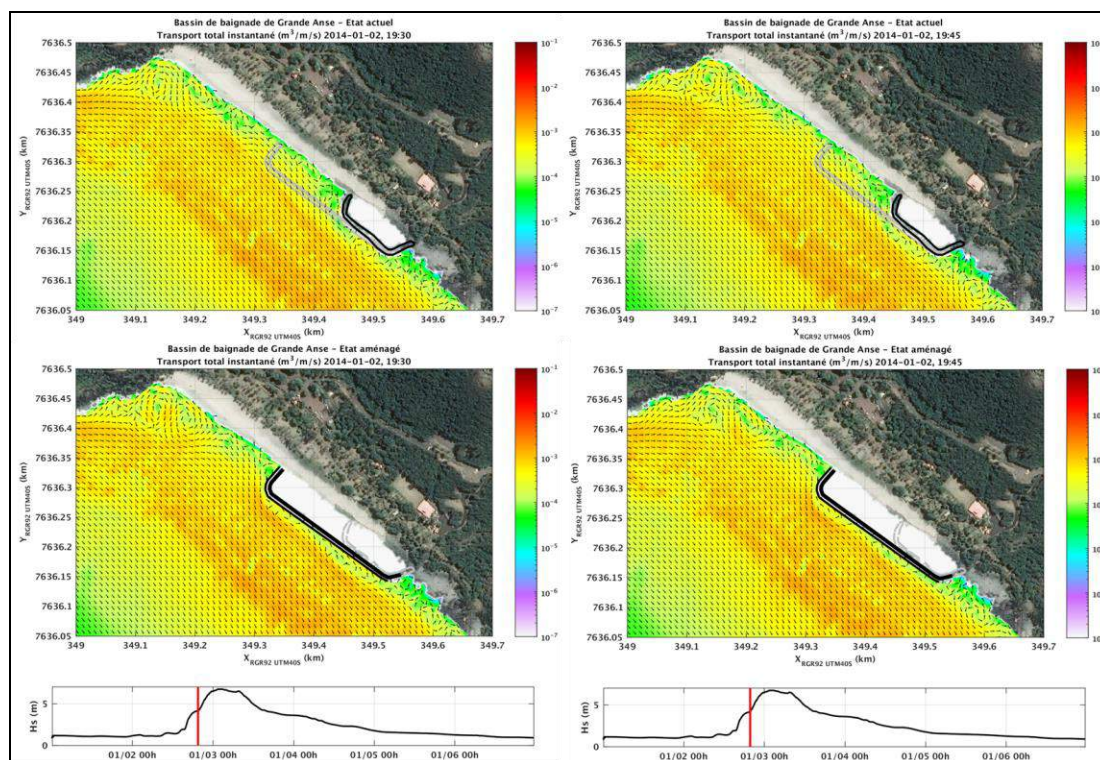


Figure 5-20 : Capacités de transport solide - Conditions de vagues très énergétiques de type cyclonique (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Nord-Ouest vers le Sud-Est de l'anse - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

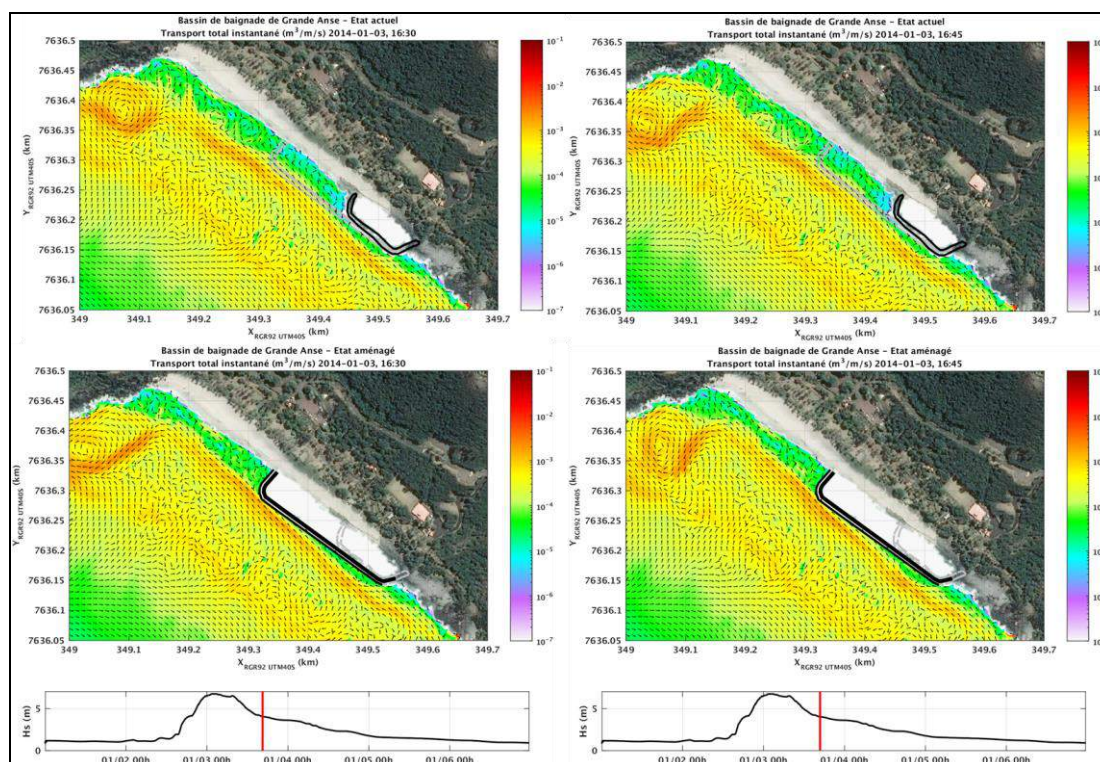


Figure 5-21 : Capacités de transport solide - Conditions de vagues très énergétiques de type cyclonique (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

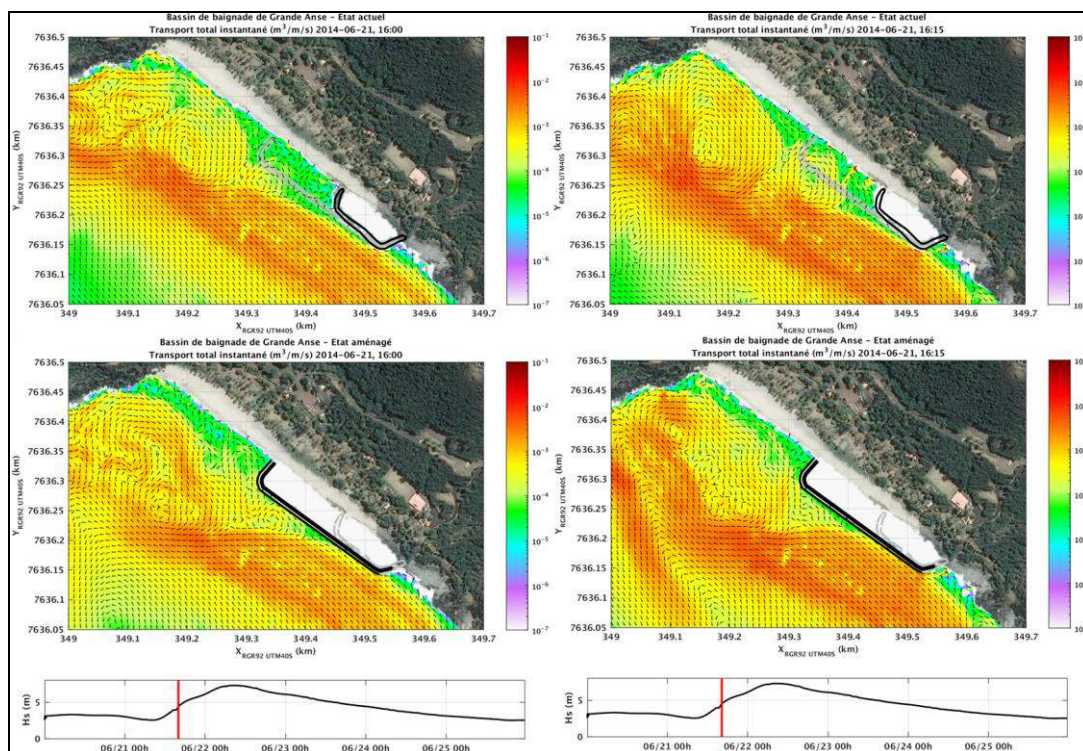


Figure 5-22 : Capacités de transport solide - Conditions de vagues très énergétiques de type houle australe (périodes plutôt longues) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

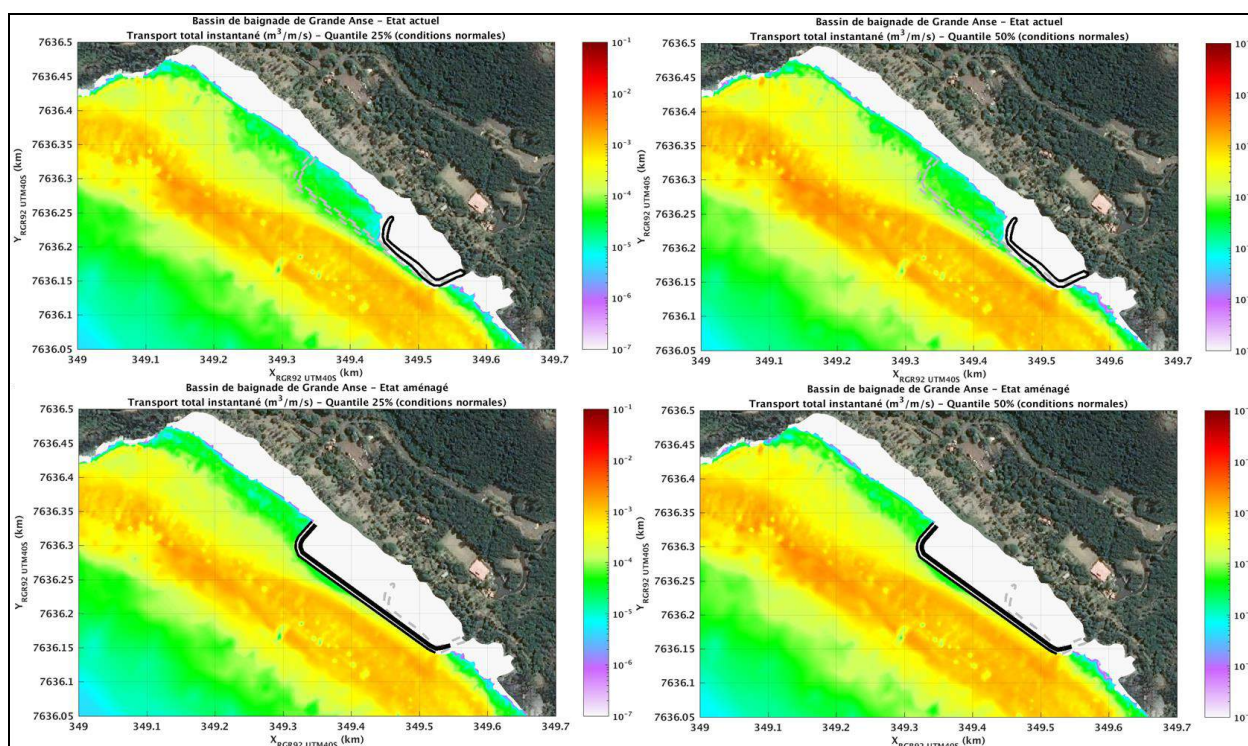


Figure 5-23 : Statistiques de capacité de transport solide – Conditions de vagues moyennement énergétiques (paramètres statistique Q25 et Q50) de type houle australe (périodes plutôt longues) - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

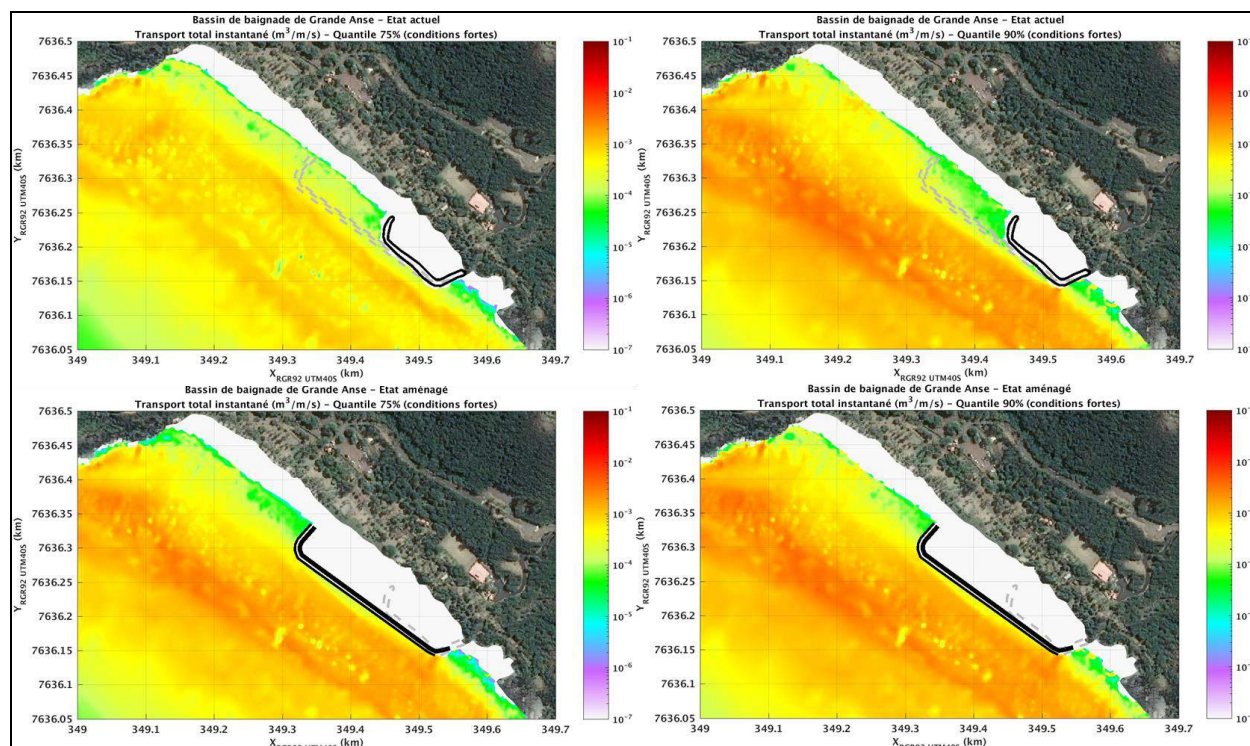


Figure 5-24 : Statistiques de capacité de transport solide – Conditions de vagues énergétiques à très énergétiques (paramètres statistique Q75 et Q90) de type houle australe (périodes plutôt longues) - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

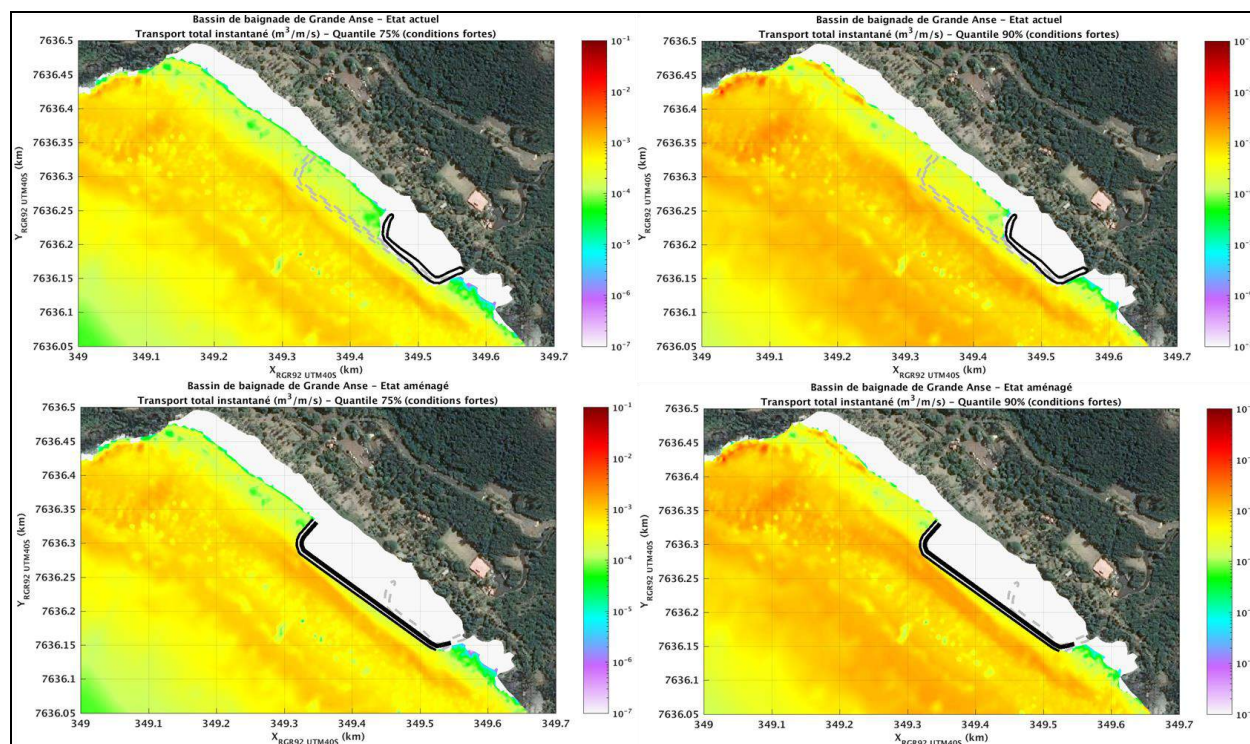


Figure 5-25 : Statistiques de capacité de transport solide – Conditions de vagues énergétiques à très énergétiques (paramètres statistique Q75 et Q90) de type cyclonique (périodes relativement courtes) - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

5.3.2 PLAGE EN CONTRE-HAUT DE L'EXTENSION

L'analyse des images aériennes avant et après 1989, semble montrer que la construction du bassin de baignade et d'un muret ait fixé le haut de plage derrière l'ouvrage. De la même manière, l'extension de ce bassin prévu sur ~125 m vers le Nord-Ouest de la plage va apporter une protection pour le tronçon de plage en arrière.

Une préconisation pour la mise en place du prolongement des enrochements est de prévoir les travaux lorsque la plage présente un niveau d'engraissement relativement important, de telle sorte qu'on viendra stabiliser des volumes sableux déjà présents.

5.3.3 PLAGE AU NORD-OUEST DE L'EXTENSION

Les évolutions passées au Nord-Ouest de l'ouvrage actuel ne permettent pas de se prononcer ni sur un effet de stabilisation ni sur un effet inverse du prolongement de l'ouvrage sur la portion de plage qui restera non aménagée.

La comparaison des résultats des simulations en état initial et en état aménagé n'indique pas d'écarts significatifs sur les schémas de transport solide de ce secteur de la plage. Les seuls effets attendus concernent le voisinage du retour de l'ouvrage qui agit comme un épi transverse. Les effets seront opposés en fonction du sens de la dérive littorale et les résultats ne permettent pas d'indiquer la tendance (érosive ou à l'accrétion qui sera favorisée). On note globalement une diminution sensible de l'intensité des capacités de transport solide (cf. cartographies statistiques : Figure 5-23, Figure 5-24 et Figure 5-25), ce qui va dans le d'une plage plus stable.

Un autre point de vue, de type retours d'expériences sur des configurations de plage comparables, est le suivant : il se peut que la distance entre le futur retour de l'ouvrage et la terminaison rocheuse de la plage au Nord-Ouest devienne suffisamment courte pour que le tronçon de plage se retrouve dans une configuration de type casier comme on peut en trouver entre deux épis. Les retours d'expérience montrent que ces configurations de casier apportent généralement de la stabilité aux stocks sableux qui s'y trouvent. Mais il faut bien noter que ces aménagements s'accompagnent souvent de chargements initiaux du casier, le principe étant bien de garder le sable qui s'y trouve et non de favoriser les apports (même si cela peut se produire dans les faits). Dans notre cas la préconisation, pour ce tronçon de plage aussi, de prolonger les enrochements (et donc de mettre en place le retour) lorsque les niveaux de sable de la plage sont relativement hauts.

6. BIBLIOGRAPHIE

Ref. 1 – Actimar-Suez, 2016. Nouvelle entrée ouest de St Denis, La Réunion. Etude hydro-sédimentaire. Projet POC-1244.

Ref. 2 – DHI, 2007. Nouvelle Liaison St Denis ouest, La Réunion. Etude des houles cycloniques – Réalisée pour le compte de Egis Eau.

Ref. 3 – Etude BRGM. Méthodologie pour l'évaluation et la cartographie des aléas côtiers à La Réunion. Phase 1. BRGM/RP-56365-FR. Mai 2008.

Ref. 4 – Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, 2017 : Ouvrage de marée Références Altimétriques Maritimes : Cotes du zéro hydrographique et niveaux, caractéristiques de la marée.

Ref. 5 – BRGM, 2009 : HOULREU – Quantification de la houle centennale de référence sur les façades littorales de La Réunion. BRGM/RP-57829-FR

Ref. 6 – SOGREAH, 1998 : Route du littoral – Etude préalable des risques océanographiques. Etape 1 : Analyse de l'existant. Rapport 11988/ADI/51 4525 R1.

Ref. 7 – Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2013 : Changements climatiques 2013, les éléments scientifiques

Ref. 8 – ONERC, 2015 : Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises. Le climat de la France au XXI^e siècle, Volume 5.

Ref. 9 – EGIS, 2012. Nouvelle Route du Littoral de la Réunion. Etude hydro-sédimentaire.

Ref. 10 – Météo France, 2011. Atlas climatique de La Réunion.

Ref. 11 – <https://www.geoportail.gouv.fr/>.

Ref. 12 – SOGREAH, 1994 : Port de Saint-Pierre – Etude hydraulique.