05
2023

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Dossier d'Autorisation Environnementale - Pièce E : Annexes



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'Ile - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Table des annexes

Annexe 1: Délibération du Conseil Municipal
Annexe 2 : Justificatifs de maitrise foncière
Annexe 3:Etude géotechnique G1 AVP
Annexe 4:Etude géotechnique G2 PRO
Annexe 5: Phase 1, Diagnostic écologique Faune et Flore Biotope
Annexe 6: Phase 2 – Impacts et mesures volet Faune et Flore Biotope
Annexe 7: Etude hydrodynamique et sédimentaire d'Actimar (2019)
Annexe 8:Etude hydrodynamique complémentaire Actimar/BW CGC (2022)
Annexe 9 : Avis SPIANC
Annexe 10 : Profil de baignade

ANNEXE 1: DELIBERATION DU CONSEIL MUNICIPAL

Envoyé en préfecture le 16/12/2019
Reçu en préfecture le 16/12/2019
Affiché le
ID : 974-219740057-20191212-2019_7_17-DE

DEPARTEMENT
DE LA REUNION

ARRONDISSEMENT
DE
SAINT-PIERRE

**CANTON
DE PETITE-ILE**

Commune de Petite - Ile

EXTRAIT DU PROCES-VERBAL DES DELIBERATIONS DU CONSEIL MUNICIPAL

du 12 Décembre 2019

Objet :

Projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse - ...

NOTA - Le Maire certifie que le compte rendu de cette délibération a été affiché à la porte de la Mairie

Le 16 DEC. 2019

que la convocation du Conseil avait été faite

Le 04 décembre 2019

et que le nombre des membres en exercice est de 33.

Le Maire,

Serge Hoareau

L'an deux mille dix-neuf, le douze décembre, à dix-huit heures et une minute, le Conseil Municipal de la Commune de PETITE-ILE étant assemblé en session ordinaire, au lieu habituel de ses séances, après convocation légale, sous la présidence de Monsieur Serge HOAREAU, Maire.

ETAIENT PRESENTS :
MM. HOAREAU Serge, FORT Olivier, SEVERIN Mimose, MALET Ludovic, GENNEPY Clarisse, ETHEVE Nicolas, LEBON Eric, MUSSARD Emmanuelle, LEBON Gino, ANTOU Anne Gaëlle, BARRET Ginot, LAVERGNE Christophe, LEBON Natacha - SEBODIER Pascal, ETHEVE Patricia, GRONDIN Jean-Noël, BENARD Jean-Jacques, PAYET Sandrine, HOARAU Jean Denis, PAYET Anne Constance, PRUGNIERES Pascal - BALMANN Antoine -

ETAIENT REPRESENTES :
MM. MERIEL Nadège, GIGAN Mickaël, PRUGNIERES Sophia - PAYET Julie -

ETAIENT ABSENTS :
MM. TAMTBON Jean Noël, MUSSARD Marie Claire, LAURET Guillaume, VITRY Chantale, LEBON Fabrice, HOARAU Brigitte, MEZINO Alice -

Il a été procédé, conformément à l'article L 2121.15 du Code Général des Collectivités Territoriales à l'élection d'un secrétaire pris dans le sein du Conseil : **Monsieur Ludovic Malet** a été désigné pour remplir ces fonctions.

Monsieur le Président a ouvert la séance et a rappelé l'ordre du jour :

Affaire n° 2019/7/17

Projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse – Déclaration de l'intérêt général du projet

Envoyé en préfecture le 16/12/2019
Reçu en préfecture le 16/12/2019
Affiché le
ID : 974-219740057-20191212-2019_7_17-DE

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-Île s'était positionnée avec le site touristique de Grande Anse, à très fort potentiel, réputé notamment pour son bassin de baignade, et considère ce projet d'aménagement et d'équipements touristiques structurant de qualité comme priorité d'intérêt régional.

Lors du Conseil municipal du 19/09/2017, le programme des études et des travaux pour l'extension du bassin de baignade avait été approuvé ainsi que la délégation de maitrise d'ouvrage à la SPL Maraïna dans le cadre d'une convention de mandat. L'enveloppe globale prévisionnelle de l'opération (études et travaux) s'élevait à 6.954.417,10 € HT (soit 7.545.542,55 € TTC).

Le programme approuvé consistait à :

- Etendre la superficie du bassin de baignade (à 7.200 m2), sécuriser l'activité et améliorer le confort de baignade,
- Construire un poste de surveillance de la baignade de 45 m2,
- Améliorer l'accessibilité au bassin,
- Améliorer le confort de la plage,
- Conserver et préserver le caractère exceptionnel du site.

A la suite des études préopérationnelles sur la période 2017-2018, la Commune de Petite-Île a délibéré pour engager une procédure de déclaration de projet emportant une mise en compatibilité de son PLU le 26 mars 2019 afin :

- de délimiter le périmètre de l'ERL (Espace Remarquable du Littoral) sur le site de Grande Anse,
- d'inclure le périmètre du bassin de baignade dans la zone N.

Or, le décret du 21 mai 2019 retranscrit dans la nouvelle rubrique n° 6 du R-121-5 du code de l'Urbanisme, une liste des aménagements autorisés dans les ERL.
Ainsi est autorisé en ERL, la possibilité d'aménager des équipements d'intérêt général nécessaires à la sécurisation des populations et à la préservation des espaces et des milieux dans laquelle le projet s'inscrit.

De plus, les concepteurs du projet, entourés de bureaux d'études spécialisés en paysage, environnement et écologie se sont attachés à proposer des ouvrages ne dénaturant pas le caractère exceptionnel du site.
De même, l'ensemble des études environnementales nécessaires à la préservation des milieux ont été réalisées et une étude d'impact s'inscrivant dans la logique d'Evitement, de Réduction et de Compensation (ERC) sera faite et transmise au service de l'Etat pour instruction. De fait, l'ensemble des préconisations pour la préservation des milieux sera mis en œuvre.

Enfin, considérant que le bassin de baignade de Grande Anse est un équipement permettant de participer à la sécurisation de la population contre le risque « requin » et que cet équipement participe à la préservation des espaces et des milieux dans lequel il s'inscrit, il est proposé de déclarer que ce projet constitue un équipement d'intérêt général.

Envoyé en préfecture le 16/12/2019
Reçu en préfecture le 16/12/2019
Affiché le
ID : 974-219740057-20191212-2019_7_17-DE

Le Conseil Municipal, après délibération, à l'unanimité, décide :

- De déclarer que le projet d'extension et de réhabilitation du bassin de Grande-Anse constitue un équipement d'intérêt général, nécessaire à la sécurisation des personnes en raison du risque « requin » ;
- D'annuler la procédure de mise en compatibilité du PLU ;
- D'autoriser le Maire à signer tout document se rapportant à cette affaire.

POUR EXTRAIT CERTIFIE CONFORME,
Le Maire,

Serge Hoareau

Le présent document est certifié exécutoire,
compte-tenu de la réception en Sous-Préfecture, le .....
et de sa publication en Mairie, le .....

ANNEXE 2 : JUSTIFICATIFS DE MAITRISE FONCIERE

Réunion. | Vol. 188 / Vol. 187 | 15 JAN. 1974 Vol. 1895 N° 81 | N° 3265

PUBLICATION (1) | - 1 - TAXE | SALAIRES 19514

1er Rôle VP

PAR DEVANT Maître Michel HOARAU, Notaire à Saint-Pierre, DEPARTEMENT DE LA REUNION, soussigné.

12 décembre 1973

Vente

21.725.912

ONT COMPARU

1° - Monsieur FONTAINE Jean Golbert, Retraité et Madame MARION Marie Annette, Institutrice en Retraite, son épouse autorisée, demeurant ensemble à Saint-Joseph, Ville.

Nés à Saint-Joseph, savoir : le mari, le douze juillet mil huit cent quatre vingt seize et la femme, le douze octobre mil huit cent quatre vingt quatorze.

Mariés sans contrat à Saint-Joseph, le vingt et un novembre mil neuf cent seize.

Monsieur FONTAINE agissant tant en son nom personnel qu'au nom et comme mandataire général de :

Monsieur FONTAINE Frédéric, Docteur en Médecine, demeurant à Ginisan (Marseille).

Né à Saint-Joseph, le cinq novembre mil neuf cent vingt sept.

Epoux de la dame HOUZET Jacqueline Alberte Maria, née à Templeuve (Nord), le douze novembre mil neuf cent trente cinq, avec laquelle il est marié sans contrat à Lille 2ème Division 1er Bureau, le vingt décembre mil neuf cent soixante deux.

Aux termes d'une procuration que ce dernier lui a donnée suivant acte reçu par Maître Pierre Raymond HOARAU, Notaire à Saint-Pierre, le dix huit octobre mil neuf cent cinquante, enregistré au dit lieu, le vingt six du même mois F° 52 N° 332 pour deux cent quatre vingt sept francs par l'Inspecteur

De laquelle procuration un extrait est demeuré ci-annexé après mention.

N° 3265 — 1 077207 3 □ P — Octobre 1971

Nu Pté F - 2 -

2° - Monsieur FONTAINE Joseph Hector, Secrétaire de Mairie, demeurant à Saint-Joseph, Ville.

Né à Saint-Joseph, le premier octobre mil neuf cent vingt, époux de la dame FONTAINE Lise Scholastie, avec laquelle il est marié sans contrat au Tampon, le vingt deux avril mil neuf cent quarante huit.

Lesquels comparants, Monsieur FONTAINE Jean Golbert, es-nom et qualité, ont par ces présentes, vendu avec toutes les garanties ordinaires de fait et de droit.

A LA COMMUNE DE LA PETITE-ILE, spécialement autorisée aux fins des présentes par une délibération de son conseil municipal en date du trois juin mil neuf cent soixante treize, vu à Saint-Pierre, le huit juin suivant par Monsieur Le Sous-Préfet G. FRANC et dont une copie certifiée conforme est demeurée ci-annexée aprés mention.

Ce accépté par Monsieur Guy HOARAU, Maire de la dite Commune, ici présent.

Les portions de terrain dont la désignation suit :

DESIGNATION

1) Une portion de terrain située à la Petite-Ile, entre la Ravine de l'Anse et le Piton de la Grande Anse, cadastrée sous les numéros 75 à 86 de la Section A X d'une superficie de vingt neuf hectares huit ares quarante centiares, bornée :

NORD : Divers propriétaires et Route de la Grande Anse
SUD : EST : Océan Indien
OUEST : Héritiers DERFLA

2) Et une portion de terrain située au même lieu, cadastrée sous les numéros 89 et 90 de la Section AX d'une superficie de trente cinq ares cinquante centiares, bornée :

NORD : Divers propriétaires
SUD : Océan Indien
EST : Héritiers DERFLA
OUEST : Héritiers DERFLA

Ainsi au surplus que les dites portions de terrain se poursuivent et comportent, avec toutes ses aisances et dépendances, sans aucune exception ni réserve et telles qu'elles se trouvent représentés en un plan qui est demeuré ci-annexé aprés mention.

ACCES ET CIRCULATION

La circulation sera provisoirement interdite à tout véhicule qui n'aura pas été autorisé à cet effet par le Conducteur des Travaux, sous aucun prétexte ni réserve.

DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE

Par Arrêté Préfectoral N° 2339 /DAG/2 en date à Saint Brieuc, le vingt quatre octobre mil neuf cent soixante neuf, l'expropriation pour la Commune de La Roche-Maurice des parcelles de terrain ci-dessus désignées est déclarée d'utilité publique en vue de la création d'un ensemble sportif et touristique.

Une copie dudit arrêté délivré par le Chef du Secrétariat de Préfecture Général est à consulter en Mairie aux heures d'ouverture au public.

OBJETS DE L'EXPROPRIATION

Les parcelles de terrain ci-dessus désignées et présentement vendues appartiennent en propriété indivise à Monsieur Charles Joseph Marie Le Bozec et Madame Yvonne Marie Jeanne Le Bozec, son épouse, demeurant ensemble à Landerneau, 10 rue Jean Jaurès, ainsi qu'il résulte d'un acte de partage reçu par Maître Jean Claude Le Bozec, Notaire à Landerneau, le dix sept août mil neuf cent soixante quatre, enregistré à Brest, le vingt six du même mois, Vol.299 numéro 54 et publié au Bureau des Hypothèques de Brest le [illegible] sous le numéro [illegible] aux termes duquel [illegible] lesdites parcelles [illegible] 10.

Les dites parcelles ont été données à bail [illegible] pour une durée de [illegible] ans.

Toutefois, [illegible] plus grande partie [illegible] commune [illegible] Maître Jean Claude Le Bozec, [illegible] Monsieur Charles Joseph Marie Le Bozec, [illegible] Madame Yvonne Marie Jeanne Le Bozec, [illegible] Saint-Brieuc pour la partie [illegible] payé comptant [illegible] vingt quatre mille [illegible] Saint-Brieuc, le [illegible] Vol. 169 bis N° 07 N° 603 aux [illegible] par Maîtres [illegible] Notaires à Brest, [illegible] [illegible]

30 Déc 4

ELECTION DE DOMICILE

Pour l'exécution des présentes, les parties font élection de domicile, savoir :

Les vendeurs en leurs demeures sus dites.

Et Monsieur NATIVEL Armand ---es-qualité pour la Commune qu'il représente, en la Mairie de la Petite-Ile.

LECTURE DES LOIS - AFFIRMATIONS

Avant de clore et conformément à la loi, le Notaire soussigné a donné lecture aux parties qui le reconnaissent des articles 678, 821, 1 788, 1 793 et 1 885 du Code Général des Impôts et de l'article 366 du Code Pénal.

Et les dites parties interpellées séparément ont affirmé sous les peines édictées par l'article 8 de la loi du 18 avril 1918 (article 1 788 précité) que le présent acte exprime l'intégralité du prix convenu.

De son côté; le Notaire soussigné affirme qu'à sa connaissance, le présent acte n'est modifié ou contredit par aucune contre lettre contenant augmentation du prix.

DONT ACTE, en minute

Fait et passé à Saint-Pierre, en l'Etude
L'an mil neuf cent soixante treize
Le [illegible] décembre
Et lecture faite, les parties ont signé avec le Notaire, à la minute des présentes.

A N N E X E S

- 1 -

DEPARTEMENT DE LA REUNION

ARRONDISSEMENT DE SAINT-PIERRE

CANTON DE SAINT-PIERRE

COMMUNE DE PETITE-ILE

EXTRAIT DU PROCES-VERBAL des DELIBERATIONS DU CONSEIL MUNICIPAL du 3 Juin 1973

L'an mil neuf cent soixante treize, le dimanche trois juin à 9h, le Conseil Municpal de la commune de Petite-Ile étant assemblé en session ordinaire, au lieu habituel de ses séances, aprés convocation légale sous la présidence de M.NATIVEL Armand-Maire.

Etaient présents : MM.NATIVEL Armand - Maire, LAFOSSE Jules-PAYET Joseph-SERY Roland-FONTAINE Lucius MOREL Agapith, François-MOREL Emile- HUSTIrénée-HOARAU Léonel-PAYET Maurice-HOARAU Henri Marc- BARRET Lucin-LEBON Estellien-BARRET Eribert-PAYET Valentin-POTHIN Rico-RINGWALD Réginald-HOARAU Roger Justin-SEVERIN Raphaël- LOUISO Bruno.

Absents excusés - MM.SORRES Narcisse-ETHEVE Gilles.

Il a été procédé,conformément à l'article 29 du Code d'Administration Communale, à l'élection d'un secrétaire pris dans le sein du Conseil; Monsieur LAFOSSE Jules ayant obtenu la majorité des suffrages a été désigné pour remplir ces fonctions, qu'il a acceptées.

M.le Président a ouvert la séance et a passé à l'ordre du jour ;

AFFAIRE N° 5

DELIBERATION POUR AUTORISER LE MAIRE A FAIRE L'ACQUISITION DU TERRAIN DE LA GRANDE ANSE.

Le Maire- Mes Chers Collègues-Je vous rappelle nos séances des 21 Juillet 1968 et 9 Décembre 1971. Lors de cette dernière séance, je vous avais demandé l'autorisation d'acquérir la portion de terrain des héritiers DERFLA (propriétaires d'une partie du Domaine de Grane Anse). Les autres propriétaires FONTAINE Hector et FONTAINE Frédéric n'ayant pas donné leur accord à cette époque.

Ils sont aujourd'hui d'accord pour céder à la Commune leurs parcelles de terrain faisant partie du dit Domaine à savoir : M.FONTAINE Hector les parcelles cadastrées n°s 76-77-78-79-80-81-82-83-89 et 90 de la section AX et Monsieur FONTAINE Frédéric les parcelles cadastrées n°s 84,85 et 86 de la section AX et ce pour le montant global de 25 000 000 de france CFA.

Cependant les sieurs FONTAINE sont d'accord pour les prix fixés par les Domaines moyennant la majoration de 25% (prévue en cas d'expropriation).

Le financement sera assuré
1°) Partie par la subvention du Département pour l'année 1970 soit :2 993 200 cfa
2°) Partie par les fonds communaux soit : 5 565 581 cfa
3°) Partie par un emprunt avec la C.C.A.M.R. soit 15 000 000 cfa.

En ce qui concerne le projet d'aménagement de la Plage de Grande Anse, il est établi depuis quelques années,des modifications seront certainement apportées dans l'avenir.

Aussi,mes chers collègues,

Attendu que la Commune a de faibles moyens,

Attendu également qu'elle aura aussi de nombreuses annuités à rembourser,

Vu l'importance de nos projets envisagés,

Etant donné aussi nos futurs besoins, je crois utile mes Chers collègues que nous devons prévoir sur le Domaine de Grande Anse, une superficie de 12 Hectares environ pour la base de Loisirs et de Plein Air, le reste soit 20 hectares environ et ce pour tous les raison citées ci-dessus, permettrait, à la Commune, aprés la viabilité de faire un détachement de parcelles pour lui donner les moyens de se dégager de ses dettes occasionnés pour la réalisation des projets.

Le Conseil Municipal, à l'unanimité des ses membres présents,

Ouï, l'exposé du Maire,

Considérant que l'acquisition du Domaine de Grand Anse constituera pour la commune une réserve foncière.

Etant donné que le projet envisagé sera de grande utilité publique,

Décide l'acquisition des terrains de MM. FONTAINE Hector et FONTAINE Frédéric (Domaine de Grand'Anse) et donne au Maire l'autorisation de faire les démarches utiles en vue de l'acquisition et donne aussi son accord en ce qui concerne la superficie réservée pour la base de Loisirs et Plein Air et la superficie prévue pour le détachement de parcelles/

Aucune autre question n'étant à l'ordre du jour, la séance est levée dix heures trente minutes.

Fait et clos à Petite-Ile, les jour, mois et an que-dessus.

Ont signé : Tous les Membres présents.

Pour extrait certifié conforme. Le MAIRE

Signé : A.NATIVEL

VU Saint-Pierre, le 8 Juin 1973
Le Sous-Préfet
G.FRANC

- II -

Direction des Affaires Générales

2ème Bureau

A R R E T E n° 2319/DAG/2 déclarant d'utilité publique l'acquisition par la commune de la Petite-Ile de plusieurs parcelles de terrain sises au lieu dit "Grand'Anse" appartenant à MM. FONTAINE Hector et FONTAINE Frédéric en vue de la création d'un ensemble sportif et touristique.

LE PREFET DE LA REUNION
CHEVALIER DE LA LEGION D'HONNEUR

VU la loi du 28 Pluviose, An VIII ;

VU la loi du 19 mars 1946 érigeant en départements la Guadeloupe, la Martinique, la Guyane française et la Réunion ;

VU l'article 1003 du Code Général des Impôts ;

VU la délibération en date du 3 juin 1973 par laquelle le conseil municipal de la petite-Ile a décidé l'acquisition de plusieurs parcelles de terrain d'une superficie totale de 294 390 m2 sises au lieu dit "Grand'Anse" appartenant à MM. FONTAINE Hector et FONTAINE Frédéric en vue de la création d'un ensemble sportif et touristique ;

VU l'avis favorable émis par la Commission Départementale des Opérations Immobilières de l'Architecture et des Espaces Protégés dans sa séance du 13 Juin 1973 ;

VU la lettre n° 505/S en date du 4 Juillet 1973 du Maire dela Petite-Ile tendant à ce que cette acquisition soit déclarée d'utilité publique ;

SUR la proposition de M. Le Secrétaire Général de la Préfecture.

A R R E T E :

ARTICLE 1er - Est déclarée d'utilité publique l'acquisition par la Commune de la Petite-Ile de plusieurs parcelles de terrain sises au lieu dit " Grand'Anse", d'une superfice totale de 294 390 m2 appartenant à MM. FONTAINE Hector et FONTAINE Frédéric en vue de la création d'un ensemble sportif et touristique.

ARTICLE 2 - Conformément aux dispositions de l'article 1003 du Code Général des Impôts cette acquisition ne donnera lieu à aucune perception de droits au profit du Trésor.

ARTICLE 3 - MM. Le Secrétaire Général de la Préfecture le Sous-Préfet de Saint-Pierre, le Directeur des Services Fiscaux, ainsi que le maire de la Petite-Ile sont chargés chacun en ce qui le concerne de l'exécution du présent arrêté qui sera enregistré et communiqué partout où besoin sera.

Saint-Denis, le 24 Juillet 1973

LE PREFET,
Pour le Préfet et par délégation
Le Secrétaire Général pour les
Affaires Economiques

Jean-Marie HALLEVRE

Pour ampliation
Le Chef du Secrétariat du
Secrétaire Général et du
Bureau du Personnel

Georgea FARSA

[illegible] soit deux millions de francs pour l'usufruit./.

[illegible] cent vingt [illegible]

Saint-Pierre, le 14 Décembre 1973

Vu accepté suivant décision n° 14.73 du 18 Décembre 1973 de Monsieur le Directeur des Services Fiscaux à Saint-Denis.

Le Conservateur

ANNEE DE MAJ	2020	DEP DIR	97 4	COM	405 PETITE ILE	TRES	417	RELEVE DE PROPRIETE		NUMERO COMMUNAL	+05652

Propriétaire FBBW86 COM COMMUNE DE LA PETITE ILE
LA MAIRIE 102 RUE MARE DE LABOURDONNAIS 97429 PETITE ILE

PROPRIETES BATIES

DESIGNATION DES PROPRIETES							IDENTIFICATION DU LOCAL					EVALUATION DU LOCAL														
AN	SEC	N° PLAN	C PART	N° VOIRIE	ADRESSE	CODE RIVOLI	BAT	ENT	NIV	N° PORTE	N°INVAR	S TAR	M EVAL	AF	NAT LOC	CAT	RC COM IMPOSABLE	COLL	NAT EXO	AN RET	AN DEB	FRACTION RC EXO	% EXO	TX OM	COEF	RC TEOM

PROPRIETES NON BATIES

DESIGNATION DES PROPRIETES						EVALUATION															LIVRE FONCIER
AN	SECTION	N° PLAN	N° VOIRIE	ADRESSE	CODE RIVOLI	N° PARC PRIM	FP/DP	S TAR	SUF	GR/SS GR	CL	NAT CULT	CONTENANCE HA A CA	REVENU CADASTRAL	COLL	NAT EXO	AN RET	FRACTION RC EXO	% EXO	TC	Feuillet
71	AX	85		GRANDE ANSE	B008		1	405A		AG	01		76 00	279,15							

RELEVE DE PROPRIETE

ANNEE DE MAJ	2020	DEP DIR	97 4	COM	405 PETITE ILE	TRES	417	RELEVE DE PROPRIETE		NUMERO COMMUNAL	405652

Propriétaire
LA MAIRIE 102 RUE MAHE DE LABOURDONNAIS PRBW86 COM COMMUNE DE LA PETITE ILE 97429 PETITE ILE

PROPRIETES BATIES

DESIGNATION DES PROPRIETES							IDENTIFICATION DU LOCAL						EVALUATION DU LOCAL													
AN	SEC	N° PLAN	C PART	N° VOIRIE	ADRESSE	CODE RIVOLI	BAT	ENT	NIV	N° PORTE	N°INVAR	S TAR	M EVAL	AF	NAT LOC	CAT	RC COM IMPOSABLE	COLL	NAT EXO	AN RET	AN DEB	FRACTION RC EXO	% EXO	TX OM	COEF	RC TEOM
71	AX	82		59	RTE DE GRANDE ANSE	0260	A	01	00	00001	0104958 Y		C	C	CB	SPEC	4234							P		4500

PROPRIETES NON BATIES

DESIGNATION DES PROPRIETES						EVALUATION														LIVRE FONCIER
AN	SECTION	N° PLAN	N° VOIRIE	ADRESSE	CODE RIVOLI	N° PARC PRIM	FP/DP	S TAR	SUF	GR/SS GR	CL	NAT CULT	CONTENANCE HA A CA	REVENU CADASTRAL	COLL	NAT EXO	AN RET	FRACTION RC EXO	% EXO	TC	Feuillet
71	AX	82	59	RTE DE GRANDE ANSE	0260		1						3 27 50								
								405A	J	T	04		1 77 50	269,78							
								405A	K	AG	04		1 20 00	440,76							
								405A	L	S			30 00	0							

ANNEXE 3:ETUDE GEOTECHNIQUE G1 AVP

GÉOLITHE REUNION

COMMUNE DE PETITE-ILE (97429)

PROJET D'EXTENSION DU BASSIN DE GRANDE ANSE

ETUDES GEOTECHNIQUES DE TYPE G1 ES/PGC ET G2 AVP

A LA DEMANDE ET POUR LE COMPTE DE LA SPL MARAINA

Maraina
Au service des territoires

Document	19-249-I-1-0_G1_G2AVP_SLP_MARAINA_BASSIN_GRANDE_ANSE	
Indice	Modifications	Date
0	Version provisoire	30/08/2019
A	Version modifiée suite à la réception des résultats des essais de lançage et des analyses en laboratoire – Version provisoire	11/09/2019

Nombre de pages : 44 + 3 annexes

INGÉNIEURS-CONSEILS EN GÉOLOGIE, GÉOPHYSIQUE ET GÉOTECHNIQUE

Technopole - Imm Darwin
4, rue Emile Hugot
97490 SAINTE CLOTILDE

Tél. +33 (0)2 62 20 39 90
contact@geolithe.com
www.geolithe.com

Siège GEOLITHE
181 rue des Bécasses
38920 CROLLES - FRANCE

SGS SGS SGS cofrac OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE CERTIFICAT N° 13 08 2595

GEOLITHE - SAS au capital de 72 000 € - N° SIRET : 38780859500160 - CODE APE : 7112B - RCS SAINT DENIS : 387808595 - N° DE TVA : FR37387808595

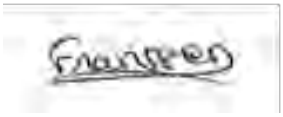
LIEU :	Grande Anse
COMMUNE :	PETITE-ILE (97429)
OBJET :	Projet d'extension du bassin de Grande Anse
TYPE DE MISSION :	Etude géotechnique de type G1 ES/PGC et G2 AVP
CLIENT :	SPL MARAINA
DOSSIER SUIVI PAR :	Mme. BERNICHON Anne-Lise

CHARGE D'AFFAIRE :	JC. MARINI
CHEF DE PROJET :	JC. MARINI
INTERVENANTS :	C. FRANSSEN J. CARO
NOMBRE DE PAGES :	44 + Annexes

Référence document :	19-249-I-1-0_G1_G2AVP_SLP_MARAINA_BASSIN_GRANDE_ANSE

Rédacteur : C. FRANSSEN

Visa :



Contrôle : JC. MARINI

Visa :



SOMMAIRE

SOMMAIRE *3*
ANNEXES *4*
1 - PRESENTATION *5*
1.1 - Introduction 5
1.2 - Localisation générale 5
1.3 - Définition du projet 6
1.4 - **Objectifs de l'étude** 10
1.5 - **Limites de l'étude** 12
1.6 - Documents utilisés 12
2 - CONTEXTE GENERAL DU SITE *14*
2.1 - Contexte géologique 14
2.2 - Contexte climatique 16
2.3 - Contexte hydrologique et hydrogéologique 16
2.4 - Mesures marégraphiques 17
2.5 - Contexte réglementaire 18
3 - SYNTHESE DES RECONNAISSANCES *21*
3.1 - **Programme d'investigations géotechniques** 21
3.2 - Observations naturalistes 23
3.3 - Synthèse des résultats des investigations 24
4 - MODELES GEOTECHNIQUES PRELIMINAIRES *31*
4.1 - Secteur 1 - Aménagement du poste de surveillance 32
4.2 - Secteur 2 **–** Busage enterré 33
4.3 - Secteur 3 **–** Extension du bassin de baignade 35
5 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LE POSTE DE SURVEILLANCE *36*
5.1 - Fondations 36
5.2 - Terrassements 37
6 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LE BUSAGE ENTERRE *39*
6.1 - Fondations 39
6.2 - Terrassements 40
6.3 - Réemploi des matériaux en remblai 41
6.4 - Mise en place de la buse enterrée 41
*7 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN **ŒUVRE DE LA DIGUE DE** PROTECTION* *43*
7.1 - Fondations 43
7.2 - Terrassements 43
8 - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET *44*

ANNEXES

- *Annexe 1* : Extrait de la norme NF P 94-500 « Classification des missions d'ingénierie géotechnique »

- *Annexe 2* : Plans d'implantation des reconnaissances géotechniques réalisées au droit de la zone d'étude

- *Annexe 3* : Résultats des reconnaissances géotechniques (G2AVP)
  3.1. *Résultats des sondages à la pelle mécanique (PM1, E1 à E3)*
  3.2. *Résultats des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1, SP2)*
  3.3. *Résultats du sondage carotté (SC1)*
  3.4. *Résultats des essais de lançage (L1 à L7)*
  3.5. *Résultats des analyses en laboratoire sur les sables (E1 à E3 - analyse GTR)*
  3.6. *Résultats des analyses en laboratoire sur les sédiments marins (SM1, SM2 – analyses chimiques)*

1 - PRESENTATION

1.1 - INTRODUCTION

Le présent rapport d'étude a été réalisé par le Bureau d'Ingénieurs – Conseils Géolithe à la demande et pour le compte de la SPL MARAINA.

Ce rapport comprendra :

1/ Une première partie correspondant à une étude géotechnique préalable phase étude de site et principes généraux de construction (mission G1 phase ES et PGC au sens de la norme NF P 94-500 « Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications ») ;

2/ Une seconde partie correspondant à une étude géotechnique de conception phase avant-projet (mission G2 AVP au sens de la norme NF P 94-500 « Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications » - Annexe 1) dans le cadre de l'extension du bassin de baignade en mer de Grande Anse et de la construction d'un poste de surveillance.

Il est rappelé que la mission G2 AVP d'étude géotechnique d'avant-projet doit être complétée par des missions G2 PRO (étude géotechnique de conception phase projet), G3 (étude et suivi géotechniques d'exécution) et G4 (supervision géotechnique d'exécution). GEOLITHE reste à disposition des intervenants pour ces missions successives.

1.2 - LOCALISATION GÉNÉRALE

La zone d'étude se situe au niveau du bassin de baignade de Grande Anse sur la Commune de Petite-Ile (974). Elle comprend le bassin de baignade existant, la zone de projet d'extension du bassin au nord-ouest et l'aménagement d'un poste de secours sur la plage (Figure 1).



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur un extrait de la carte IGN© et sur orthophotographie (source : www.geoportail.gouv.fr)

1.3 - DÉFINITION DU PROJET

Le projet (Figure 2) concerne :

- Les travaux d'extension du bassin de baignade en mer (Figure 3),
- La construction d'un poste de surveillance (Figure 4 et Figure 5),
- Le prolongement de l'exutoire de la ravine (qui traverse le site au sud-est du futur poste de surveillance) au-delà de la zone de baignade par une canalisation enterrée (Figure 6, Figure 7 et Figure 8).



Figure 2 : Plan de situation – Projet d'extension du bassin et aménagement d'un poste de secours (source : CCTP – SPL Maraina)



Figure 3 : Emprise approximative du nouveau bassin de baignade (en rouge) (Source : Géolithe – 25 Mai 2019)



Figure 4 : Photo du belvédère où sera implanté le poste de surveillance

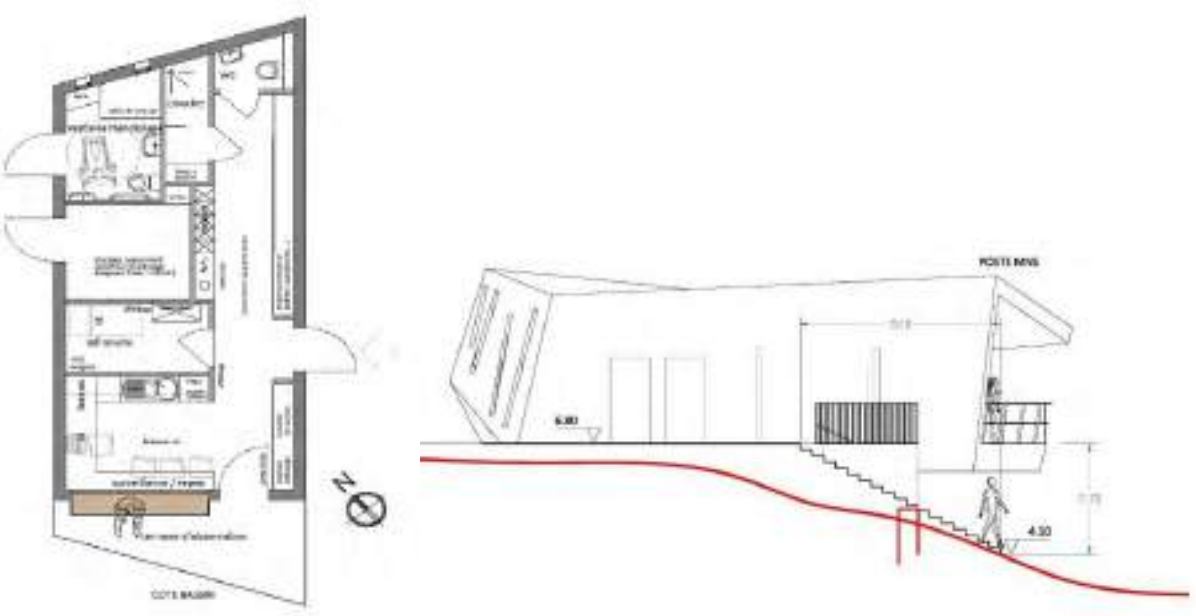


Figure 5 : Plan intérieur et coupe provisoires du poste de surveillance
(Source : SAFEGE, UNIVERTDURABLE)



Figure 6 : Emplacement approximatif de la canalisation enterrée au droit de la petite ravine
(Source : Géolithe – 25 Mai 2019)

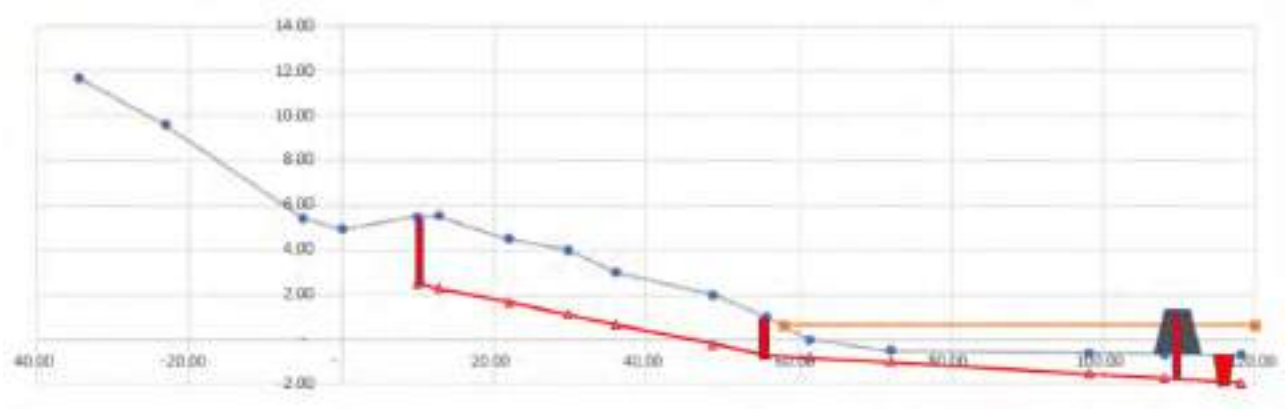


Figure 7 : Profil de la buse enterré (DN 400 mm) dans le prolongement de la Petite Ravine (Source : SAFEGE, UNIVERTDURABLE)

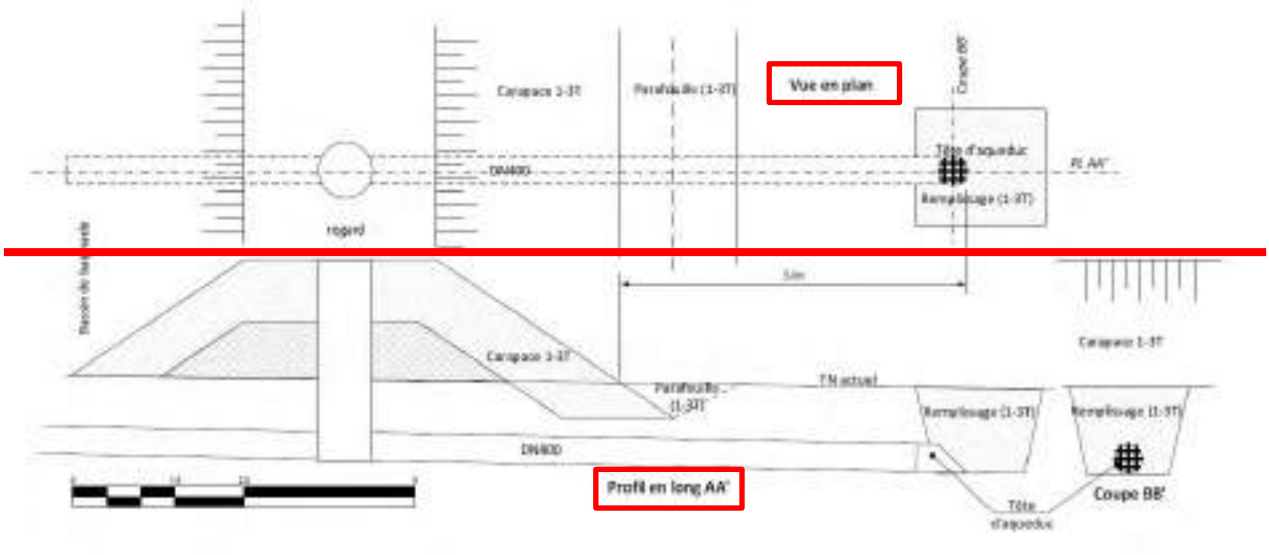


Figure 8 : Vue en plan et profil en long AA' de la buse enterrée (DN 400 mm) (Source : SAFEGE, UNIVERTDURABLE)

<u>Détails concernant le bassin de baignade</u> :

Le nouveau bassin de baignade sera délimité par un endiguement de protection en enrochements (Figure 9 et Figure 10).

En plus de l'extension du bassin, il est également envisagé d'augmenter la profondeur du bassin de baignade par déroctage du beach-rock, selon 2 hypothèses :

- ✓ <u>Scénario 1</u> : Emprise de 750 m^2 (au sud-est du bassin existant) jusqu'à une profondeur de -2,00 m NGR (volume de l'ordre de 1000 m^3).
- ✓ <u>Scénario 2 :</u> Emprise de 400 m^2 jusqu'à une profondeur de -1,75 m NGR (volume de l'ordre de 500 m^3).

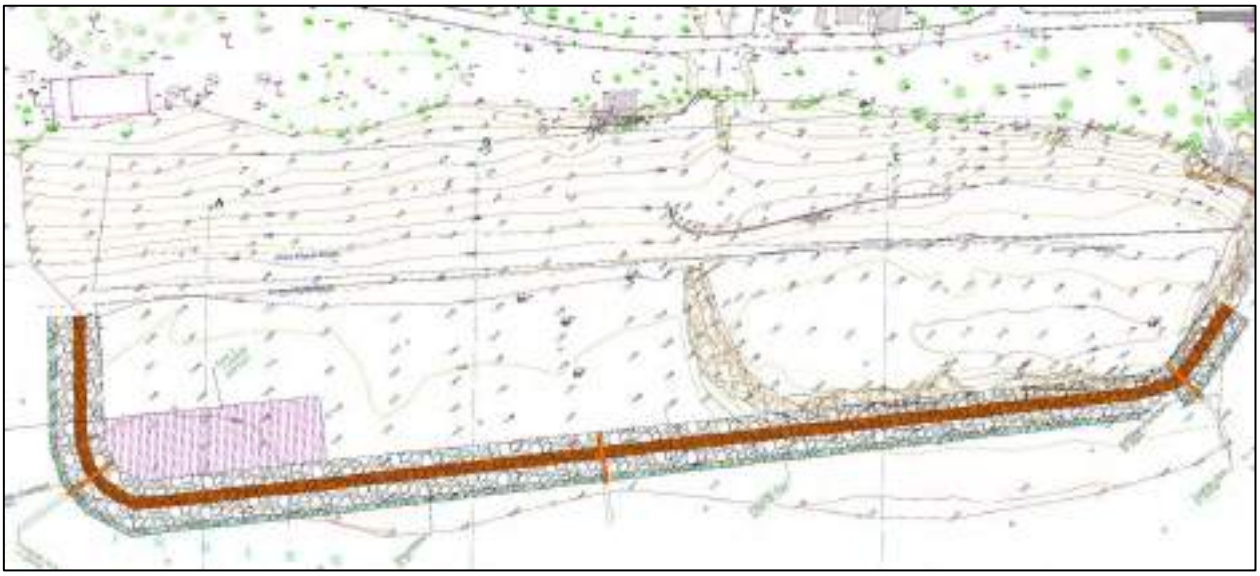


Figure 9 : Plan de masse de l'endiguement de la zone de baignade – Scénario 1 (source : SUEZ)

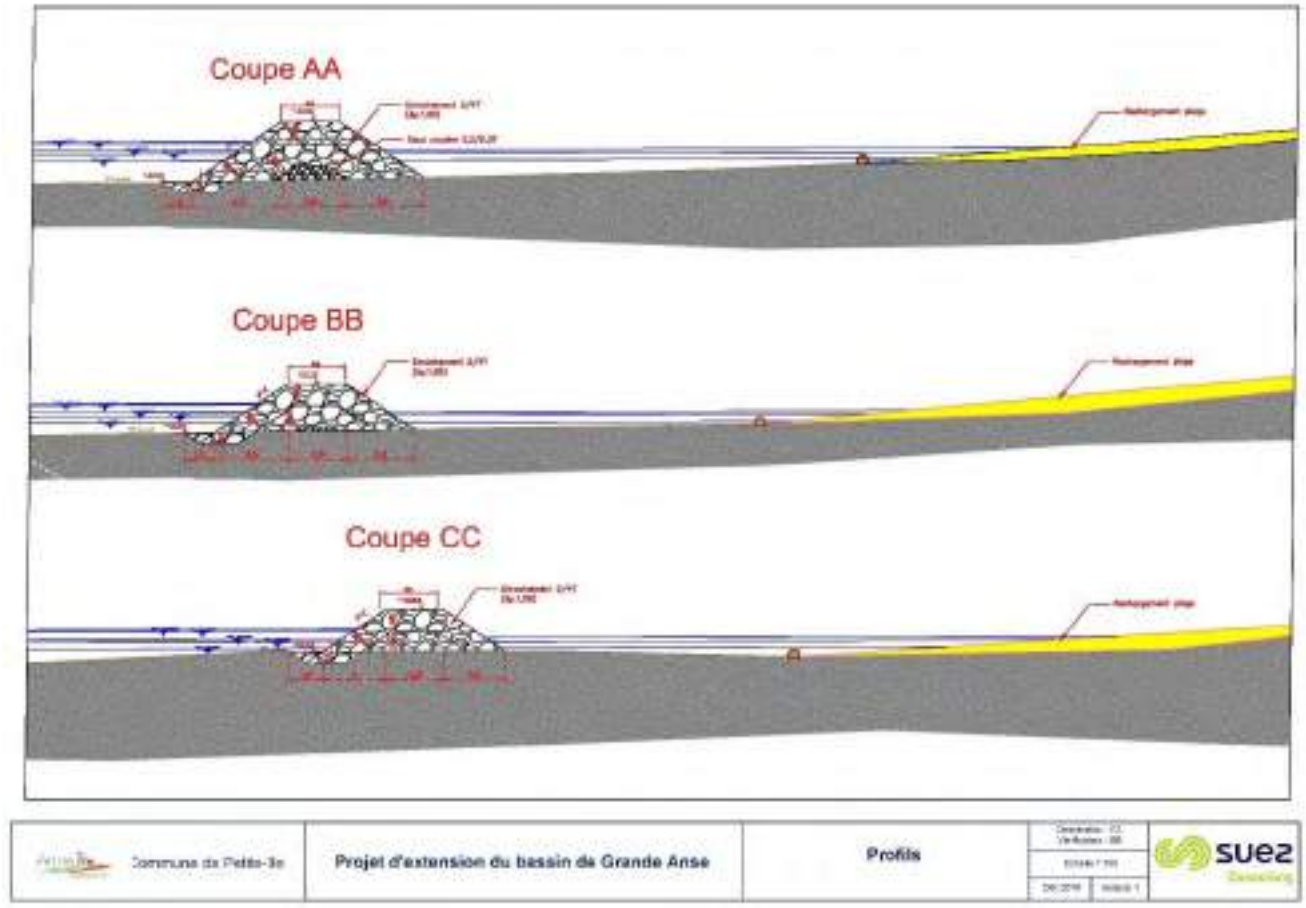


Figure 10 : Profils de l'endiguement (source : SUEZ)

1.4 - OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif de l'étude géotechnique est de :

- ✓ Identifier la lithologie du terrain ;
- ✓ Déterminer la faisabilité des travaux projetés au regard des conditions géotechniques (pistes d'accès, endiguement de la zone de baignade, pose d'un cadre préfabriqué en tranchée, déroctage d'une zone de baignade selon les 2 scénarios décrits précédemment) ;
- ✓ Identifier les contraintes géotechniques susceptibles d'avoir une incidence sur la construction, la pérennité et les conditions d'exécution des ouvrages projetés ;
- ✓ Fournir au concepteur, les paramètres techniques nécessaires à la conception du projet et à la réalisation des travaux, dans des conditions techniques ou économiques optimales (reprise ou non des matériaux extraits, caractéristiques mécaniques des sols, types et niveaux des fondations, tassements différentiels et absolus, niveau de la nappe, agressivité des sols, etc.).

*1.4.1 - **Mission d'ingénierie géotechnique G1** ES/PGC*

La mission géotechnique G1 devra répondre aux objectifs suivants :

- ✓ Déterminer le contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique au droit des ouvrages à réaliser ;
- ✓ Définir un modèle géologique préliminaire du site d'étude et ses principales caractéristiques géotechniques ;
- ✓ Localiser les aléas géotechniques, tels que le positionnement des bancs rocheux, des terrains compressibles, des zones instables, etc. ;
- ✓ Analyser l'exposition des travaux aux risques naturels ;
- ✓ Préciser le classement sismique des ouvrages et le comportement du terrain aux sollicitations sismiques ;
- ✓ Synthétiser les données géotechniques : première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, principes généraux de construction envisageables (fondations, terrassements, etc.) ;
- ✓ Fournir les éléments de prédimensionnement des fondations d'ouvrages ;
- ✓ Définir les contraintes de réalisation des travaux géotechniques (terrassements, déroctages, épuisement, etc.) ;
- ✓ Donner les conditions de réutilisation des matériaux en remblai et définir dans le cas où la réutilisation des sols n'est pas possible, la qualité des matériaux de substitution ;
- ✓ Proposer des solutions de réduction des conséquences des risques géologiques majeurs identifiés.

*1.4.2 - **Mission d'ingénierie géotechnique** G2 : Phase avant-projet (AVP)*

Les objectifs pour l'étude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 AVP) sont les suivants :

Partie générale traitée dans la partie G1ES/PGC

- ✓ Contexte géologique et hydrologique du site ;
- ✓ Risques éventuels liés aux eaux superficielles et souterraines et risques géologiques (aléa mouvements de terrains, aléa sismique) ;
- ✓ Analyse générale des résultats des sondages.

Terrassement et réemploi des matériaux

- ✓ Nature des sols en présence ;
- ✓ Aptitude des sols à la fouille pour ouvrage, pente des talus de fouille en provisoire et en définitif ;
- ✓ Proportion de terrassement rocheux le cas échéant, la présence de vides ;
- ✓ Portance et traficabilité des sols constituant le support ;
- ✓ Possibilité de réemplois des matériaux en remblais courant, remblai technique, comprenant le mode de compactage à prévoir en adéquation avec le GTR92 selon le type de matériau et les conditions de mises en œuvre ;
- ✓ Pentes à respecter pour les talus provisoires et définitifs, en remblais ou en déblais, par secteur si des variations de géologie l'imposent.

Fondation d'ouvrages

- ✓ Principes de fondation ;
- ✓ Principes d'adaptation au sol globaux ou par secteur en fonction des besoins ;
- ✓ Contrainte de calcul et de service pour le dimensionnement des fondations ;
- ✓ Tassements absolus et différentiels à attendre, tassements sous charge ;
- ✓ Evaluation du module de réaction au sol.

Soutènement

- ✓ Estimation des paramètres intrinsèques des sols pour la détermination du coefficient de poussée des terres ;
- ✓ Dispositions de principe de stabilité provisoire et définitive ;
- ✓ Contrainte de calcul et tassements à attendre sous les fondations des soutènements.

Cas particulier – Déroctage du bassin

- ✓ Définir les méthodes de déroctage selon les 2 scénarios envisagés, en tenant compte des moyens techniques disponibles à La Réunion ;
- ✓ Analyse comparative des deux scénarios ;
- ✓ Définir un protocole de surveillance des vibrations sur les avoisinants.

1.5 - LIMITES DE L'ÉTUDE

Les limites de la zone d'étude (Figure 11) sont précisées dans l'illustration ci-dessous :

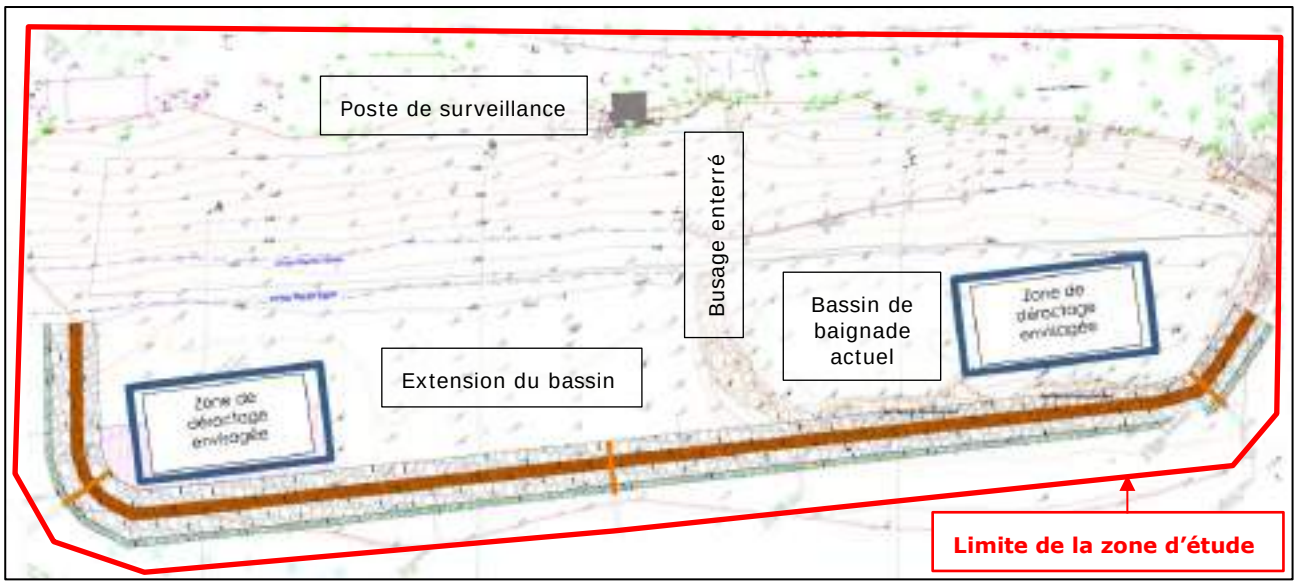


Figure 11 : Limite de la zone d'étude (source du plan : CCTP – SPL Maraina)

1.6 - DOCUMENTS UTILISÉS

1.6.1 - Textes de référence

- ✓ Le décret 91-1147 du 14 octobre 1991 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution;
- ✓ La norme NF P974-261 - Fondations superficielles - Norme d'application de l'Eurocode 7;
- ✓ Le C.C.T.G. et en particulier NF P94−500 Missions géotechniques − classification et spécifications − Novembre 2013.

1.6.2 - Bibliographie

- ✓ Carte IGN à l'échelle 1/25 000ème ;
- ✓ Carte géologique de La Réunion à l'échelle 1/100 000ème ;
- ✓ Notice de la carte géologique de la Réunion ;
- ✓ Le Piton de la Fournaise de la contemplation à la compréhension (2014, P. MAIRINE, I. PAYET, P. HUET, P. HOARAU) ;
- ✓ Carte pédologique de la Réunion au 1/50 000ème (1991, M. RAUNET) ;
- ✓ Rapport associé à la carte pédologique - Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion (1991, M. RAUNET) ;
- ✓ Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 sur le zonage du risque sismique ;
- ✓ Sites internet :
  - o Carte IGN - https://www.geoportail.gouv.fr/
  - o Carte pédologique - http://aware.cirad.fr/
  - o Données marégraphiques - http://banquededonnees.eaureunion.fr/
  - o Plan de Prévention des Risques naturels - http://www.reunion.pref.gouv.fr/
  - o Banque de données du sous-sol - http:// infoterre.brgm.fr/
- ✓ SETRA - Réalisation des remblais et des couches de forme − Fascicule II − 1992.

1.6.3 - Documents fournis

- ✓ Cahier des clauses techniques particulières (CCTP) - SPL Maraina.
- ✓ Plan de masse datant du 07/12/2018 – Dossier avant-projet – SUEZ.
- ✓ Profils de la digue datant de Décembre 2018 – Dossier avant-projet – SUEZ.
- ✓ Plans avant-projet sous format Autocad.
- ✓ Présentation power-point réalisée par COTEC de Décembre 2018 - Phase avant-projet.

2 - CONTEXTE GENERAL DU SITE

2.1 - CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La zone d'étude se trouve sur des coulées basaltiques associées à la série de la Plaine des Sables (65 000 à 5 000 ans) appartenant au Massif du Piton de la Fournaise (β6). Ces coulées sont constituées de basaltes aphyriques ou à phénocristaux d'olivine.

A ce jour, elles sont recouvertes majoritairement par des sables coralliens (R) ou des grès coralliens (appelés beach-rock) (Figure 12). Ces deux roches sédimentaires, meuble pour le sable et consolidée dans le cas du grès de plage, sont formées par des débris de coraux, des restes de coquillages, d'oursins, mélangés à des morceaux verts ou gris de basalte.

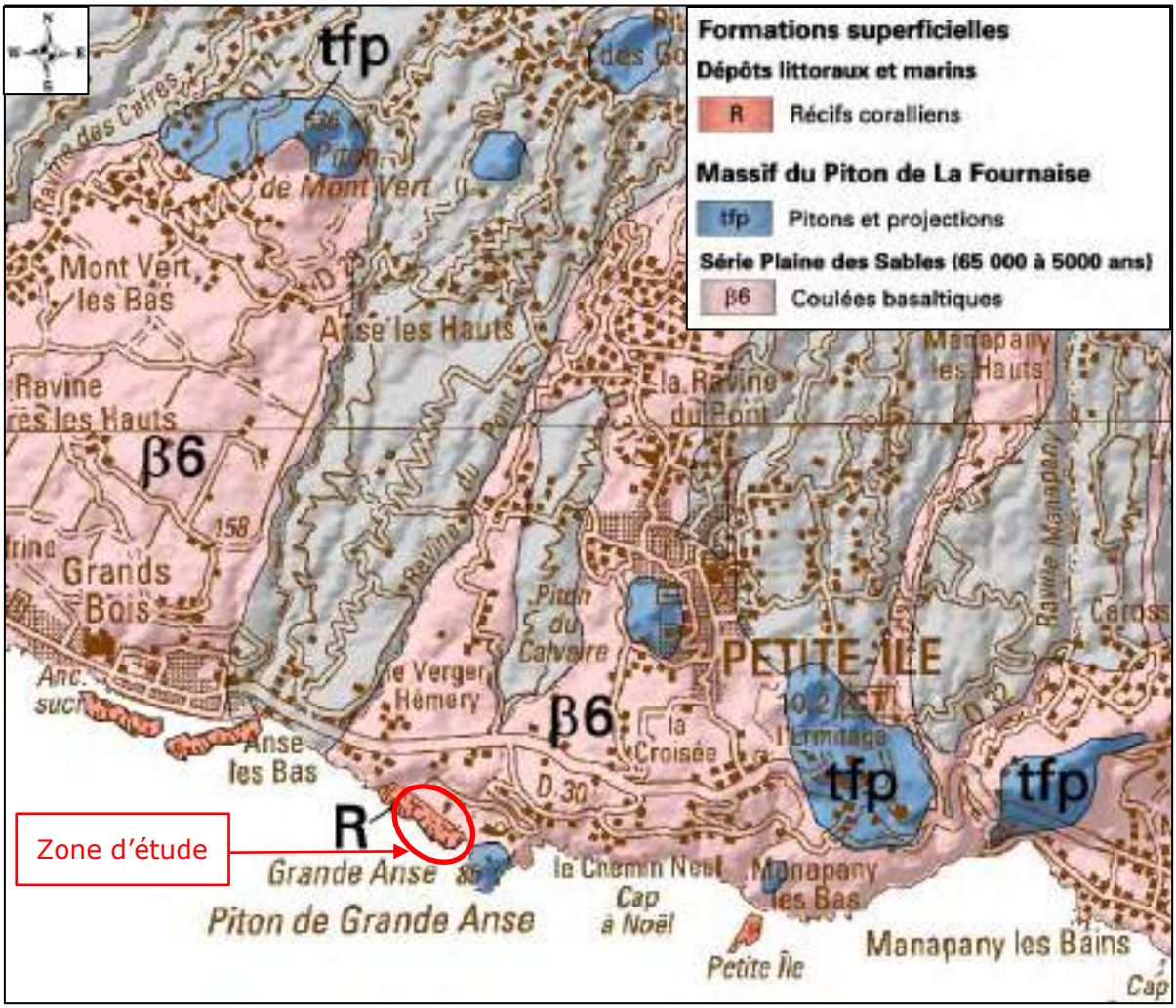


Figure 12 : Extrait de la carte géologique au 1/100 000ème de la Réunion (source : BRGM, 2006)



Figure 13 : Grès coralliens recouverts par des sables coralliens (plage de Grande Anse)

Données existantes issues de la BSS

En recherchant dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS), seul un puit (BSS002PKPK) a été identifié au droit de la zone d'étude (Figure 14).

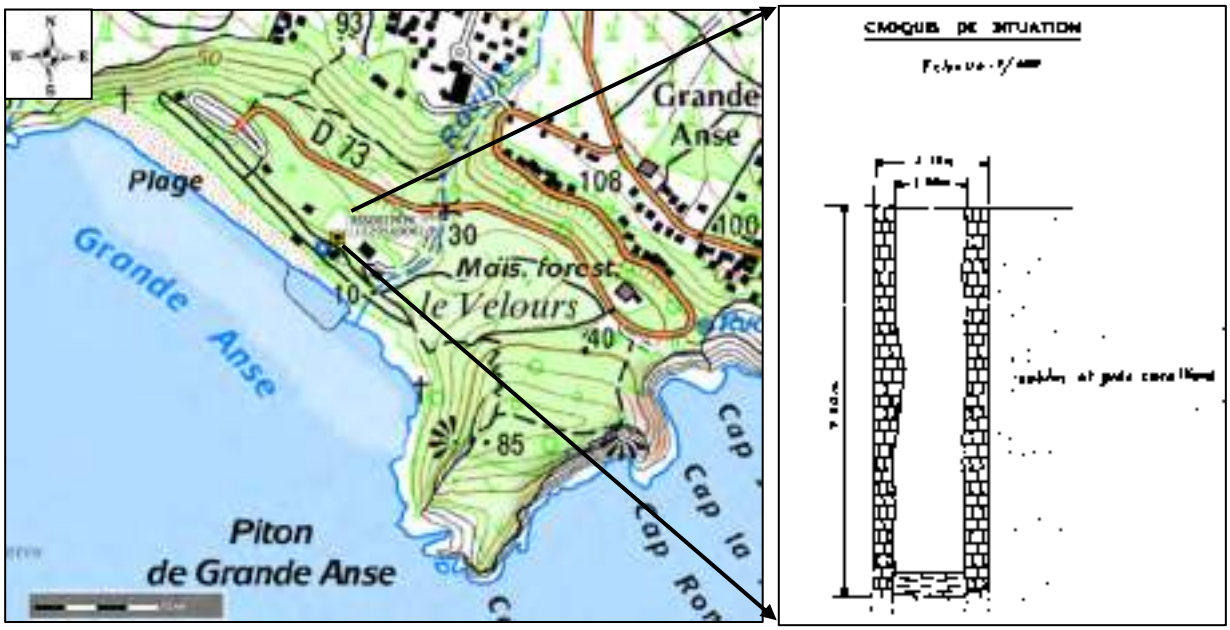


Figure 14 : Localisation du puit au droit de Grande Anse et coupe du sondage

(Source : BSS - Infoterre - BRGM)

Ce puits a été réalisé en 1975 et révèle la géologie à proximité de la zone d'étude.

Puits - BSS002PKPK	
Coordonnées en RGR92 / UTM zone 40S	X = 349539 m Y = 7636283 m Z = 7,0 mNGR
Profondeur atteinte du puits	7,2 m
Niveau d'eau mesurée par rapport au sol	6,8 m
Variations journalières du plan d'eau	0,20 m
Distance du puits de la mer	55 m
Géologie	Sables coralliens et grès coralliens

2.2 - CONTEXTE CLIMATIQUE

La commune de Petite-Ile se situe sur la côte « sous le vent » de l'alizé. Elle affiche donc des valeurs de pluviométrie bien moindre que les territoires de la côte « au vent ». Au droit du secteur étudié, le cumul des précipitations pour l'année 2018 est compris entre 2000 et 3000 mm (Figure 15).

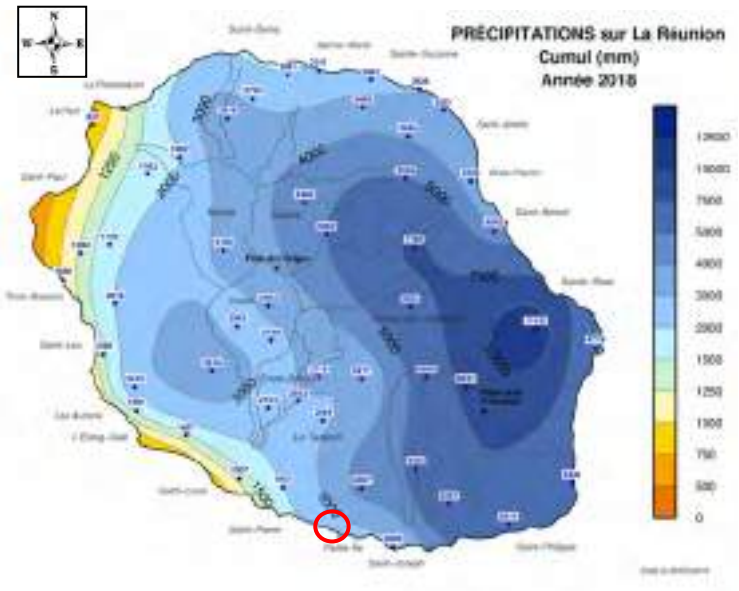


Figure 15 : Cumul des précipitations sur la Réunion en 2018

2.3 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

Réseau hydrographique

La zone d'étude est délimitée au sud par la Ravine des Français et elle est traversée par une petite ravine sans nom qui sera canalisée suite aux travaux.



Figure 16 : Localisation des ravines à proximité de la zone d'étude

Hydrogéologie

La masse d'eau souterraine au droit de la zone d'étude se trouve dans les formations volcaniques du littoral de Petite-Île – Saint-Pierre (LG105).

2.4 - MESURES MARÉGRAPHIQUES

La masse d'eau littorale au droit de la zone d'étude correspond à la **masse d'eau de** Saint-Pierre **–** Pointe de la Cayenne (LC12).

Le marégraphe le plus proche de notre zone d'étude est le marégraphe du Port de Saint-Pierre (code office – 38215). Les données sont disponibles sur le site de l'Office de l'eau du 1er août 2010 au 1er Février 2019. Seules les données du 1er Janvier 2018 au 1er Février 2019 ont été exploitées et sont présentées ci-dessous sous forme de graphique (Figure 17).

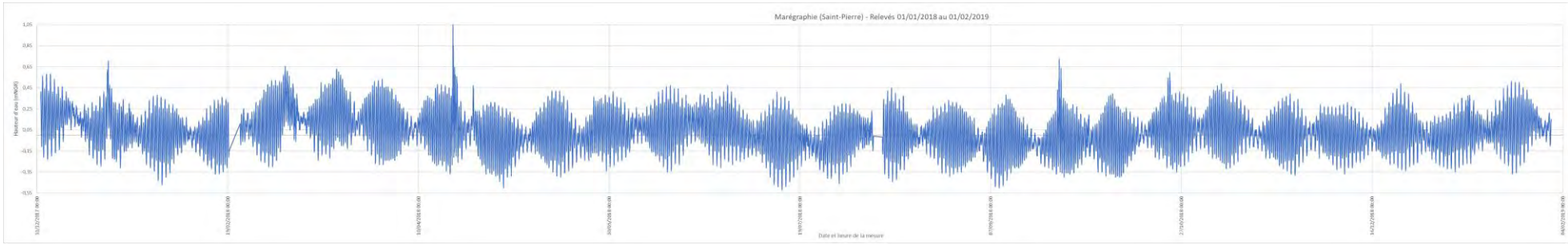


Figure 17 : Graphique représentant l'évolution de la hauteur d'eau en fonction du temps (Marégraphe de Saint-Pierre)

2.5 - CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

2.5.1 - Risques sismiques

D'après le décret n° 2010-1255 de la 22/10/2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français, l'île de la Réunion se trouve en zone de sismicité 2 « dite » faible. Le maître d'ouvrage devra définir la catégorie d'importance de son projet.

En fonction de la catégorie d'importance des ouvrages, des dispositions seront à prendre vis-à-vis de l'aléa sismique.

NOTA : Si les ouvrages du projet sont classés **en catégorie d'importance II** (ceux dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes), en zone de sismicité 2, aucune vérification au séisme ne sera à prendre en compte.

2.5.2 - Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn)

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de la commune de Petite-Ile a été approuvé le 29 Décembre 2017, selon les informations recueillies sur le site de la DEAL.

Aléa inondation et aléa mouvements de terrain

La zone d'étude est impactée par un aléa moyen et fort inondation.

Elle est également concernée par des aléas faible, moyen et élevé mouvements de terrain.

L'aléa élevé mouvements de terrain est en lien avec l'aléa fort inondation et traduit les phénomènes d'érosion possibles du lit principal liés à la puissance des écoulements en cas de fortes pluies. L'aléa moyen mouvements de terrain caractérise les phénomènes d'érosion de berges liés à la puissance des écoulements, au transport d'éléments grossiers, pouvant engendrer la déstabilisation des berges.

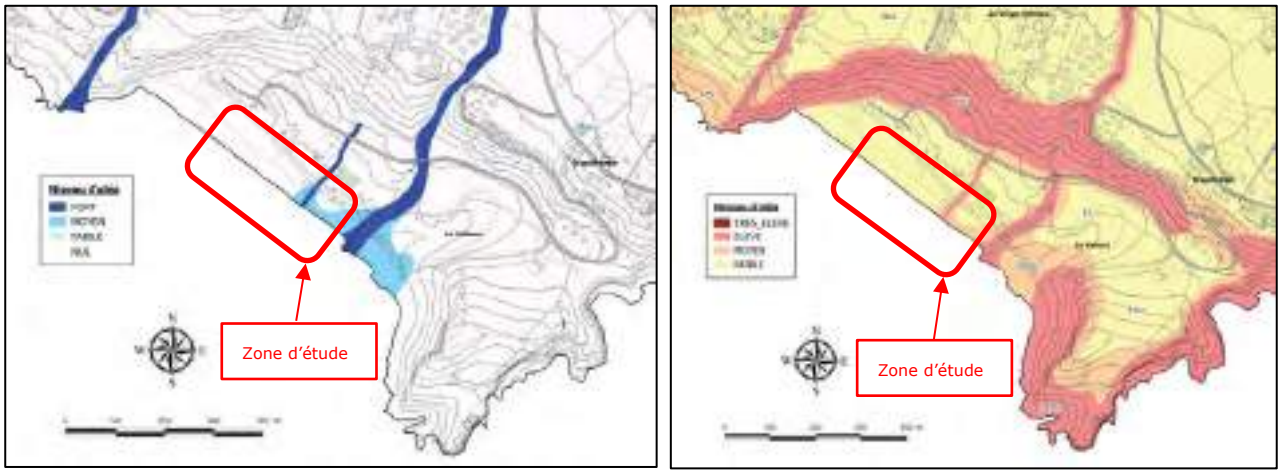


Figure 18 : Zonage des aléas inondation et mouvements de terrain au droit de la zone d'étude

Le busage enterré sera situé au droit de la ravine en zone d'aléa fort et moyen inondation et permettra de canaliser les écoulements.
Le poste de secours ne sera pas impacté par l'aléa inondation et sera en zone d'aléa faible mouvements de terrain.

Zonage réglementaire

Le busage enterré se trouvera en zone R1 et R2.

Le poste de secours ne sera pas impacté par le zonage réglementaire.

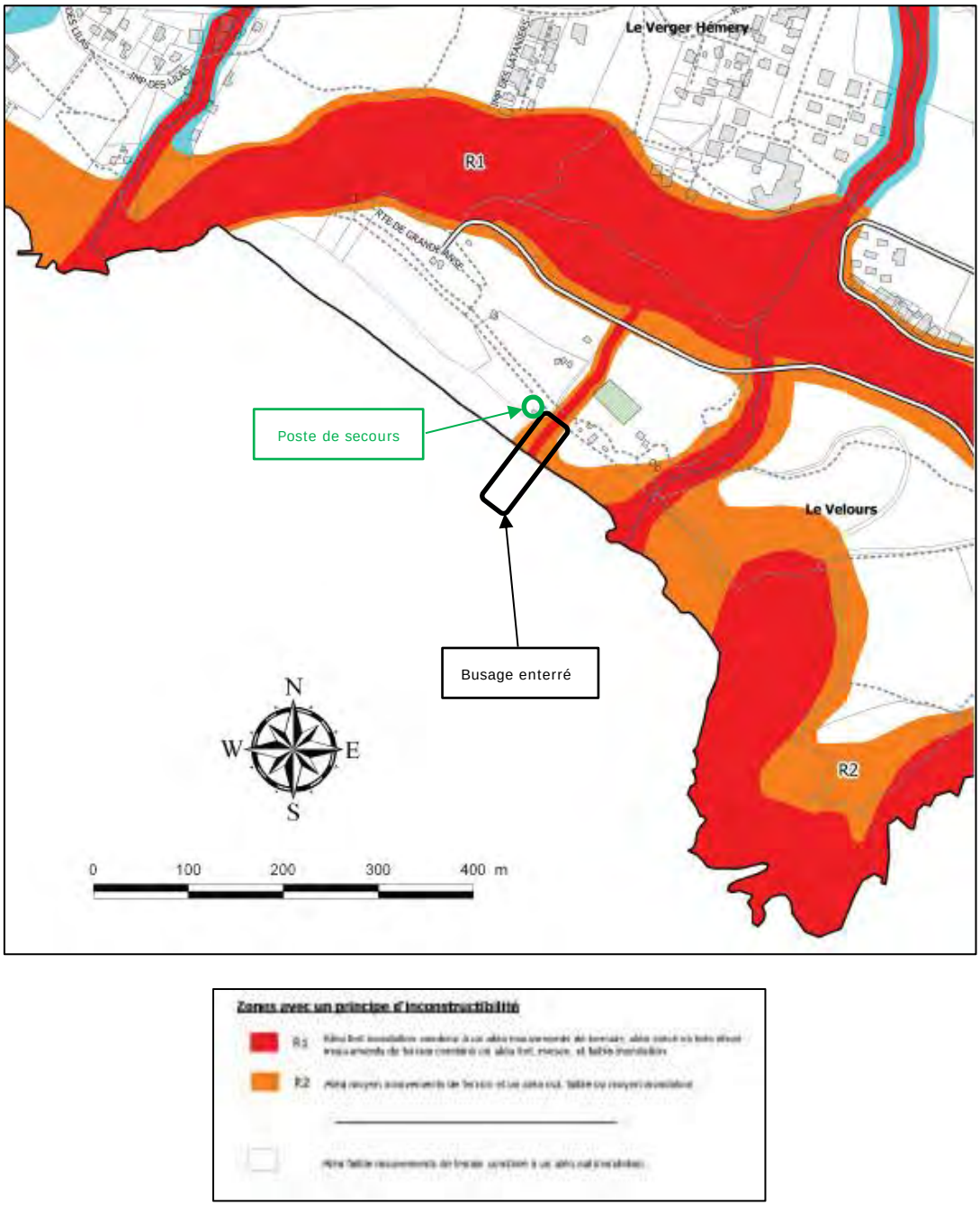


Figure 19 : Zonage réglementaire du PPRn de Petite-Ile au droit de la zone d'étude

Pour toutes les dispositions réglementaires à respecter, se référer au règlement du PPRn de Petite-Ile.

2.5.3 - Plan de Prévention des Risques littoraux (PPRI)

Le Plan de Prévention des Risques littoraux de la commune de Petite-Ile a été prescrit le 25 Juin 2015 et le délai d'approbation a été prolongé le 22 Juin 2018, selon les informations recueillies sur le site de la DEAL.

Les cartes ci-dessous sont présentées à titre indicatif et ne sont donc pas approuvées à ce jour.

La zone d'étude est concernée par un aléa recul du trait de côte à échéance 100 ans, ainsi qu'à un aléa submersion marine.

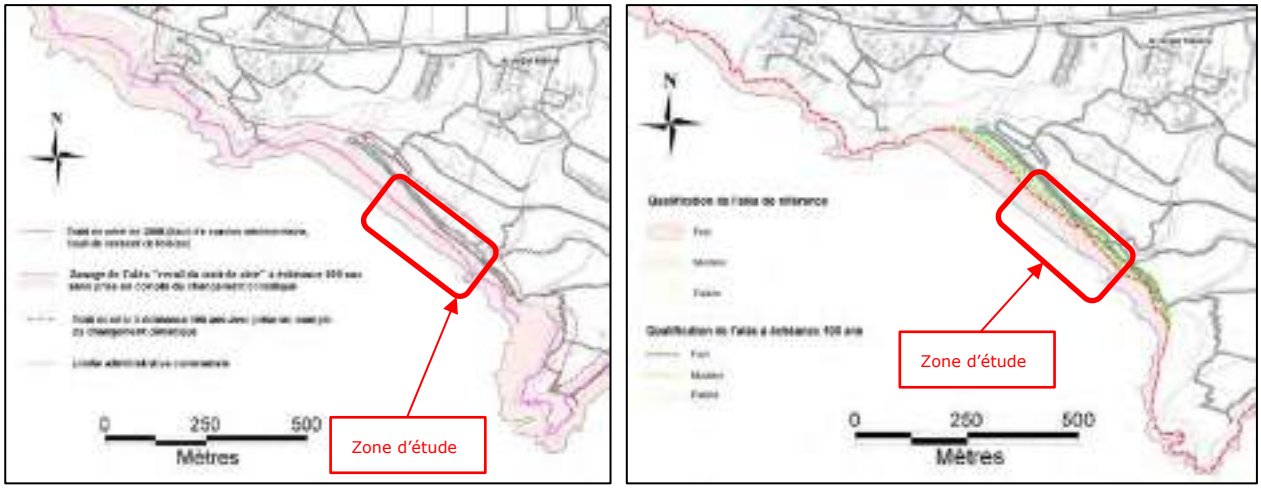


Figure 20 : Cartographie de l'aléa recul du trait de côte (Mars 2013) à gauche et cartographie de l'aléa submersion marine (Février 2013) à droite

3 - SYNTHESE DES RECONNAISSANCES

3.1 - PROGRAMME D'INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES

Dans le cadre de la présente étude, la campagne d'investigations géologiques et géotechniques a consisté en la réalisation de :

- 4 sondages à la pelle mécanique (PM1, E1 à E3). Les sondages ont été réalisés par STA et Géolithe le 23 Juillet 2019 ;
- 2 sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1, SP2). Ces sondages ont été sous-traités à Forintech et ont été réalisés les 2 et 5 Août 2019 ;
- 1 sondage carotté (SC1). Ce sondage a été sous-traité à Forintech et réalisé le 6 Août 2019 ;
- 7 essais de lançage (L1 à L7). Ces sondages à l'aiguille ont été sous-traités à OCETRA;
- Des analyses GTR sur 3 échantillons de sable prélevés sur la plage (E1 à E3). Ces analyses ont été sous-traités à Ginger-CEBTP ;
- Des analyses laboratoires de contaminants sur 2 échantillons de sédiments marins (SM1, SM2). Les sédiments ont été prélevés par Géolithe le 20 Août 2019 et les analyses ont été sous-traitées au laboratoire Qwalilab.

Les coordonnées *(RGR92 / UTM zone 40S)* et les photos des reconnaissances géotechniques sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

	Sondages	X (en m)	Y (en m)	Z (en mNGR)
Sondage à la pelle mécanique	PM1	349484,51	7636280,16	6,70
Sondages pressiométriques	SP1	349485,00	7636279,43	6,75
	SP2	349486,11	7636261,65	3,41
Sondage carotté	SC1	349485,05	7636260,36	3,31
Prélèvements des sables - Sondages à la pelle mécanique	E1	349439,54	7636288,64	3,02
	E2	349458,17	7636274,77	3,12
	E3	349474,08	7636262,03	3,02
Prélèvements des sédiments marins	SM1	349504,98	7636223,62	0,81
	SM2	349428,72	7636282,09	1,28
Essais de lançage (Sondages à l'aiguille)	L1	349489,93	7636167,19	Entre -0,50 m à -1,50 m
	L2	349466,95	7636185,58	
	L3	349443,40	7636205,25	
	L4	349405,96	7636231,51	
	L5	349368,15	7636258,92	
	L6	349329,41	7636286,61	
	L7	349332,50	7636311,38	

La localisation des sondages est présentée sur orthophotographie (Figure 21) et sur le plan du projet transmis par SUEZ (Figure 22).

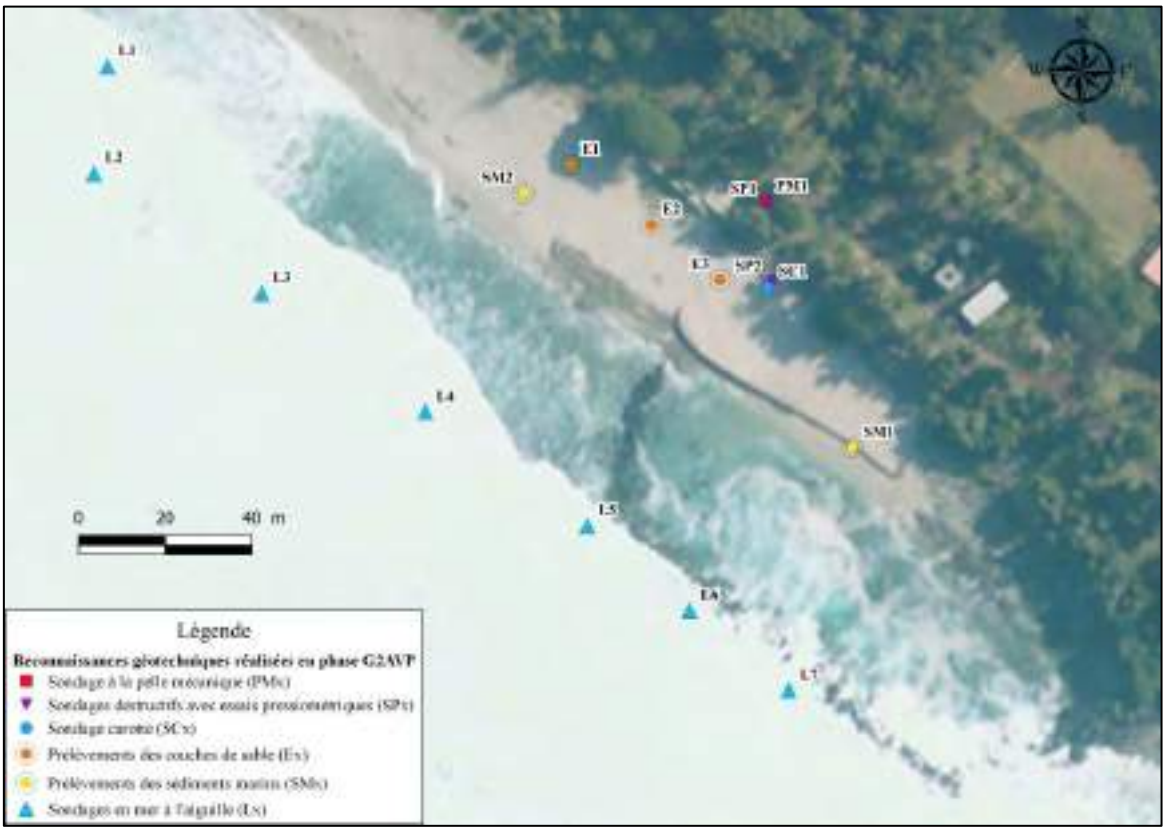


Figure 21 : Localisation sur orthophotographie des reconnaissances géotechniques réalisées en Juillet et en Août 2019

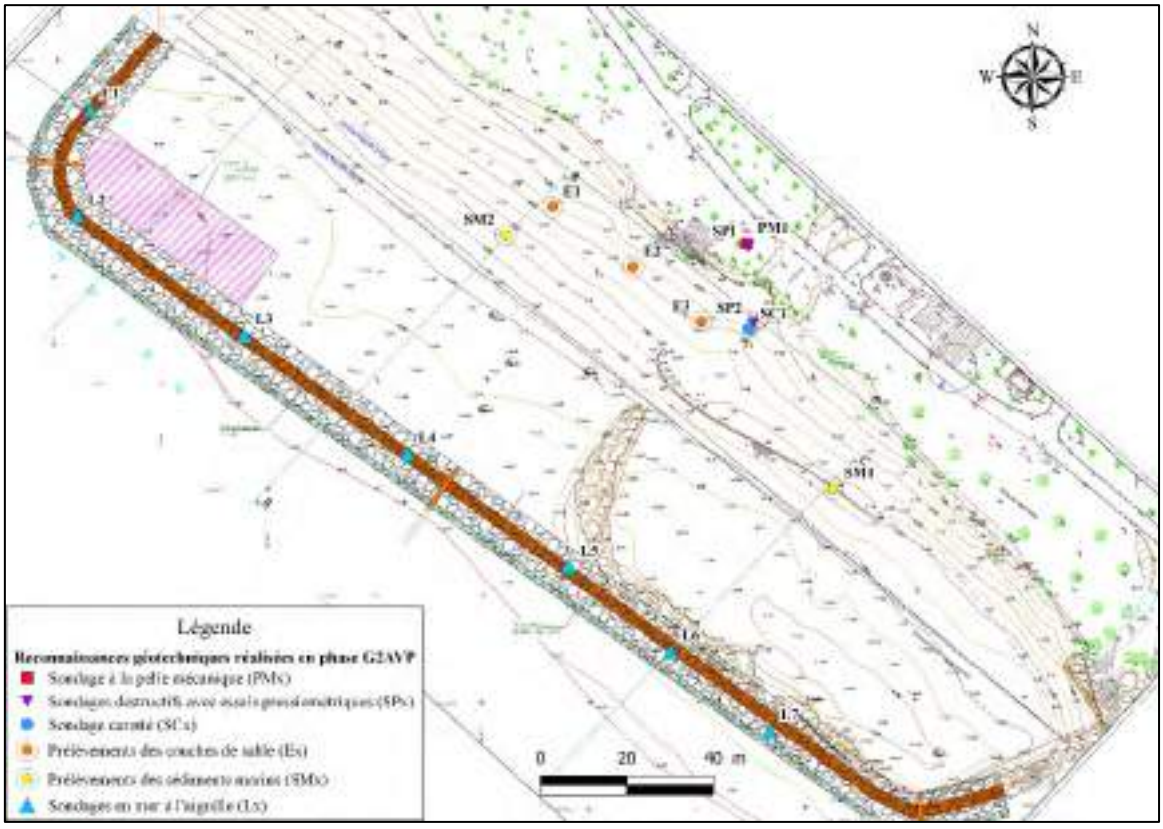


Figure 22 : Localisation des reconnaissances géotechniques sur le plan du projet fourni par SUEZ

3.2 - OBSERVATIONS NATURALISTES

D'après la carte géologique (paragraphe 2.1), la zone d'étude se trouve sur des coulées basaltiques recouvertes majoritairement par des sables coralliens ou des grès coralliens (beach-rock). Quelques photos, prises sur site (le 20 août 2019), illustrent ces formations (Figure 23).

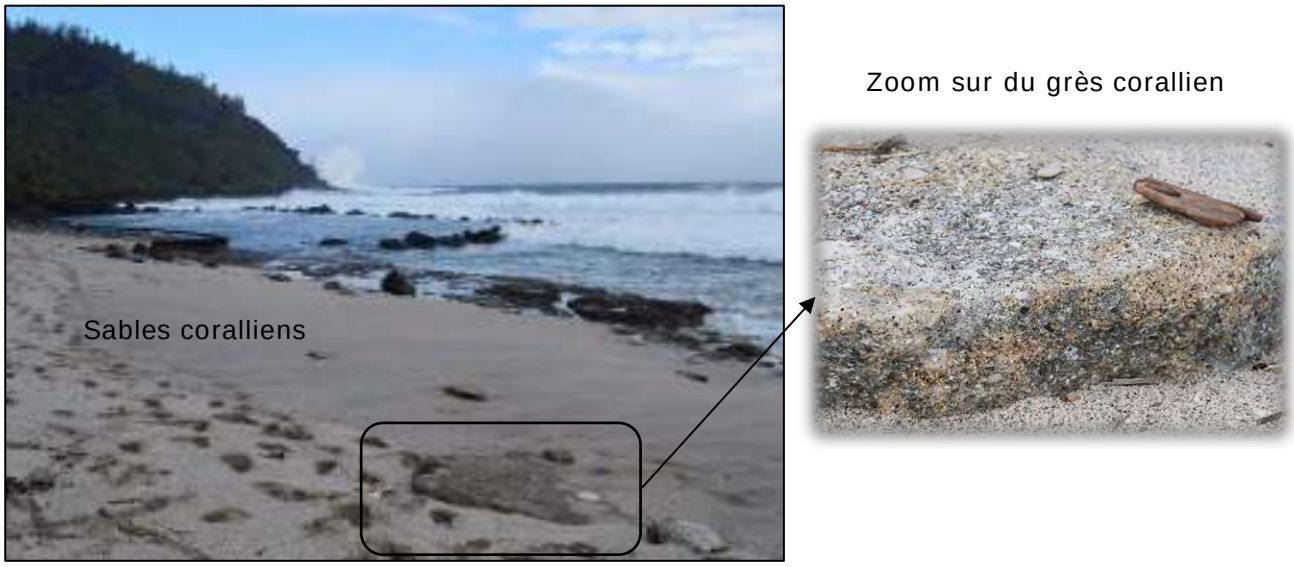


Figure 23 : Illustrations des formations géologiques présentes à proximité du bassin de baignade (sables coralliens et grès coralliens)

3.3 - SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS

Cette partie fait la synthèse des reconnaissances géotechniques réalisées dans le cadre de la mission G2AVP pour le projet d'extension du bassin de Grande Anse.

3.3.1 - Sondages à la pelle mécanique

Les caractéristiques des sondages à la pelle mécanique (localisation et profondeur d'arrêt), ainsi que la nature géologique du sous-sol sont synthétisées ci-dessous (Tableau 1) :

Tableau 1 : Synthèse des sondages à la pelle mécanique PM1, E1 à E3

Numéro du sondage	PM1
X (en m)	349484,51
Y (en m)	7636280,16
Z (en mNGR)	6,7
Terre végétale	0,00 m à -0,40 m/TA
Remblais	-0,40 m à -1,40 m/TA
Profondeur d'arrêt (en m/TA*)	- 1,40 m

Numéro du sondage	E1	E2	E3
X (en m)	349439,54	349458,17	349474,07
Y (en m)	7636288,63	7636274,77	7636262,03
Z (en mNGR)	3,02	3,12	3,02
Sables fins	0,00 m à -0,75 m/TA	0,00 m à -1,00 m/TA	0,00 m à -0,60 m/TA
Sables fins avec présence de blocs coralliens	-0,75 m à -1,50 m/TA	-1,00 m à -2,00 m/TA	-0,60 m à -1,60 m/TA
Profondeur d'arrêt (en m/TA*)	- 1,50 m	- 2,00 m	- 1,60 m

** Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel (TA).*

Les fiches détaillées des sondages à la pelle mécanique sont présentées en annexe 3.1.

3.3.2 - Sondages pressiométriques

Deux sondages destructifs de 8 m de profondeur ont été réalisés au droit de la zone d'étude avec des essais pressiométriques tous les 1,5 mètres (annexe 3.2). Ci-dessous figure le tableau récapitulatif des résultats des sondages (Tableau 2) :

Tableau 2 : Synthèse des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1 et SP2)

Sondage pressiométrique	SP1	SP2
X (en m)	349485,00	349486,11
Y (en m)	7636279,43	7636261,65
Z (en mNGR)	6,75	3,41
Nombre d'essais réalisés	5 essais (1 essai tous les 1,5 mètres)	5 essais dont 1 inexploitable (1 essai tous les 1,5 mètres)
Terre végétale, puis remblais	0,00 m à -1,40 m	-
Grès coralliens	-1,40 m à -2,00 m	Il est difficile d'interpréter la géologie de ce sondage. 0,00 m à -3,00 m → se référer au sondage carotté SC1. 0,00 m à -8,00 m →, l'essai sera exploité pour faire une synthèse géotechnique.
Sables limoneux	-2,00 m à -4,00 m	
Grès coralliens	-4,00 m à -6,75 m	
Sables limoneux	-6,75 m à -8,00 m	
Profondeur d'arrêt (en m/TN*)	- 8,0 m	- 8,0 m

**Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Naturel (TN).*

Le fluide de forage des sondages est constituée d'eau et de polymère. Nous ne pouvons donc pas interpréter les niveaux d'eau relevés au cours du forage et ainsi faire une synthèse hydrogéologique.

3.3.3 - Sondage carotté

Un sondage carotté de 3 mètres de profondeur a été réalisé au droit de la future buse (annexe 3.3). Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus (Tableau 3).

Tableau 3 : Synthèse des résultats des sondages carottés

Numéro du sondage	SC1
X (en m)	349485,05
Y (en m)	7636260,37
Z (en mNGR)	3,31
Sables coralliens	0,00 m à -0,50 m
*Grès de plage**	-0,50 m à -3,00 m
Profondeur d'arrêt m/TN**	- 3,0 m

**Les grès de plage sont formés par des débris de coraux, des restes de coquillages, d'oursins mélangés à des morceaux de basalte à olivine ou de basalte aphyrique (cf. annexe 3.3 pour le détail de la carotte).*

***Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Naturel (TN).*

3.3.4 - Essais de lançage

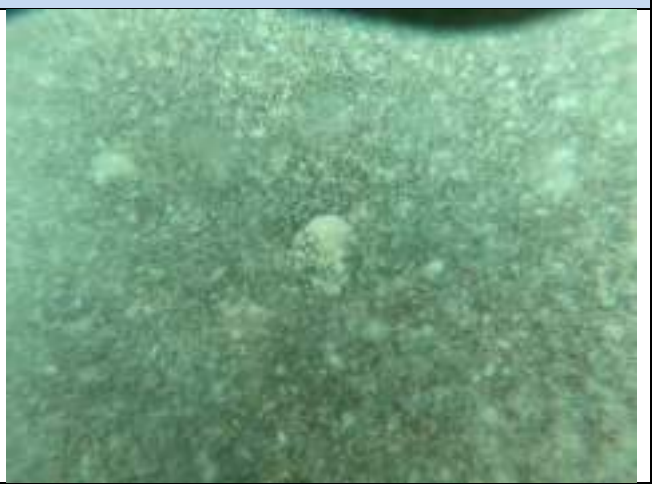
Sept essais de lançage (annexe 3.4) ont été réalisés par OCETRA le Mardi 3 Septembre 2019. Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus (Tableau 4).

Tableau 4 : Synthèse des essais de lançage

Essais de lançage / **Sondage à l'aiguille**	X	Y	Epaisseur de la couche de sable	Nature des matériaux
L1	349489,93	7636167,18	4 cm	Léger dépôt sableux sur rocher
L2	349466,95	7636185,58	0 cm	Indéterminé (non visible à la vidéo)
L3	349443,40	7636205,24	0 cm	Roche / Coraux
L4	349405,96	7636231,50	0 cm	Roche / Coraux
L5	349368,15	7636258,92	0 cm	Roche / Coraux
L6	349329,41	7636286,61	0 cm	Roche / Coraux
L7	349332,50	7636311,37	0 cm	Roche / Coraux

Les sondages (L1 à L7) montrent l'absence de sable au droit du bassin de baignade et de la zone d'extension du bassin. Le terrain est dur, mais il est impossible d'identifier la nature géologique des terrains en place. Des coraux sont visibles au droit et à proximité de certains sondages.

Des vidéos des essais de lançage (L1 à L7) seront également transmises pour chaque sondage à l'aiguille.

L1 – Photo – 4 cm de sable	L2 – Photo – Visibilité médiocre Vague plus importante
	

L3 – Photos – Roche et coraux




L4 – Photos – Roche et coraux




L5 – Photos – Roche et coraux




L6 – Photos – Roche et coraux




L7 – Photos – Roche et coraux






3.3.5 - Analyses en laboratoire

Des analyses en laboratoire ont été effectuées sur deux types de prélèvements :

- Les prélèvements d'échantillons sableux (E1 à E3) issus des sondages à la pelle mécanique (classification GTR) ;
- Les prélèvements d'échantillons des sédiments marins (analyse chimique).

3.3.5.1 - Echantillons issus des sondages à la pelle mécanique

Les essais en laboratoire suivants ont été réalisés sur 3 échantillons. Les fiches détaillées des résultats sont fournies en annexe 3.5.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus pour chaque échantillon :

Sondages	E1	E2	E3
Numéro d'échantillon	1	2	3
Profondeur (m/TA)	-1,5 m	- 2,0 m	- 1,6 m
Teneur en eau naturelle W_n (%)	5,9	3,8	7,4
Nature des échantillons	Sable	Sable	Sable
Granulométrie : - Passant à 50 mm (%) - Passant à 31,5 mm (%) - Passant à 20 mm (%) - Passant à 10 mm (%) - Passant à 5 mm (%) - Passant à 2 mm (%) - Passant à 1 mm (%) - Passant à 400 µm (%) - Passant à 315 µm (%) - Passant à 80 µm (%)	 100,0 100,0 100,0 99,6 99,4 98,1 87,3 15,7 2,9 2,2	 100,0 100,0 96,5 96,5 96,4 96,1 82,0 14,3 2,1 1,8	 100,0 100,0 88,0 86,5 85,7 84,9 76,5 10,9 2,9 2,0
Masse volumique humide ρ (kg/m^3)	1820	1850	1910
Valeur au bleu VBS (g/100g)	0,04	0,03	0,04
Classification GTR 92	D1	D1	D1

3.3.5.2 - Echantillons de sédiments marins

Les analyses suivantes ont été déposées au laboratoire Qwalilab et ont été réalisées par Eurofins sur les deux échantillons de sédiments marins (SM1 et SM2) :

	Analyses	SM1	SM2
Oligo-éléments Micropolluants minéraux	Antimoine (NF EN ISO 17294-2)	< 0,002 mg/kg MS	< 0,002 mg/kg MS
	Arsenic (NF EN ISO 11885)	< 0,20 mg/kg MS	< 0,20 mg/kg MS
	Baryum (NF EN ISO 11885)	< 0,10 mg/kg MS	< 0,10 mg/kg MS
	Cadmium (NF EN ISO 17294-2)	< 0,002 mg/kg MS	< 0,002 mg/kg MS
	Chrome (NF EN ISO 11885)	< 0,10 mg/kg MS	< 0,10 mg/kg MS
	Cuivre (NF EN ISO 11885)	< 0,20 mg/kg MS	< 0,20 mg/kg MS
	Mercure (NF EN ISO 17294-2)	< 0,001 mg/kg MS	< 0,001 mg/kg MS
	Molybdène (NF EN ISO 17294-2)	< 0,01 mg/kg MS	< 0,01 mg/kg MS
	Nickel (NF EN ISO 11885)	< 0,10 mg/kg MS	< 0,10 mg/kg MS
	Plomb (NF EN ISO 11885)	< 0,10 mg/kg MS	< 0,10 mg/kg MS
	Sélénium (NF EN ISO 17294-2)	< 0,01 mg/kg MS	< 0,01 mg/kg MS
	Zinc (NF EN ISO 11885)	< 0,20 mg/kg MS	< 0,20 mg/kg MS
Oxygènes et matières organique	COT sur éluant (NF EN 16192)	< 50 mg/kg MS	< 50 mg/kg MS
	COT par combustion sèche (NF EN 13137)	2770 mg/kg MS	1350 mg/kg MS
Composés benzéniques	Somme des BTEX	0,300 mg/kg MS	0,300 mg/kg MS
Traces d'hydrocarbures	Somme des HAP (NF ISO 18287)	2,9 mg/kg MS	0,19 mg/kg MS
	Hydrocarbures totaux - Indices hydrocarbures (C10−C40)	< 15,0 mg/kg MS	< 15,0 mg/kg MS

D'autres analyses ont été réalisées sur ces sédiments marins. Les résultats détaillés sont présentés en annexe 3.6.

4 - MODELES GEOTECHNIQUES PRELIMINAIRES

Le présent chapitre sera présenté par secteur (Figure 24) :

- Secteur 1 : Aménagement du poste de surveillance,
- Secteur 2 : Réalisation d'une buse enterrée,
- Secteur 3 : Extension du bassin de baignade (endiguement de protection).

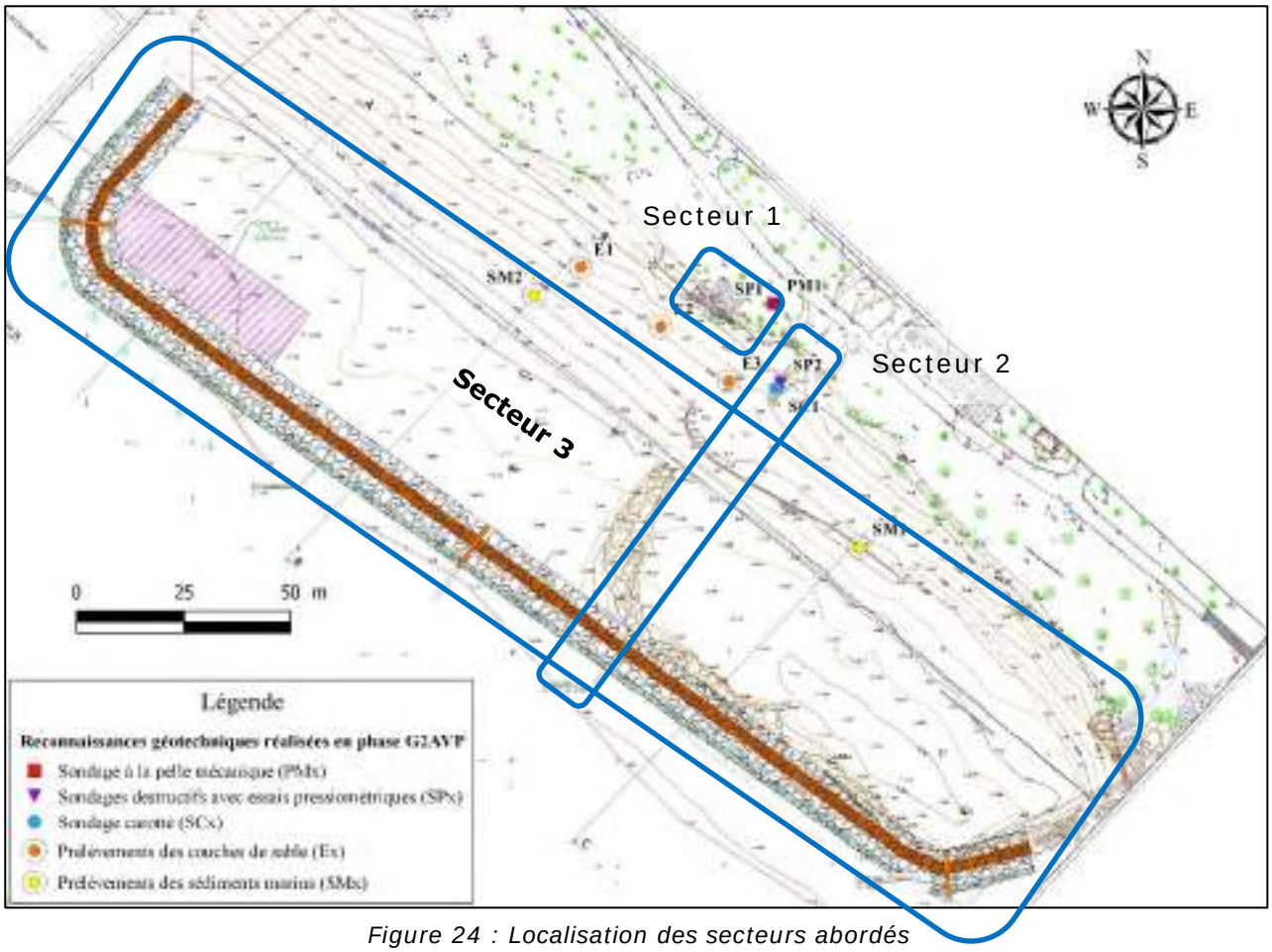


Figure 24 : Localisation des secteurs abordés

4.1 - SECTEUR 1 - AMÉNAGEMENT DU POSTE DE SURVEILLANCE

Cette partie traite de l'aménagement du poste de surveillance (Figure 25).

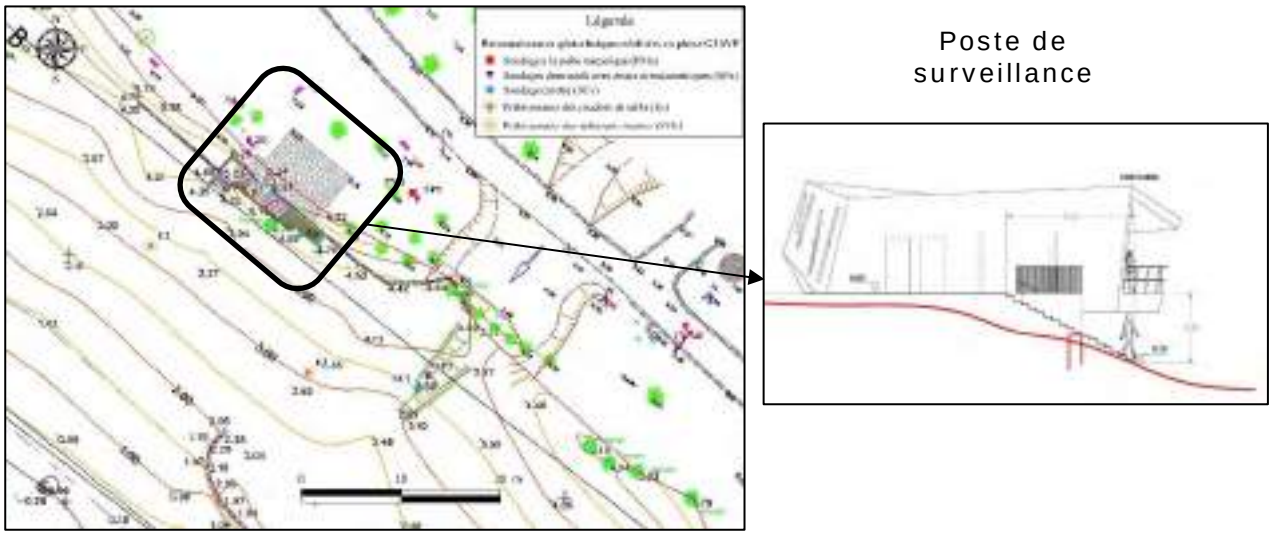


Figure 25 : Localisation et coupe du poste de surveillance

Le modèle géologique et le modèle géotechnique retenu pour le poste de surveillance se base sur le sondage à la pelle mécanique PM1 et le sondage destructif avec essais pressiométriques SP1.

Selon ces deux sondages, la géologie à proximité du futur poste de surveillance est la suivante (Figure 26) :

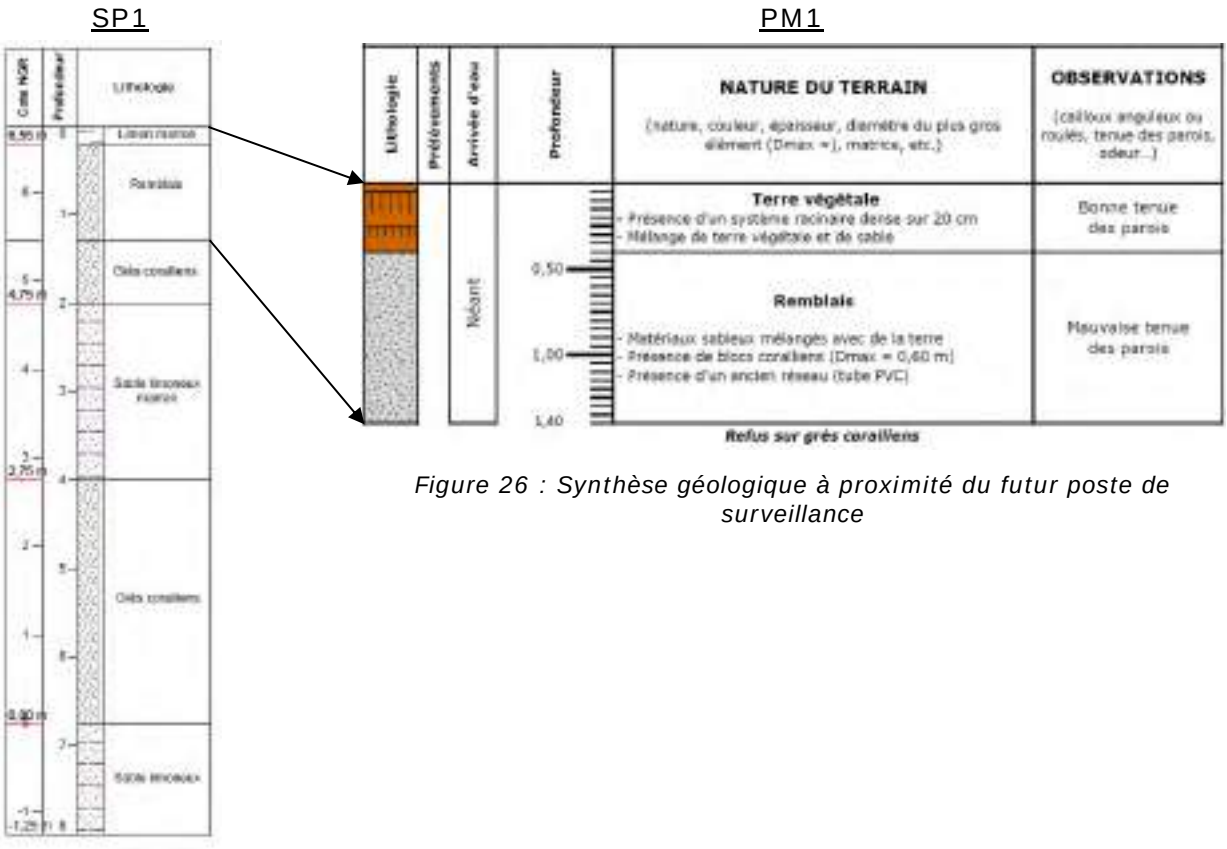


Figure 26 : Synthèse géologique à proximité du futur poste de surveillance

Le modèle géotechnique retenu pour le poste de surveillance est le suivant :

Sondage destructif de 8 m avec essais pressiométriques tous les 1,5 mètres				
Caractéristiques géotechniques *Valeurs moyennes issues des résultats du SP1*				
Nature des sols	Pl* (Mpa)	Pf* (Mpa)	Em (Mpa)	Em/Pl*
Grès coralliens	4,78	4,78	721,85	151,12
Sables limoneux	0,50	0,23	6,13	12,38

4.2 - SECTEUR 2 – BUSAGE ENTERRÉ

Cette partie traite de la construction d'une buse enterrée (Figure 27).

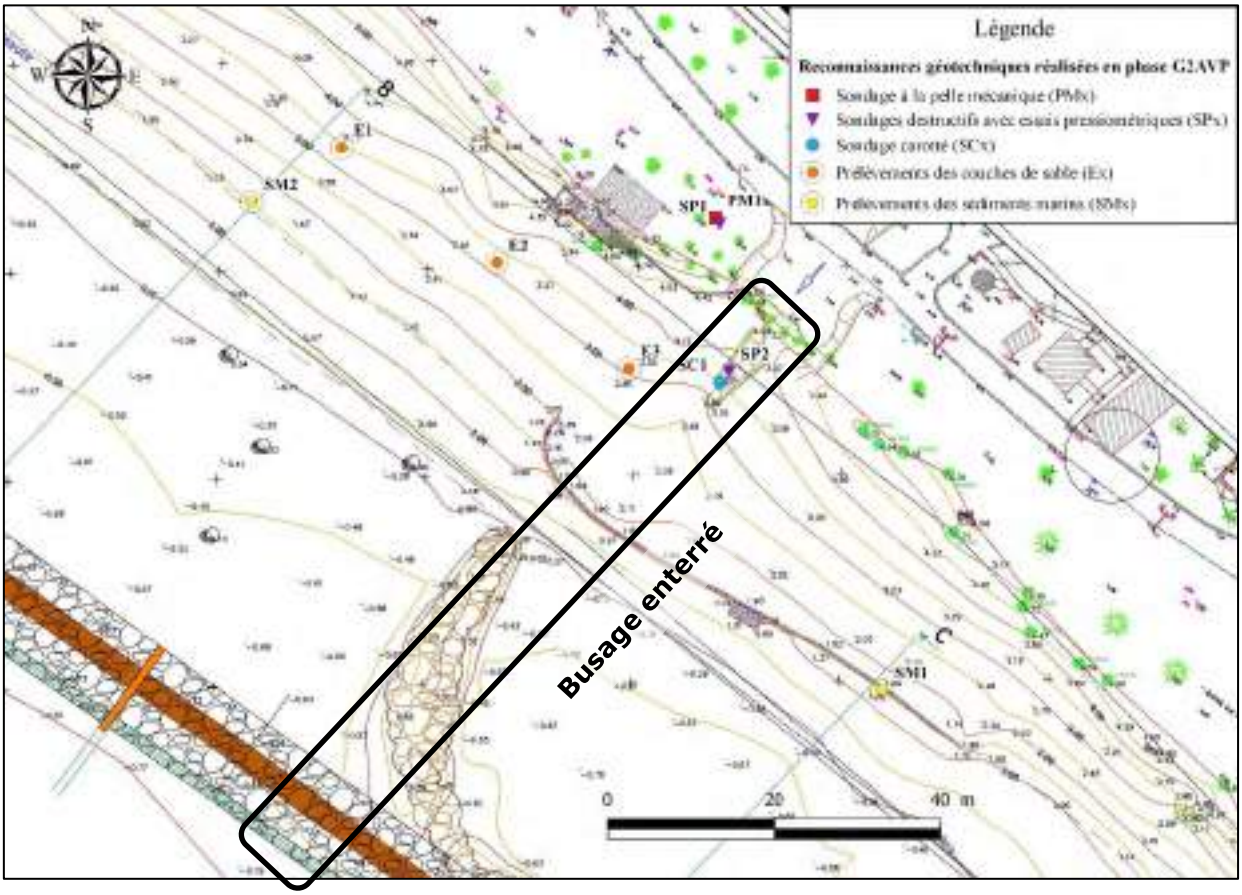


Figure 27 : Localisation approximative de la buse enterrée

Le modèle géologique et le modèle géotechnique retenu pour le busage enterré se base sur le sondage carotté SC1 et le sondage destructif avec essais pressiométriques SP2.

Selon le sondage carotté SC1, la géologie au droit de la buse enterré est la suivante (Figure 28) :

SC1

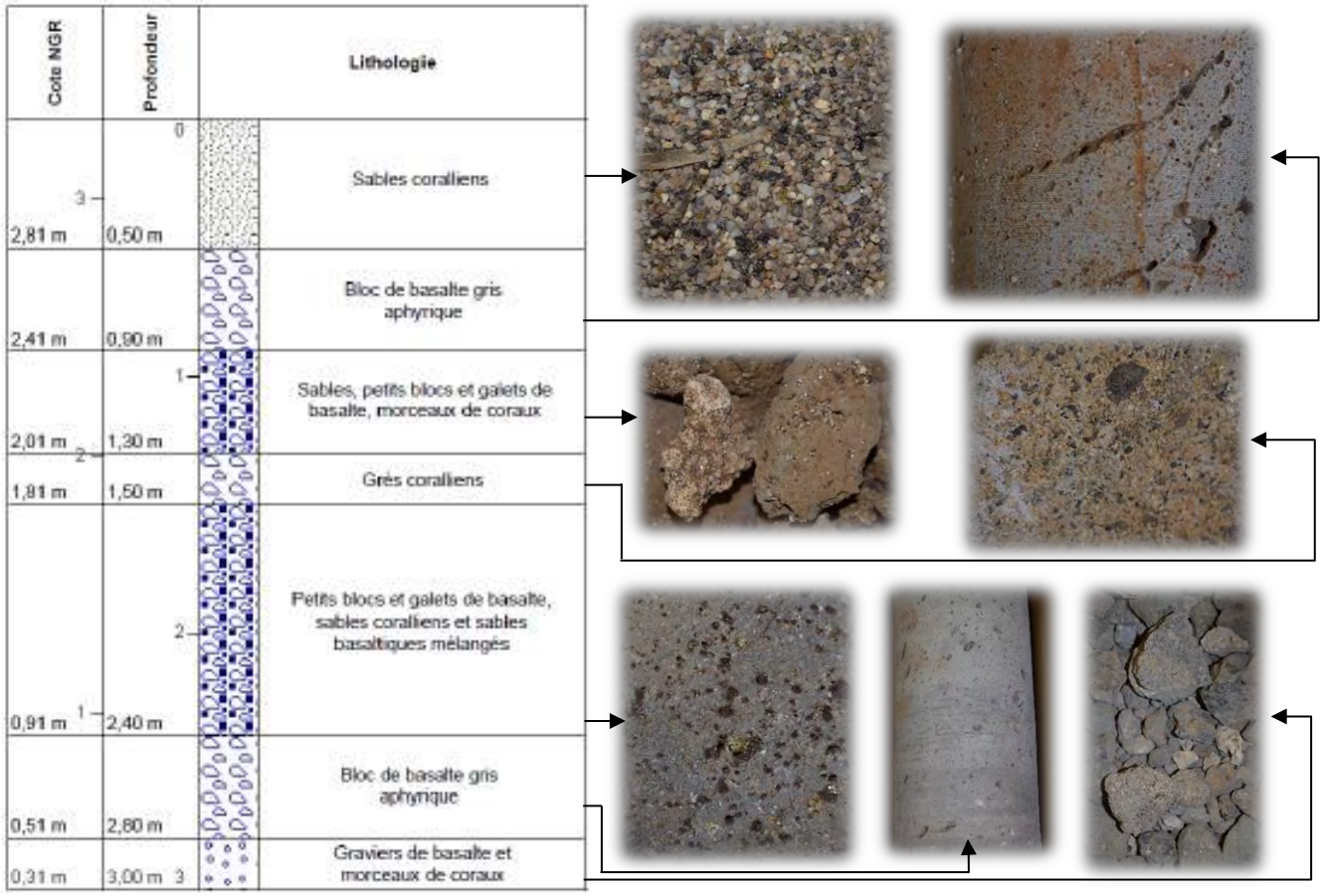


Figure 28 : Synthèse géologique au droit de la future buse enterrée (0,0 à 3,0 m de profondeur)

Le modèle géotechnique retenu pour la buse enterrée est le suivant :

Sondage destructif de 8 m avec essais pressiométriques tous les 1,5 mètres				
Caractéristiques géotechniques *Valeurs moyennes issues des 2 essais pressiométriques à -1,50 m et -4,50 m du SP2*				
Nature des sols	Pl* (Mpa)	Pf* (Mpa)	Em (Mpa)	Em / Pl*
Sables coralliens ou basaltiques	1,51	1,16	21,34	14,18

Remarques : Selon les plans fournis par SAFEGE, la buse enterrée sera située à -2,0 m de profondeur par rapport au terrain actuel. C'est pourquoi nous avons choisi de retenir uniquement les valeurs jusqu'à 5 m de profondeur pour définir les caractéristiques géotechniques au droit de la buse enterrée. L'essai pressiométrique à – 3,0 m/TA n'étant pas exploitable, seulement deux valeurs ont été utilisées pour définir les valeurs moyennes.

Suite aux analyses en laboratoire, les sables de la plage sont classés en catégorie D_1, selon la classification GTR. La classe de sols D_1 correspond à des sols insensibles à l'eau et ≤ 50 mm.

4.3 - SECTEUR 3 – EXTENSION DU BASSIN DE BAIGNADE

Cette partie traite de l'aménagement du bassin de baignade (Figure 29).

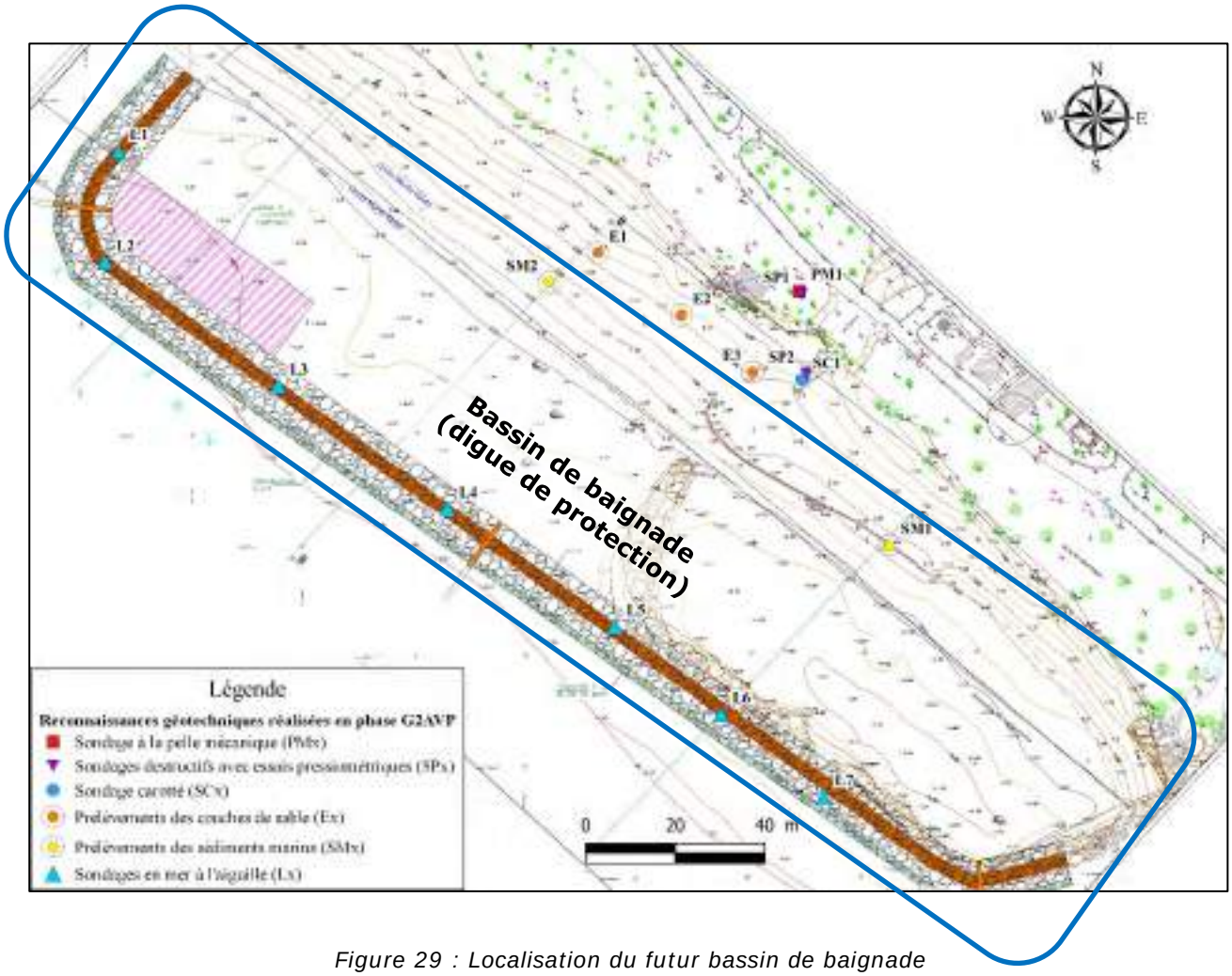


Figure 29 : Localisation du futur bassin de baignade

Les essais de lançage ont permis de valider l'absence de sables au droit de la future digue. De par la méthode utilisée (sondages à l'aiguille), il est complexe de connaître la nature géologique des sols en présence (dalle basalte ou grès coralliens). D'après les vidéos, des coraux sont présents au droit de la zone d'étude.

5 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LE POSTE DE SURVEILLANCE

5.1 - FONDATIONS

Suite aux sondages réalisés à proximité du poste de surveillance (SP1 et PM1), nous recommandons que les fondations du bâtiment soient ancrées dans les grès coralliens (Figure 30).

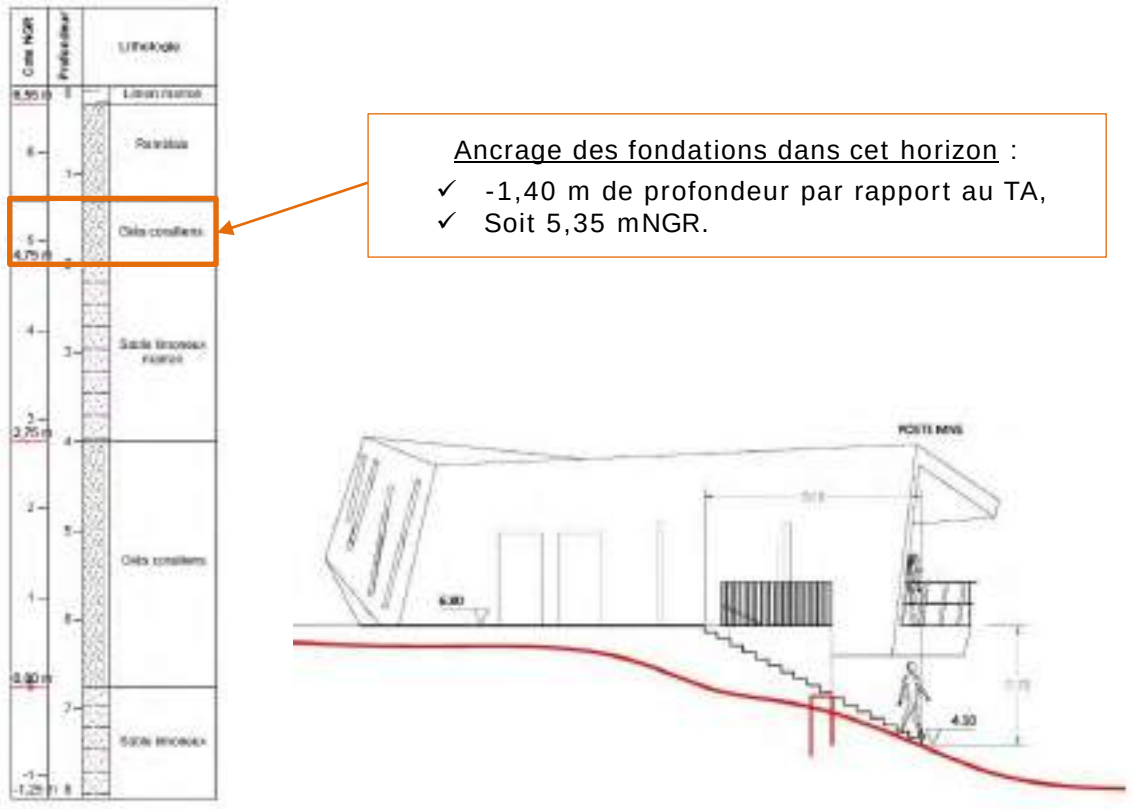


Figure 30 : Niveau d'ancrage des fondations (Sondage SP1) et coupe du bâtiment fournie par SAFEGE et UNIVERTDURABLE

5.1.1 - Principe de fondation envisageable ***– niveaux d'assises***

Au vu du projet et du modèle géologique/géotechnique, on pourra envisager de réaliser une fondation superficielle de type ponctuelle.

Pour l'heure, les niveaux d'assises précis n'ont pas encore été définis, mais nous préconisons de réaliser les fondations dans les grès coralliens décelées pendant la campagne de reconnaissance (SP1), en respectant les conditions énoncées ci-après. En aucun cas, le bâtiment sera fondé dans les remblais.

La réception du niveau des fouilles devra être validée par un géotechnicien (cadre d'une mission G4).

Dans le cas de la réalisation du poste de surveillance, les niveaux de fondations successives seront établis en redans selon une pente de 3H/2V reliant les arêtes des semelles avoisinantes.

L'encastrement des fondations dans cet horizon devra être d'au moins 50 cm.

*5.1.2 - **Capacité portante des sols d'assises***

A partir des résultats du sondage pressiométrique SP1, nous pouvons estimer une capacité portante des sols d'assises de la passerelle.

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats Limites Ultimes et de Services seront limitées à :

- 400 kPa (4 bars) aux ELS ;
- 600 kPa (6 bars) aux ELU.

Ces valeurs sont une estimation de la capacité portante et seront à ajuster suite à la réception des données en fonction de la géométrie et des niveaux de fondations retenus, et en intégrant l'inclinaison éventuelle des charges.

5.2 - TERRASSEMENTS

5.2.1 - Conditions de traficabilité en phase chantier

La nature sablo-limoneuse des terrains en surface leur confère une sensibilité à l'eau importante qui pourrait engendrer des difficultés de traficabilité en phase chantier, notamment en période pluvieuse.

L'Entreprise en charge de la réalisation des travaux travaillera de préférence en saison sèche ou prendra les dispositions nécessaires pour assurer la traficabilité du chantier.

5.2.2 - Extraction

Les remblais (sables limoneux) constituent des sols meubles qui ne poseront pas de problème d'extraction avec des engins courants de terrassement. Néanmoins, la présence de grès coralliens pourra nécessiter un engin de terrassement plus puissant (BRH ou ripper).

5.2.3 - Stabilités des talus

Les pentes provisoires (< 2 semaines) des terrassements dans les remblais nécessaires à la réalisation du mur de soutènement n'excèderont pas 1V/1H pour des hauteurs inférieures à 3,00 m.

Les pentes provisoires (< 2 semaines) des terrassements dans les grès coralliens nécessaires à la réalisation des fouilles du projet n'excèderont pas 3V/2H.

Les pentes provisoires (< 2 semaines) des terrassements dans les sables limoneux nécessaires à la réalisation des fouilles du projet n'excèderont pas 1V/1H pour des hauteurs inférieures à 3,00 m et 3H/2V pour des hauteurs supérieures à 3,00 m.

Dans le cas où les pentes des talus excèderaient ces valeurs, des ouvrages de soutènement et/ou blindage devront être dimensionnés (cadre de la mission G2 PRO).

Dans le cas où des précipitations se produiraient en cours d'excavation, on réduira ces pentes à la valeur de l'angle de frottement de ces matériaux.

5.2.4 - Ouvrage de soutènement

Pour l'ensemble des portions du mur qui seront d'une hauteur supérieure ou égal à 2,00 m de hauteur, ces ouvrages seront considérés comme des ouvrages de soutènement et devront être justifiés à la stabilité générale, externe (glissement, basculement, poinçonnement) et interne conforment à la NF P 94-281.

On pourra, en première approche, utiliser les hypothèses géo-mécaniques suivantes :

Nature des sols	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion (kPa)	Angle de frottement interne (°)
Remblai	19	0	30
Grès coralliens	20	28	40
Sables limoneux	18	5	25

NB : l'ensemble de ces données est donné à titre indicatif, en première approche. Toutes les données devront être validées en phase G2PRO par des essais appropriés.

Les ouvrages de soutènement seront réalisés selon les règles de l'art, dimensionnés et ancrées dans les grès coralliens.

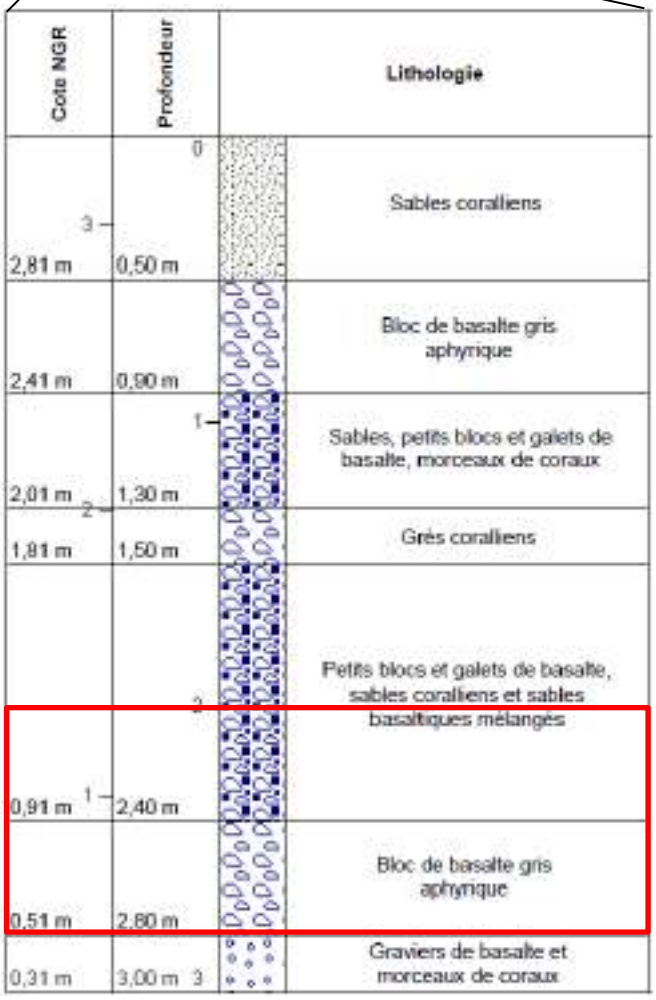
Un drainage pérenne des ouvrages devra être mis en place par des barbacanes, voire par des matériaux drainants, à l'arrière des murs. Les eaux seront collectées et rejetées vers un exutoire.

6 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LE BUSAGE ENTERRE

6.1 - FONDATIONS

Suite aux sondages réalisés au droit de la buse enterrée (SP2 et SC1), celle-ci sera ancré dans les niveaux suivants (Figure 31) :





Emplacement approximatif de la buse ± 20 cm

Figure 31 : Localisation du sondage sur la coupe présentant l'emplacement de la buse / Positionnement de la buse au sein du sondage SC1

6.2 - TERRASSEMENTS

Seulement deux sondages (SC et SP) ont été réalisés au droit de la future canalisation. Les essais de lançage nous indiquent qu'il n'y a pas de couches de sables au droit de la zone d'extension du bassin de baignade et qu'on se trouve sur de la roche de nature indéterminée (basalte ou grès coralliens).

La majorité des terrassements pourront donc être réalisés par des engins de lame classique. Sur la plage, les sables et galets ne poseront pas de problème d'extraction avec des engins courants de terrassement.

Néanmoins, de par de la présence de grès coralliens et/ou de blocs basaltiques, il pourra être nécessaire d'utiliser localement un BRH.

6.2.1 - Terrassement – Mise en oeuvre de la canalisation sur terre

Des talus en déblai provisoires secs et non surchargés en tête, d'une hauteur maximale de 3,00 m, pourront être terrassés selon une pente de 3H/2V.

Pour la mise en place des réseaux, en cas de terrassement de plus 1,30 m de profondeur, un blindage des fouilles sera nécessaire (Figure 32).



Figure 32 : Préconisation de mise en place de blindage en fonction des terrassements

6.2.2 - Mise en oeuvre de la canalisation en mer

Pour mettre en œuvre la canalisation (DN 400 mm) en mer, des techniques par forage dirigé (marteau de percussion, etc.) ou par fonçage pourront être utilisées (Figure 33).

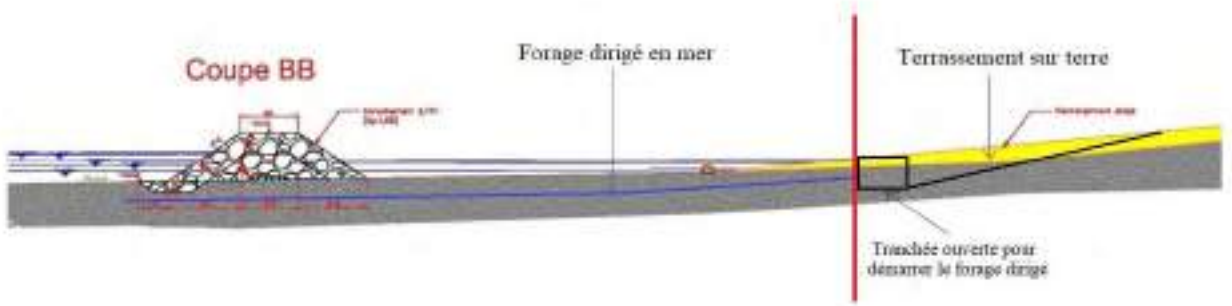


Figure 33 : Illustration des techniques possibles pour mettre en place la canalisation DN 400 mm

Dans le cadre de la mission G2PRO, une étude spécifique devra être réalisée pour la réalisation du forage dirigé ou fonçage.

6.3 - RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX EN REMBLAI

Les analyses en laboratoire permettent de classer les sables de plage (E1 à E3) selon la classe de sol suivante (classification GTR) :

- Classe D : Sols insensibles à l'eau.

Ci-dessous le tableau récapitulatif des classes GTR et des classes de sols associées à chaque échantillon :

Sondages	Profondeur de **l'échantillon** prélevé	Classe GTR	Classe des sols
E1	-1,5 m/TA	D1	Classe D Sols insensibles à l'eau
E2	-2,0 m/TA	D1	
E3	-1,6 m/TA	D1	

Ces sols sont sans cohésion et perméables. Leur granulométrie, souvent mal graduée et de petit calibre, les rend très érodables et d'une « traficabilité » difficile.

Selon les trois classes de sols définies précédemment, les conditions de réutilisation des matériaux en remblai sont les suivantes :

Classe de sols	Situation météorologique	Conditions **d'utilisation** en remblai	Code E G W T R C H
D1	Toutes situations météorologiques	Compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0

Remarques générales : Ces sols peuvent poser, surtout si leur granulométrie est uniforme, des problèmes de traficabilité. Pour limiter ces problèmes, un arrosage peut s'avérer efficace.

6.4 - MISE EN PLACE DE LA BUSE ENTERRÉE SUR TERRE

*6.4.1 - **Réalisation d'un lit de pose***

Le fond des tranchées sera arasé au minimum à 0,10 m au-dessous de la cote prévue pour la génératrice inférieure de la canalisation. Le fond des tranchées sera ensuite compacté afin d'assurer sa stabilité et sa planéité.

Sur cette épaisseur, un lit de pose sera constitué de matériau contenant moins de 5% de particules fines (particules < 0,1 mm) et ne contenant pas de particules de diamètre supérieur à 30 mm.

6.4.2 - Remblaiement

Le remblaiement sur buse doit faire l'objet d'un soin particulier afin de garantir sa longévité. Pour la réalisation de la buse enterrée, une tranchée de type IV (Figure 34) devra être réalisée (réseaux sous espaces naturels).

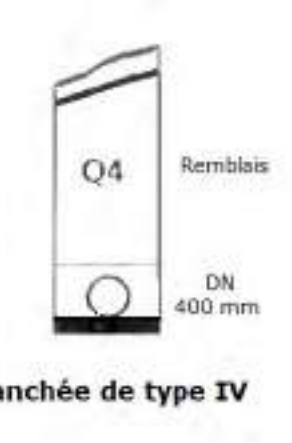


Figure 34 : Schéma de principe de mise en place de la buse

Les matériaux de déblais, classés D_1, pourront être réutilisés en remblai dans la partie inférieure (PIR) et supérieure (PSR) avec un objectif de densification Q4.

6.4.3 - Critère de réception des remblais sur buse

Pour atteindre un objectif de densification en qualité Q4 (*Figure 35*), les critères de réception sont les suivants :

Critère	Objectif de densification Qualité Q4
Masse volumique moyenne supérieure à	95 % ρd OPN
Masse volumique fond de couche supérieure à	92 % ρd OPN

Figure 35 : Critère de réception (qualité Q4) des remblais

7 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS **POUR LA MISE EN ŒUVR**E DE LA DIGUE DE PROTECTION

7.1 - FONDATIONS

Suite aux essais de lançage (L1 à L7) réalisés au droit de la future digue de protection (bassin de baignade), nous pouvons conclure que la digue reposera sur des grès coralliens ou du basalte (rocher de nature indéterminé - Figure 36). Au regard de la nature du sol (roche), les tassements attendus seront faibles.

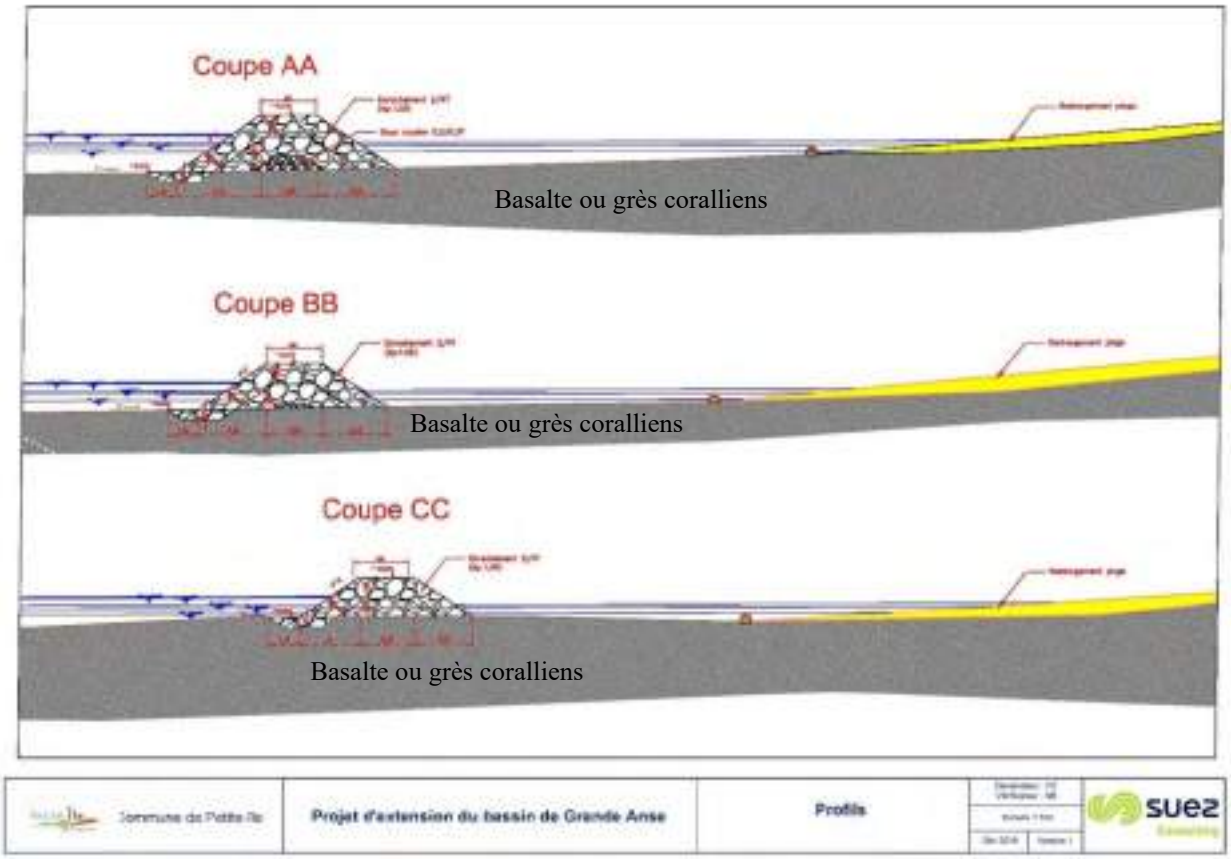


Figure 36 : Coupes de la digue de protection

En l'absence de données géologiques et géotechniques plus précises au droit de la digue de protection, les contraintes admissibles des sols d'assises et les tassements seront définies en phase projet (G2PRO).

7.2 - TERRASSEMENTS

Dans le cas de la réalisation de la bêche de la digue de protection, il pourra être nécessaire d'utiliser un BRH de par la présence de grès coralliens et/ou d'une dalle basaltique.

8 - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu de la mission géotechnique. Cette mission G2AVP, confiée à Géolithe, a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des données fournies et des résultats des investigations et présente certains principes d'adaptation au sol des ouvrages géotechniques.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le projet et le contexte géologique / géotechnique. Plus précisément :

- Les plans définitifs du poste de surveillance ;
- Les descentes de charges du poste de surveillance ;
- L'implantation précise de la buse enterrée ;
- Le niveau d'eau de la nappe phréatique ;
- Les interactions entre la nappe et l'océan (biseau salé ?) ;
- Les circulations d'eau superficielle en période pluvieuse, difficilement quantifiables ;
- L'épaisseur exacte des grès coralliens et le toit du basalte (inconnu) ;
- La nature géologique (grès coralliens ou basalte) au droit de la future digue de protection.

Dès à présent, on pourra envisager de réaliser des investigations complémentaires (sondages à la pelle mécanique) au droit de la future buse enterrée et de la digue pour préciser la nature des sols.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques. Il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G2PRO à G4) devra suivre la présente étude (mission G2AVP).

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

ANNEXES

Annexe 1 : Extrait de la classification des missions géotechniques selon NFP 94-500

Annexe 2 : Plans d'implantation des reconnaissances géotechniques réalisées au droit de la zone d'étude

Annexe 3 : Résultats des reconnaissances géotechniques (G2AVP)

3.1. Résultats des sondages à la pelle mécanique (PM1, E1 à E3)

3.2. Résultats des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1, SP2)

3.3. Résultats du sondage carotté (SC1)

3.4. Résultats des essais de lançages (L1 à L7)

3.5. Résultats des analyses en laboratoire sur les sables (E1 à E3 - analyse GTR)

3.6. Résultats des analyses en laboratoire sur les sédiments marins (SM1, SM2 – analyses chimiques)

Annexe 1

Extrait de la norme NF P94-500

« Classification des missions d'ingénierie géotechniques »

Afnor, Normes en ligne pour: GEOLITHE SAS le 19/12/2013 à 17:21

4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Afnor, Normes en ligne pour: GEOLITHE SAS le 19/12/2013 à 17:21

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

— Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

— Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).

— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

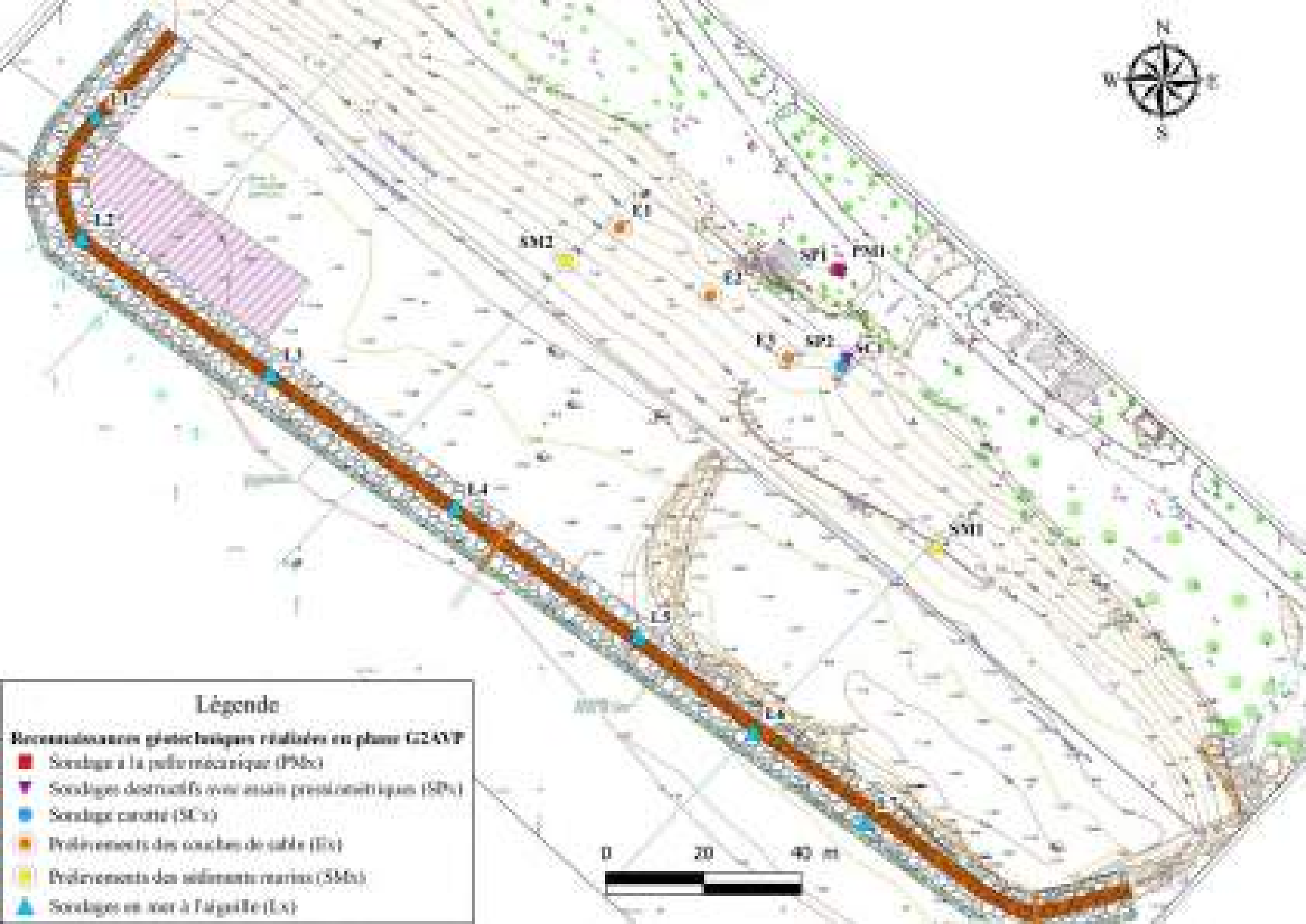
— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Annexe 2

Plans d'implantation des reconnaissances géotechniques réalisées au droit de la zone d'étude


N
W
E
S
L1
L2
L3
L4
L5
L6
E1
E2
E3
SM2
SP1
PM1
SP2
SC1
SM1
0
20
40 m
Légende
Reconnaissances géotechniques réalisées en phase G2AVP
Sondage à la pelle mécanique (PMx)
Sondages destructifs avec essais pressiométriques (SPx)
Sondage carotté (SCx)
Prélèvements des couches de sable (Ex)
Prélèvements des sédiments marins (SMx)
Sondages en mer à l'aiguille (Ex)


L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
SM2
SM1
SP1
SP2
0
20
40 m
Légende
Reconnaissances géotechniques réalisées en phase G2AVP
Sondage à la pelle mécanique (PMx)
Sondages destructifs avec essais pressiométriques (SPx)
Sondage carotté (SCx)
Prélèvements des couches de sable (Ex)
Prélèvements des sédiments marins (SMx)
Sondages en mer à l'aiguille (Lx)

Annexe 3

Résultats des reconnaissances géotechniques (G2AVP)

3.1. Résultats des sondages à la pelle mécanique (PM1, E1 à E3)

3.2. Résultats des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1, SP2)

3.3. Résultats du sondage carotté (SC1)

3.4. Résultats des essais de lançages (L1 à L7)

3.5. Résultats des analyses en laboratoire sur les sables (E1 à E3 - analyse GTR)

3.6. Résultats des analyses en laboratoire sur les sédiments marins (SM1, SM2 – analyses chimiques)

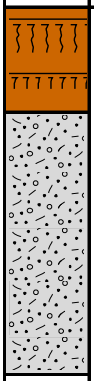
Annexe 3.1

Résultats des sondages à la pelle mécanique (PM1, E1 à E3)

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	Coordonnées (en m)		N° sondage :	PM1
N°affaire :	19-249	X :	349484,51	Date sondage :	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	Y :	7636280,16	Opérateur :	JC
		Z :	6,7		



Prélèvements	Arrivée d'eau	Profondeur	NATURE DU TERRAIN (nature, couleur, épaisseur, diamètre du plus gros élément (Dmax =), matrice, etc.)	OBSERVATIONS (cailloux anguleux ou roulés, tenue des parois, odeur...)
		0,00	**Terre végétale** - Présence d'un système racinaire dense sur 20 cm - Mélange de terre végétale et de sable	Bonne tenue des parois
	Néant	0,50	**Remblais** - Matériaux sableux mélangés avec de la terre - Présence de blocs coralliens (Dmax = 0,60 m) - Présence d'un ancien réseau (tube PVC)	Mauvaise tenue des parois
		1,00		
		1,50	*Refus sur grès coralliens*	
		2,00		
		2,50		
		3,00		
		3,50		
		4,00		
		4,50		
		5,00		

Remarques : Aucune arrivée d'eau franche n'a été recensée sur la profondeur reconnue.

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	N° sondage :	PM1
N°affaire :	19-249	Date sondage :	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	Opérateur :	JC



Terre végétale avec système racinaire dense

Remblais
Matériaux sableux avec présence de blocs coralliens

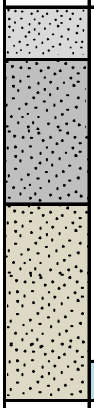
Blocs coralliens



GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	Coordonnées (en m)		N° sondage :	E1
N°affaire :	19-249	X :	349439,54	Date sondage :	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	Y :	7636288,64	Opérateur :	JC
		Z :	3,02		



Prélèvements	Arrivée d'eau	Profondeur	NATURE DU TERRAIN (nature, couleur, épaisseur, diamètre du plus gros élément (Dmax =), matrice, etc.)	OBSERVATIONS (cailloux anguleux ou roulés, tenue des parois, odeur...)
	Néant	0,00	Sables fins - Couleur gris clair	Mauvaise tenue des parois
			Sables fins - Couleur gris foncé - Présence de racines des patates à durand - Pas de blocs coralliens	
		0,50		
		1,00	Sables fins - Couleur gris marron - Présence de blocs coralliens (Dmax = 15 cm)	
E1		1,50	*Arrêt par l'opérateur*	
		2,00		
		2,50		
		3,00		
		3,50		
		4,00		
		4,50		
		5,00		

Remarques : *Aucune arrivée d'eau franche n'a été recensée sur la profondeur reconnue.*

Arrêt du sondage par l'opérateur à cause de la mauvaise de tenue des fouilles (effondrement de la fouille).

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	N° sondage :	E1
N°affaire :	19-249	Date sondage :	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	Opérateur :	JC



Sables fins gris clairs
[0,00 m à -0,20 m/TA]

Sables fins gris foncés
[-0,20 m à -0,70 m/TA]

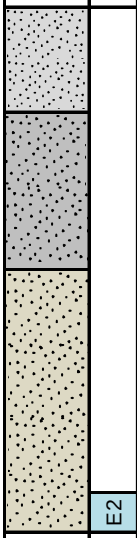
Sables fins gris marrons
[-0,70 m à -1,50 m/TA]



GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	Coordonnées (en m)		N° sondage :	E2
N°affaire :	19-249	X :	349458,17	Date sondage :	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	Y :	7636274,77	Opérateur :	JC
		Z :	3,12		



Prélèvements	Arrivée d'eau	Profondeur	NATURE DU TERRAIN (nature, couleur, épaisseur, diamètre du plus gros élément (Dmax =), matrice, etc.)	OBSERVATIONS (cailloux anguleux ou roulés, tenue des parois, odeur...)
	Néant	0,00	Sables fins - Couleur gris clair	Mauvaise tenue des parois
		0,50	Sables fins - Couleur gris foncé - Pas de blocs coralliens	
		1,00	Sables fins - Couleur gris marron - Présence de blocs coralliens (Dmax = 10 cm) et de coquillages	
E2		1,50		
		2,00	*Arrêt par l'opérateur*	
		2,50		
		3,00		
		3,50		
		4,00		
		4,50		
		5,00		

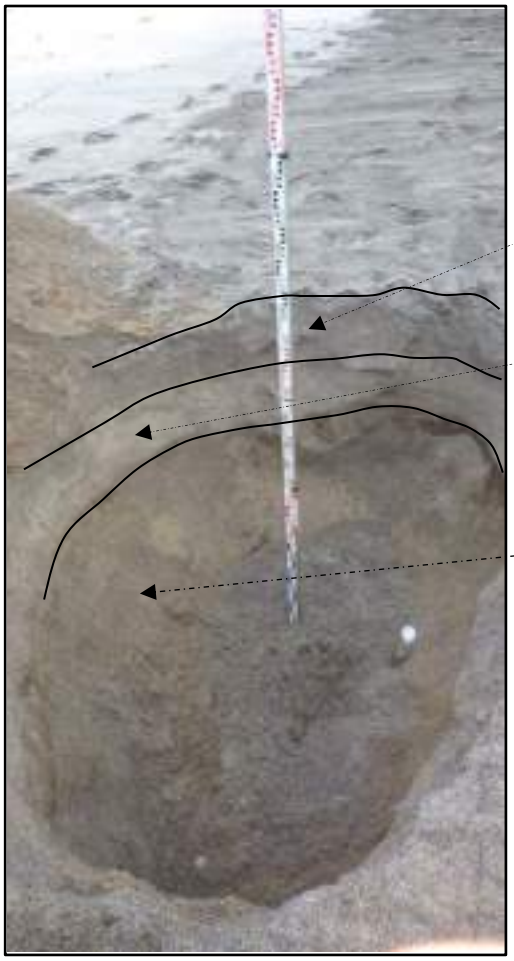
Remarques : *Aucune arrivée d'eau franche n'a été recensée sur la profondeur reconnue.*

Arrêt du sondage par l'opérateur à cause de la mauvaise de tenue des fouilles (effondrement de la fouille).

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	N° sondage :	E2
N°affaire :	19-249	Date sondage :	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	Opérateur :	JC



Sables fins gris clairs
[0,00 m à -0,20 m/TA]

Sables fins gris foncés
[-0,40 m à -1,00 m/TA]

Sables fins gris marrons
[-1,00 m à -2,00 m/TA]



GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	Coordonnées (en m)		N° sondage :	E3
N°affaire :	19-249	X :	349474,08	Date sondage :	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	Y :	7636262,03	Opérateur :	JC
		Z :	3,02		

Lithologie	Prélèvements	Arrivée d'eau	Profondeur	NATURE DU TERRAIN (nature, couleur, épaisseur, diamètre du plus gros élément (Dmax =), matrice, etc.)	OBSERVATIONS (cailloux anguleux ou roulés, tenue des parois, odeur...)
		Néant	0,00	Sables fins - Couleur gris clair	Mauvaise tenue des parois
			0,50	Sables fins - Couleur gris marron - Présence de galets roulés et blocs coralliens (Dmax = 30cm)	
	E3		1,00		
			1,50	*Arrêt par l'opérateur*	
			2,00		
			2,50		
			3,00		
			3,50		
			4,00		
			4,50		
			5,00		

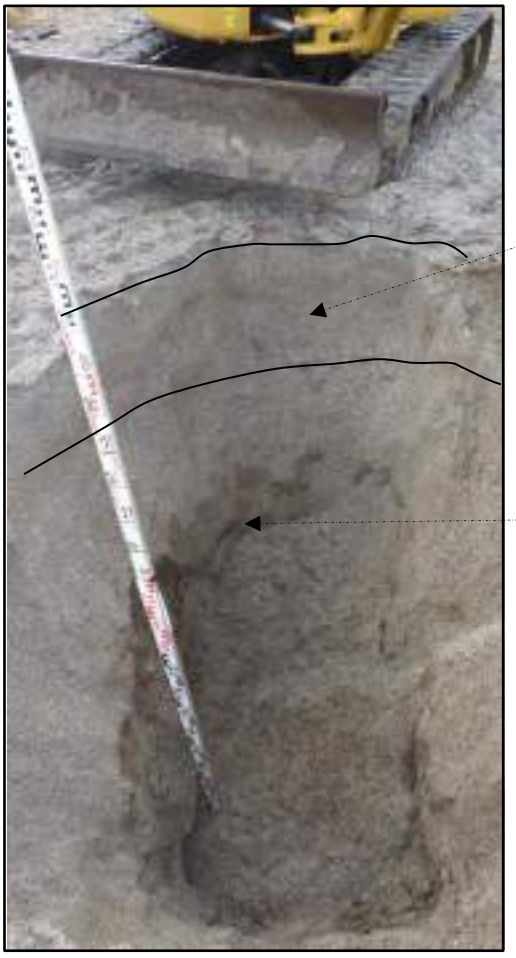
Remarques : Aucune arrivée d'eau franche n'a été recensée sur la profondeur reconnue.

Arrêt du sondage par l'opérateur à cause de la mauvaise de tenue des fouilles (effondrement de la fouille).

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	N° sondage :	E3
N°affaire :	19-249	Date sondage :	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	Opérateur :	JC



Sables fins gris clairs
[0,00 m à -0,60 m/TA]

Sables fins gris marrons avec blocs
[-0,60 m à -1,60 m/TA]



Annexe 3.2

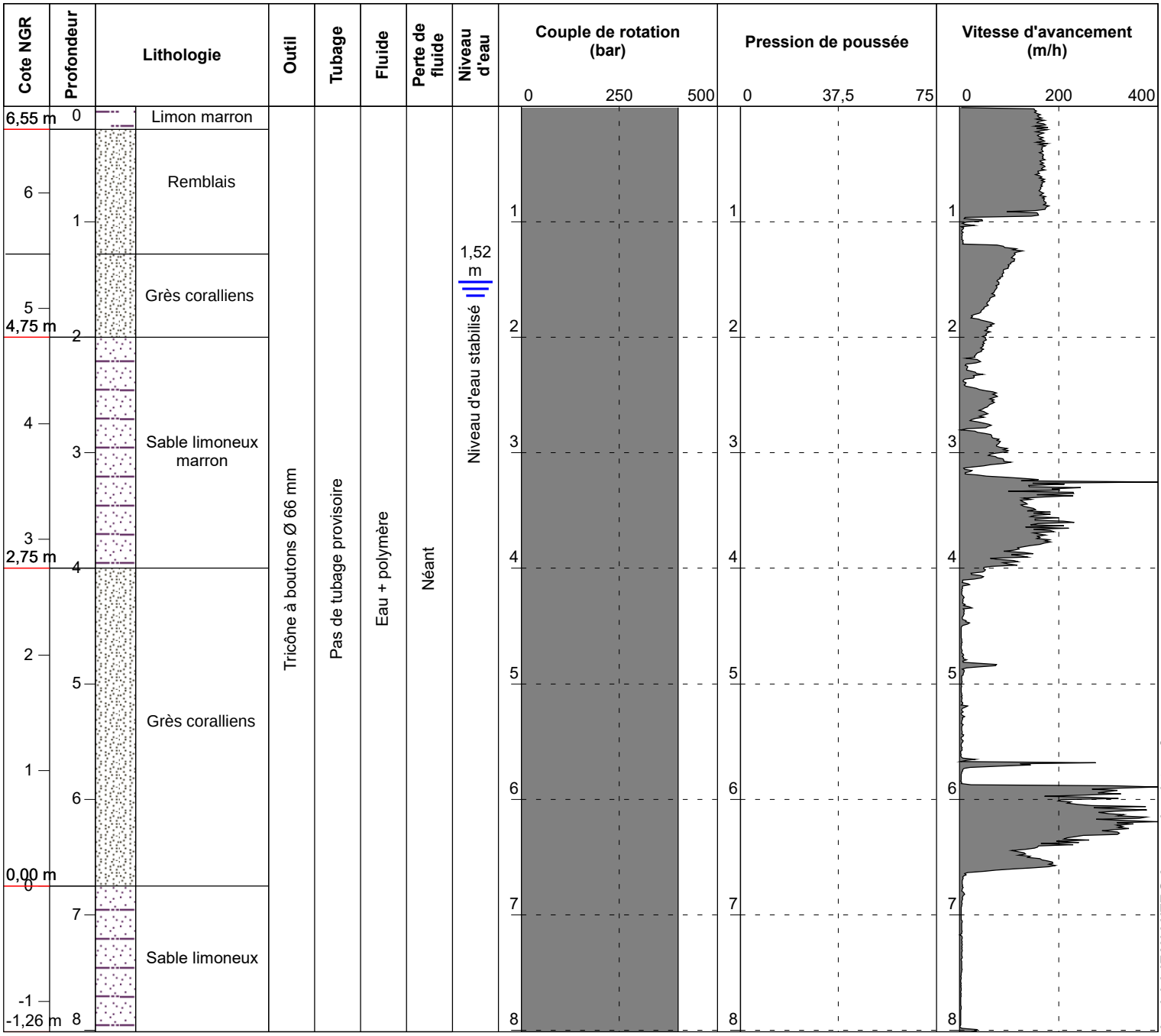
Résultats des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1, SP2)

Chantier N°: 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: 02/08/2019	Cote NGR	: 6.75	Profondeur	: 0,00 - 8,01 m
Date fin	: 02/08/2019	Machine	: GEO 405	X	: 349 485.00
				Y	: 7 636 279.43

Forage : SP1



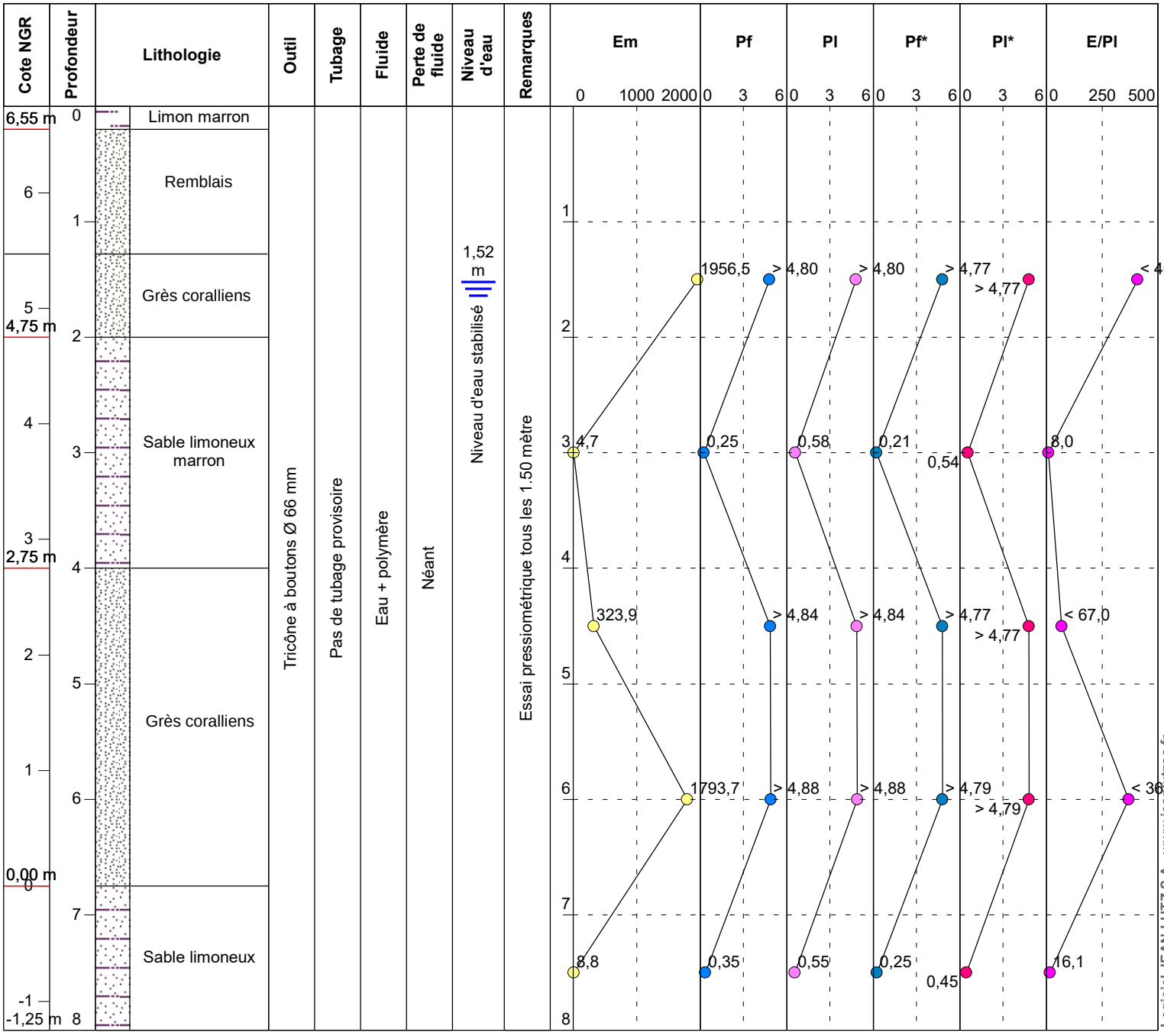
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Chantier N° : 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: **02/08/2019**	Cote NGR	: **6.75**	Profondeur	: **0,00 - 8,00 m**
Date fin	: **02/08/2019**	Machine	: **GEO 405**	X	: **349 486.11**
				Y	: **7 636 279.43**

Forage : SP1

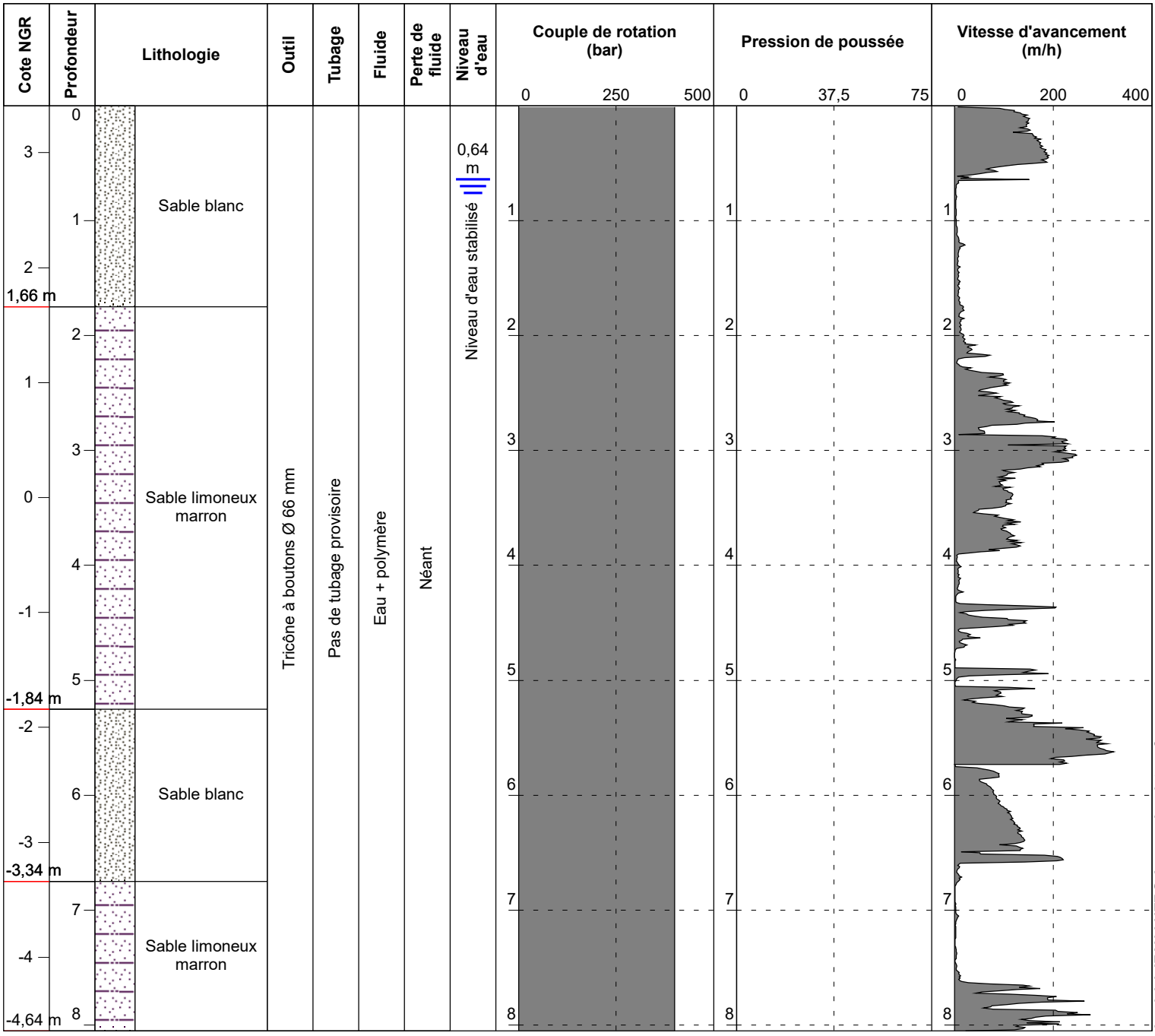


Chantier N°: 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: **05/08/2019**	Cote NGR	: **3.41**	Profondeur	: **0,00 - 8,05 m**
Date fin	: **05/08/2019**	Machine	: **GEO 405**	X	: **349 486.11**
				Y	: **7 636 261.65**

Forage : SP2



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

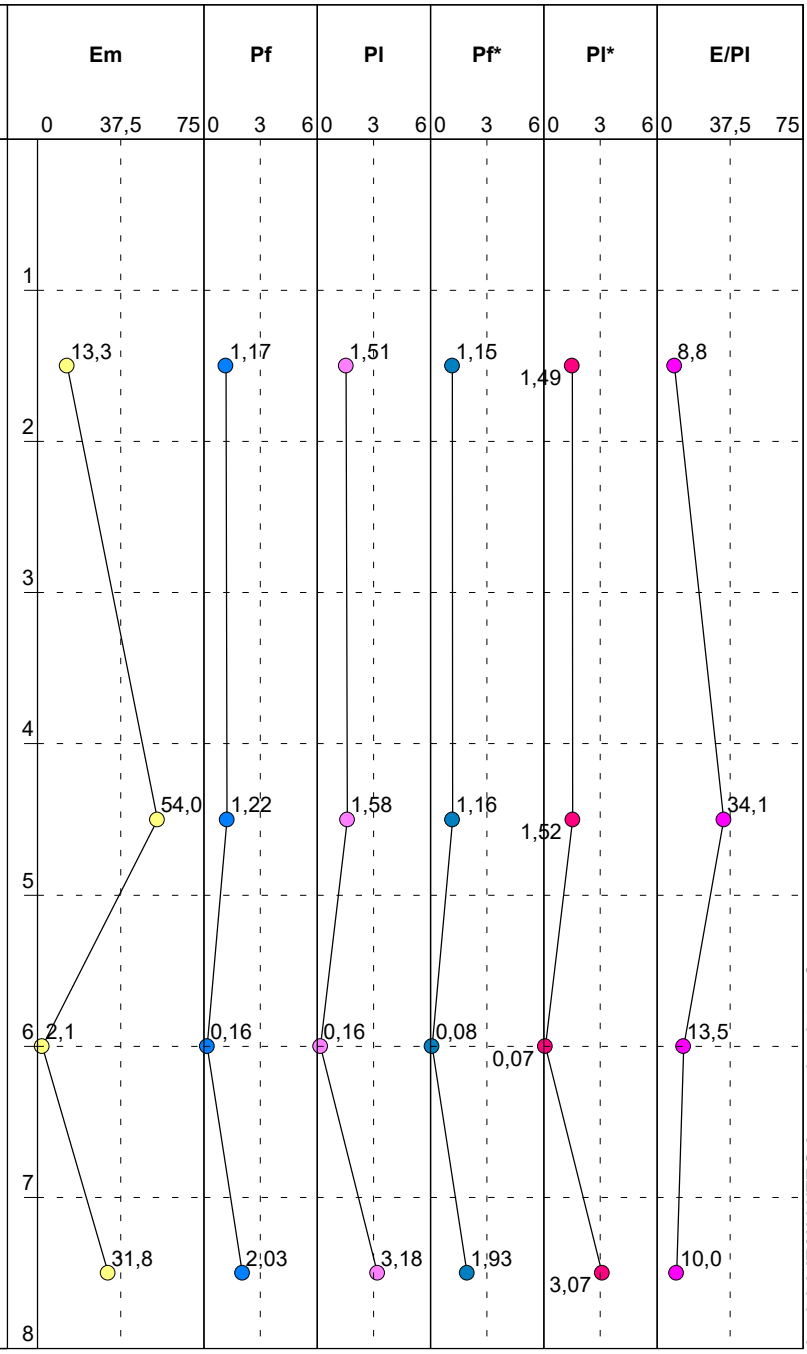
Chantier N° : 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: **05/08/2019**	Cote NGR	: **3.41**	Profondeur	: **0,00 - 8,00 m**
Date fin	: **05/08/2019**	Machine	: **GEO 405**	X	: **349 486.11**
				Y	: **7 636 261.65**

Forage : SP2

Cote NGR	Profondeur	Lithologie	Outil	Tubage	Fluide	Perte de fluide	Niveau d'eau	Remarques
3 – 2 – 1,66 m – 1 – 0 – -1 – -1,84 m – -2 – -3 – -3,34 m – -4 – -4,59 m	0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8	Sable blanc Sable limoneux marron Sable blanc Sable limoneux marron	Tricône à boutons Ø 66 mm	Pas de tubage provisoire	Eau + polymère	Néant	0,64 m Niveau d'eau stabilisé	Essai pressiométrique tous les 1.50 mètre Essai inexploitable à - 3 mètres



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Annexe 3.3

Résultats du sondage carotté (SC1)

Contrat : 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: **06/08/2019**	Cote NGR	: **3.31**	Profondeur	: **0,00 - 3,00 m**
Date fin	: **06/08/2019**	Machine	: **GEO 405**	X	: **349 485.05**
				Y	: **7 636 260.36**

Forage : SC1

Cote NGR	Profondeur	Lithologie	Outil	Tubage	Fluide	Perte de fluide	Remarques	Caisses	% Récupération
2,81 m	0,50 m	Sables coralliens	Carottier à cable PQ à couronne castodrill	Tubage PQ provisoire	Eau + polymère	Néant	Néant	CN1	20
2,41 m	0,90 m	Bloc de basalte gris aphyrique							
2,01 m	1,30 m	Sables, petits blocs et galets de basalte, morceaux de coraux							100
1,81 m	1,50 m	Grès coralliens							
0,91 m	2,40 m	Petits blocs et galets de basalte, sables coralliens et sables basaltiques mélangés							40
								2,40 m	80
0,51 m	2,80 m	Bloc de basalte gris aphyrique						CN2	
0,31 m	3,00 m	Graviers de basalte et morceaux de coraux						3,00 m	100

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr


FORINTECH
N° de chantier : 19-23
Client : GEOLITHE
Chantier : Grande-Anse
Sondage : SC1 Caisse : 01
De 0,00 m à 2,40 m


FORINTECH
N° de chantier : 19-23
Client : GEOLITHE
Chantier : Grande-Anse
Sondage : SC1 Caisse : 02
De 2,40 m à 3,00 m

Annexe 3.4

Résultats des essais de lançages (L1 à L7)






FORINTECH

FORAGE
INJECTION
TECHNOLOGIE

-SONDAGE GRANDE ANSE-

OCEATRA

TRAVAUX MARITIMES ET SOUS-MARINS

Equipe scaphandrier

- ROMAIN MATTEI
- JONATHAN DUMONTIER
- VINCENT IMART

Présent sur site avant 7h30 afin de bénéficier de la marée.

Les plongeurs ont été équipés de baudrier + ligne de vie+ casques canyoning.

Méthode pour les 7 sondages :

SONDAGES A FAIRE
PLONGEURS

LIGNE DE VIE ENTRE CHAQUE PLONGEUR



LES 7 SONDAGES en vidéo (plaquette numérotée, date, lieu du Sondage, N° du sondage, OCETRA)

Les 7 sondages à l'aiguille montrent la profondeur des essais et la nature du terrain. Chaque vidéo est nommé de la manière suivante : L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, correspondant au plan d'implantation fourni par le client.

Les 7 sondages réalisés sur le site de Grande anse montre l'absence de sable.

Le terrain est dur (basalte ; plaque corallienne ; roche) à déterminer.

Quelques petits coraux sur les points sondés visible sur les vidéos.

Capture d’image sur le sondage L1 vidéo



Capture d’image sur le sondage L3 vidéo



Capture d’image sur le sondage L4 vidéo



Capture d’image sur le sondage L5 vidéo



Capture d’image sur le sondage L6 vidéo



Capture d’image sur le sondage vidéo



Nous avons profité de la marée basse et de la fenêtre météo pour avoir un axé favorable au site de sondage.

Annexe 3.5

Résultats des analyses en laboratoire sur les sables
(E1 à E3 - analyse GTR)

LISTING DES ESSAIS

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client /MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Sondage: E1

Essai réalisé	Profondeur de prise d'essai	Nom du fichier PDF
Essai VBs	( )	PV_Essai VBs~_IRE1.20638.0003_E1_Prof_ ( ).pdf
Granulométrique	( )	PV_Granulométrique~_IRE1.20638.0003_E1_Prof_ ( ).pdf
Masse Volumique Sol Fin	( )	PV_Masse Volumique Sol Fin~_IRE1.20638.0003_E1_Prof_ ( ).pdf
Synthèse GTR	( )	PV_Synthèse GTR~_IRE1.20638.0003_E1_Prof_ ( ).pdf

Sondage: E2

Essai réalisé	Profondeur de prise d'essai	Nom du fichier PDF
Essai VBs	( )	PV_Essai VBs~_IRE1.20638.0003_E2_Prof_ ( ).pdf
Granulométrique	( )	PV_Granulométrique~_IRE1.20638.0003_E2_Prof_ ( ).pdf
Masse Volumique Sol Fin	( )	PV_Masse Volumique Sol Fin~_IRE1.20638.0003_E2_Prof_ ( ).pdf
Synthèse GTR	( )	PV_Synthèse GTR~_IRE1.20638.0003_E2_Prof_ ( ).pdf

Sondage: E3

Essai réalisé	Profondeur de prise d'essai	Nom du fichier PDF
Essai VBs	( )	PV_Essai VBs~_IRE1.20638.0003_E3_Prof_ ( ).pdf
Granulométrique	( )	PV_Granulométrique~_IRE1.20638.0003_E3_Prof_ ( ).pdf
Masse Volumique Sol Fin	( )	PV_Masse Volumique Sol Fin~_IRE1.20638.0003_E3_Prof_ ( ).pdf
Synthèse GTR	( )	PV_Synthèse GTR~_IRE1.20638.0003_E3_Prof_ ( ).pdf

Essais	Quantitatif
Essai VBs	3
Granulométrique	3
Masse Volumique Sol Fin	3
Synthèse GTR	3
Nombre total d'essais:	**12**

Responsable du laboratoire
BARBARIN Gaëtan



GINGER CEBTP

RAPPORT D' ESSAI

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche
NF P 94-068

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client / MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0191**

Mode de prélévement :	Autre	Sondage :	E1
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélévement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
		dm (mm) :	20
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19

Résultats

VB = 0.04 g de bleu pour 100 g de matériaux sec (Sans correction)

VBs = 0.04 g de bleu pour 100 g de matériaux sec C = 99.4 W (%) : 5.9

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
Méthode par tamisage à sec après lavage
Méthode d'essai selon NF P 94-056 (norme périmée)

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Client / MO : GEOLITHE
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Demandeur / MOE : GEOLITHE
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0191**

Mode de prélèvement : Autre
Sondage : E1
Prélevé par : CLIENT
Profondeur : ( )
Date prélèvement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
dm (mm) : 20
Description :

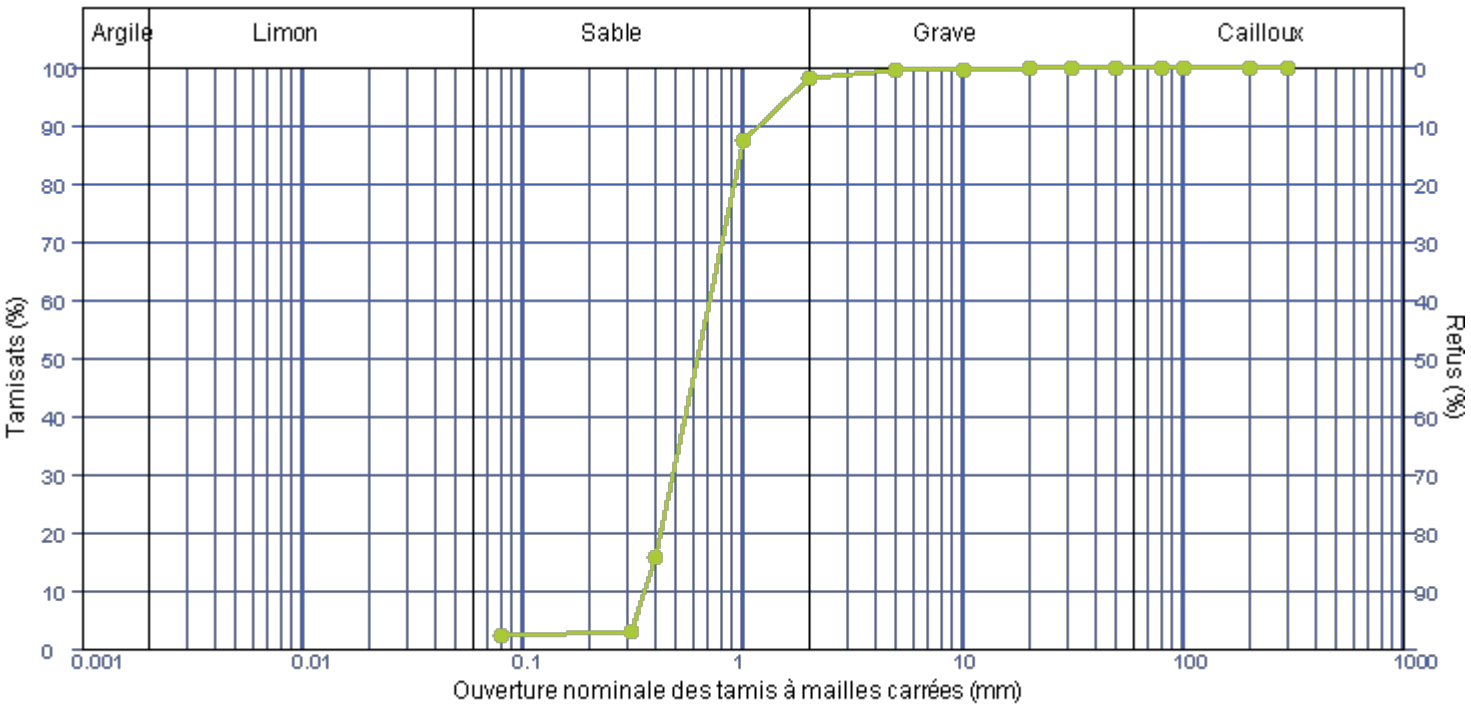
Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage
Technicien : Fabien ROBERT
Température : 105°C
Date essai : 13/08/19

Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamis à mailles carrées (mm)	300 mm	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	315 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	99.4	98.1	87.3	15.7	2.9	2.2

Facteur d'uniformité Cu = 2.1
Facteur de courbure Cc = 1.0
Facteur de symétrie Cs = 1.0



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est determinée visuellement

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS
Méthode de la trousse coupante, du moule et de l'immersion dans l'eau
NF P 94-053

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client /MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0191**

Mode de prélèvement :	Autre	Sondage :	E1
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélèvement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19
Méthode utilisée:	Moule	Température de salle d'essai (°C):	23.0

Résultats de l'essai

Masse volumique humide	ρ =	1820	kg/m3
Teneur en eau naturelle	Wnat =	5.9	%
Masse volumique sèche	ρd =	1720	kg/m3

Résultats à titre indicatif

Masse volumique des particules solides de sols	ρS (kg/m3)	=	2650 (estimée)
Masse volumique du sol saturé	ρsat (kg/m3)	=	2070
Teneur en eau naturelle de saturation	Wsat (%)	=	20.5
Porosité	n (%)	=	35.2
Indice des vides	e	=	0.543
Degré de saturation	Sr (%)	=	29.0

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Client / MO : GEOLITHE
Demandeur / MOE : GEOLITHE

Informations sur l'échantillon

N° 19IRE-0191

Mode de prélévement : Autre
Prélevé par : CLIENT
Date prélévement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
Description : Sable

Sondage : E1
Profondeur : ( )

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.1	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	2.2	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	NF P94-051		%
Limite de plasticité - W_P	NF P94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	0.04	g /100 g
MV des particules solides ρ_S	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - C_{MOC}	XP P 94-047		%

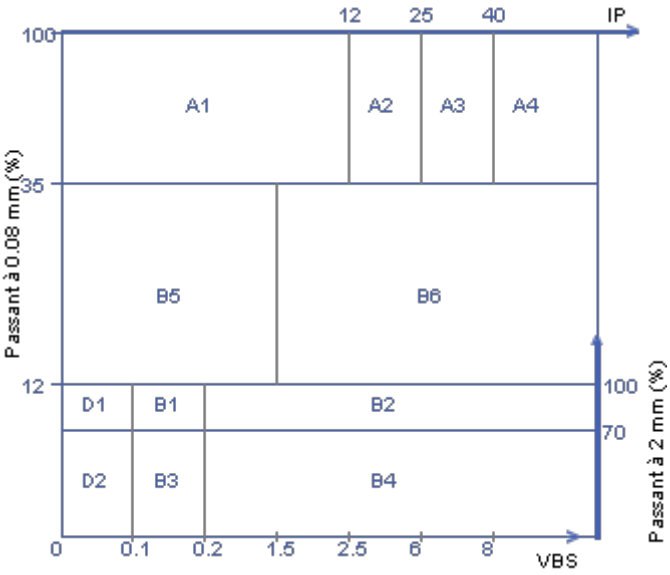
Paramètres d'état hydrique

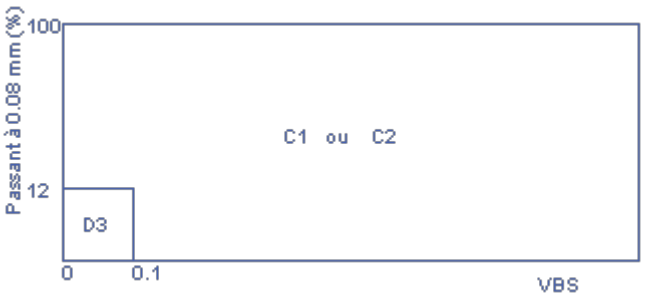
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	5.9	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - I_C	(WL - Wn) / I_P		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - F_S	NF P18-576		

CLASSIFICATION NF P 11-300 : D1





Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

GINGER CEBTP

RAPPORT D' ESSAI

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche
NF P 94-068

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client / MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0192**

Mode de prélévement :	Autre	Sondage :	E2
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélévement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
		dm (mm) :	31.5
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19

Résultats

VB = 0.03 g de bleu pour 100 g de matériaux sec (Sans correction)

VBs = 0.03 g de bleu pour 100 g de matériaux sec C = 96.4 W (%) : 3.8

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

GINGER CEBTP Agence de LA REUNION - ZA RAVINE A MARQUET 9 RUE PATRICE LUMUMBA 97419 LA POSSESSION Tél: 02.62.49.49.01 Fax:02.62.55.13.04 Email:

RAPPORT D' ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
Méthode par tamisage à sec après lavage
Méthode d'essai selon NF P 94-056 (norme périmée)

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Client / MO : GEOLITHE
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Demandeur / MOE : GEOLITHE
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0192**

Mode de prélèvement : Autre
Sondage : E2
Prélevé par : CLIENT
Profondeur : ( )
Date prélèvement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
dm (mm) : 31.5
Description :

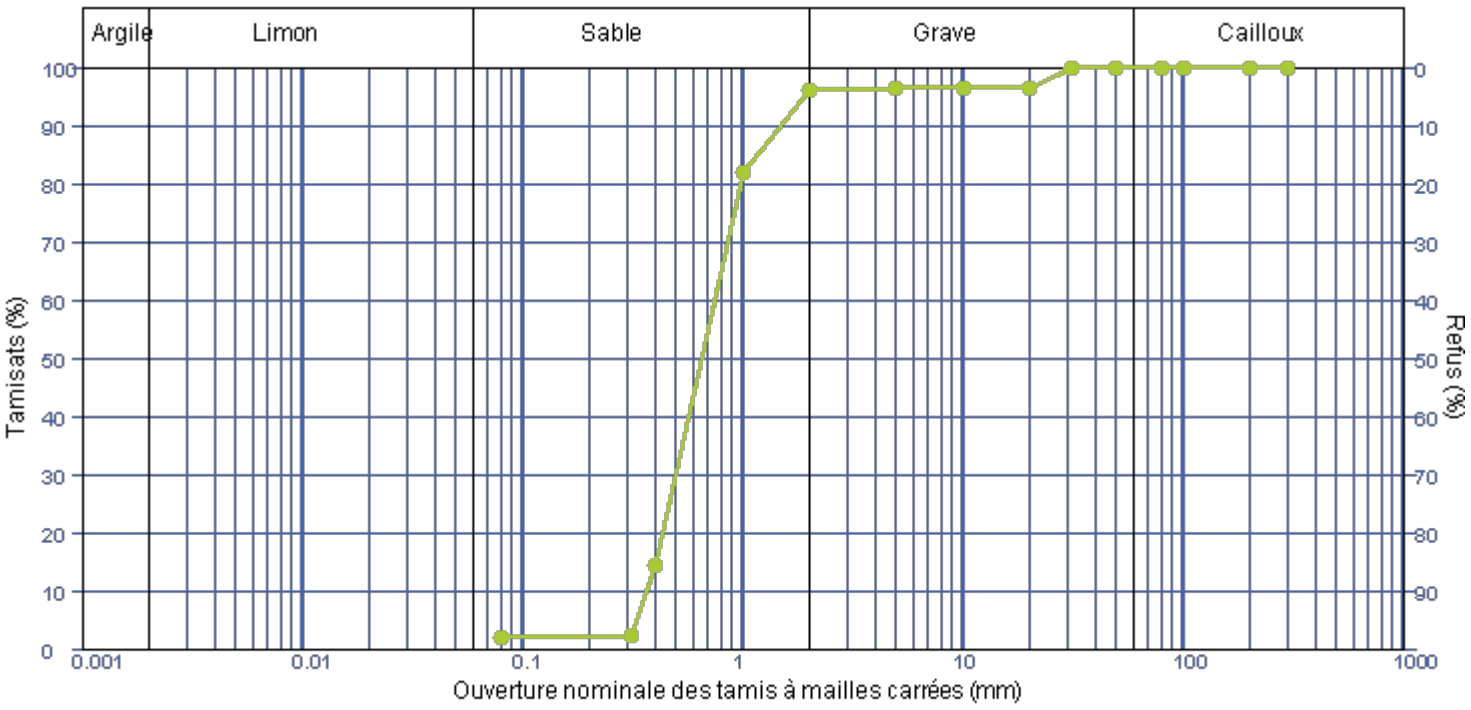
Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage
Technicien : Fabien ROBERT
Température : 105°C
Date essai : 13/08/19

Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamis à mailles carrées (mm)	300 mm	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	315 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.5	96.5	96.4	96.1	82.0	14.3	2.1	1.8

Facteur d'uniformité Cu = 2.2
Facteur de courbure Cc = 1.0
Facteur de symétrie Cs = 0.9



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est determinée visuellement

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS
Méthode de la trousse coupante, du moule et de l'immersion dans l'eau
NF P 94-053

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client /MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0192**

Mode de prélèvement :	Autre	Sondage :	E2
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélèvement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19
Méthode utilisée:	Moule	Température de salle d'essai (°C):	22.0

Résultats de l'essai

Masse volumique humide	ρ =	1850	kg/m3
Teneur en eau naturelle	Wnat =	3.8	%
Masse volumique sèche	ρd =	1780	kg/m3

Résultats à titre indicatif

Masse volumique des particules solides de sols	ρS (kg/m3)	=	2650 (estimée)
Masse volumique du sol saturé	ρsat (kg/m3)	=	2110
Teneur en eau naturelle de saturation	Wsat (%)	=	18.3
Porosité	n (%)	=	32.7
Indice des vides	e	=	0.486
Degré de saturation	Sr (%)	=	20.5

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Client / MO : GEOLITHE
Demandeur / MOE : GEOLITHE

Informations sur l'échantillon

N° 19IRE-0192

Mode de prélévement : Autre
Prélevé par : CLIENT
Date prélévement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
Description : Sable

Sondage : E2
Profondeur : ( )

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	32	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	96.1	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	1.8	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	NF P94-051		%
Limite de plasticité - W_P	NF P94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	0.03	g /100 g
MV des particules solides ρ_S	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - C_{MOC}	XP P 94-047		%

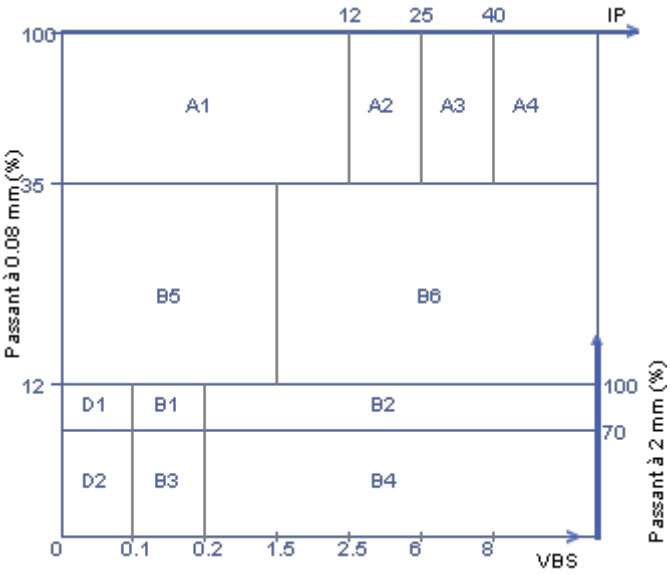
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	3.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - I_C	(WL - Wn) / I_P		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - F_S	NF P18-576		

CLASSIFICATION NF P 11-300 : D1





Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche
NF P 94-068

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client / MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0193**

Mode de prélévement :	Autre	Sondage :	E3
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélévement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
		dm (mm) :	31.5
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19

Résultats

VB = 0.04 g de bleu pour 100 g de matériaux sec (Sans correction)

VBs = 0.04 g de bleu pour 100 g de matériaux sec C = 85.7 W (%) : 7.4

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
Méthode par tamisage à sec après lavage
Méthode d'essai selon NF P 94-056 (norme périmée)

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Client / MO : GEOLITHE
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Demandeur / MOE : GEOLITHE
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0193**

Mode de prélèvement : Autre
Sondage : E3
Prélevé par : CLIENT
Profondeur : ( )
Date prélèvement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
dm (mm) : 31.5
Description :

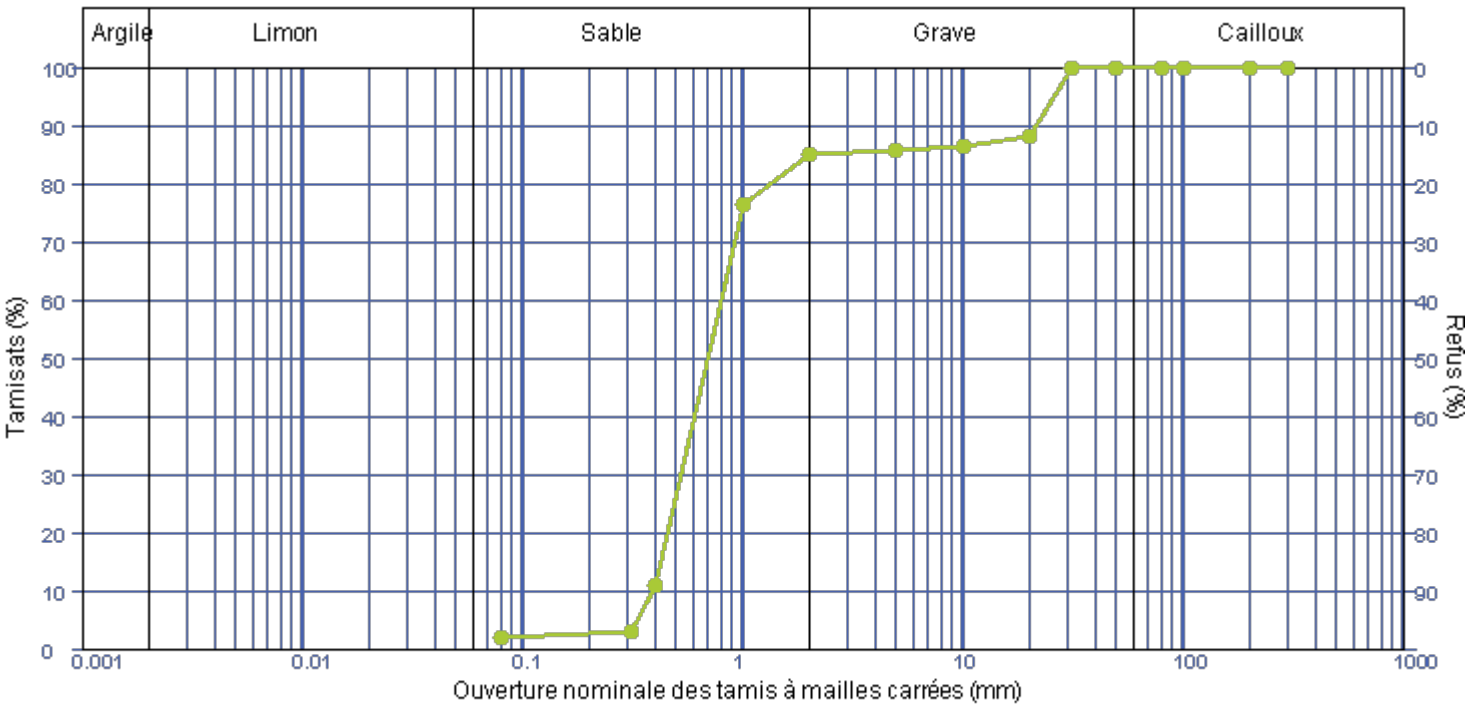
Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage
Technicien : Fabien ROBERT
Température : 105°C
Date essai : 13/08/19

Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamis à mailles carrées (mm)	300 mm	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	315 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.0	86.5	85.7	84.9	76.5	10.9	2.9	2.0

Facteur d'uniformité Cu = 2.2
Facteur de courbure Cc = 1.0
Facteur de symétrie Cs = 0.1



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est determinée visuellement

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS
Méthode de la trousse coupante, du moule et de l'immersion dans l'eau
NF P 94-053

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client /MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0193**

Mode de prélèvement :	Autre	Sondage :	E3
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélèvement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19
Méthode utilisée:	Moule	Température de salle d'essai (°C):	22.5

Résultats de l'essai

Masse volumique humide	ρ =	1910	kg/m3
Teneur en eau naturelle	Wnat =	7.4	%
Masse volumique sèche	ρd =	1770	kg/m3

Résultats à titre indicatif

Masse volumique des particules solides de sols	ρS (kg/m3)	=	2650 (estimée)
Masse volumique du sol saturé	ρsat (kg/m3)	=	2105
Teneur en eau naturelle de saturation	Wsat (%)	=	18.6
Porosité	n (%)	=	33.0
Indice des vides	e	=	0.493
Degré de saturation	Sr (%)	=	39.6

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Client / MO : GEOLITHE
Demandeur / MOE : GEOLITHE

Informations sur l'échantillon

N° 19IRE-0193

Mode de prélévement : Autre
Prélevé par : CLIENT
Date prélévement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
Description : Sable

Sondage : E3
Profondeur : ( )

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	32	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	84.9	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	2.0	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	NF P94-051		%
Limite de plasticité - W_P	NF P94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	0.04	g /100 g
MV des particules solides ρ_S	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - C_{MOC}	XP P 94-047		%

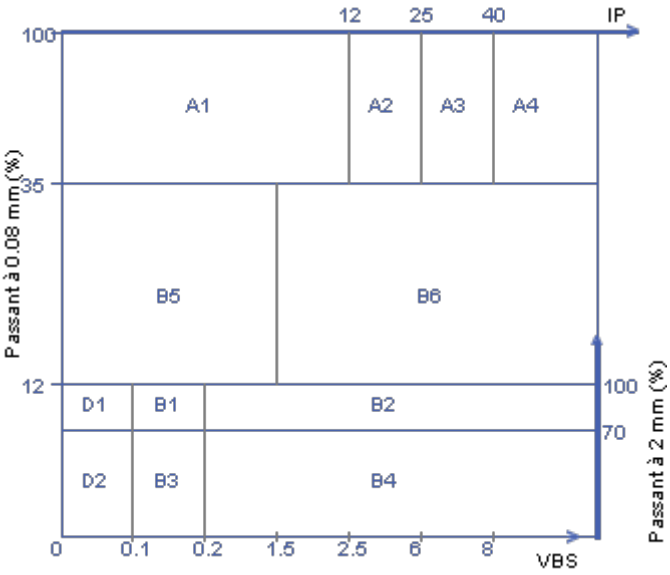
Paramètres d'état hydrique

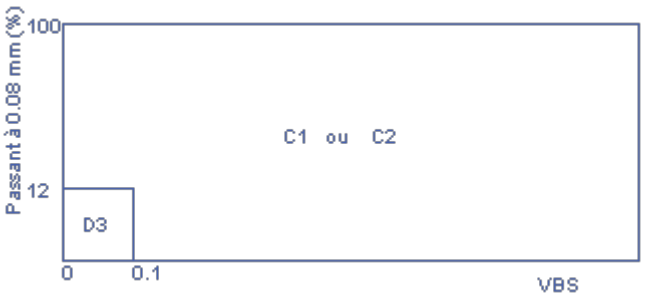
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	7.4	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - I_C	(WL - Wn) / I_P		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - F_S	NF P18-576		

CLASSIFICATION NF P 11-300 : D1





Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

Annexe 3.6

Résultats des analyses en laboratoire sur les sédiments marins (SM1, SM2 – analyses chimiques)

Rapport d'analyse - Échantillon SM1

eurofins

EUROFINS HYDROLOGIE EST SAS

QWALILAB
LABORATOIRE Chimie
za ravine à marquet
rue patrice lumumba
97419 LA POSSESSION
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-19-IX-170402-01 Version du : 03/09/2019
Dossier N° : 19M063107 Date de réception : 23/08/2019
Référence dossier : Nom Commande : QWALILAB
N° Projet : SOL
Nom Projet : sol
Référence bon de commande : FS1V20150088

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
001	Sédiments	09-30578 /	Lixiviation : Conformément aux exigences de la norme NF EN 12457-2, votre échantillonnage n'a pas permis de fournir les 2kg requis au laboratoire.

Date de prélèvement	20/08/2019 15:00	**Prélèvement effectué par**	CLIENT
Date de réception	23/08/2019 08:39	**Température de l'air de l'enceinte**	13,9°C
Début d'analyse	28/08/2019		

Préparations

	Résultat	Unité
LSA36 : Lixiviation 1x24 heures Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Lixiviation (Ratio L/S = 10 l/kg - Broyage par concasseur à mâchoires) - NF EN 12457-2*		
Refus pondéral à 4 mm	6.0	% P.B.
Lixiviation 1x24 heures	Fait	

Paramètres physicochimiques généraux

	Résultat	Unité
LS04Y : Chlorures sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (UV/VIS) (Spectrométrie visible automatisée) - NF EN 16192 - NF ISO 15923-1*	4200	mg/kg M.S.
LSQ02 : Conductivité à 25°C sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Potentiométrie (Méthode à la sonde) - NF EN 27888 / NF EN 16192*		
Température de mesure de la conductivité	20.2	°C
Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	1580	µS/cm
LSN71 : Fluorures sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Electrométrie (Potentiométrie) - NF T 90-004 (adaptée sur élément Acore) - NF EN 16192*	<5.00	mg/kg M.S.
LSA07 : Matière sèche Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Gravimétrie - NF EN 12880*	79.5	% P.B.
LSQ13 : Mesure du pH sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Potentiométrie - NF EN ISO 10523 / NF EN 16192*		
Température de mesure du pH	20	°C
pH (Potentiel d'Hydrogène)	9.5	
LSM46 : Résidu sec à 105°C (Fraction soluble) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Gravimétrie - NF T 90-029 / NF EN 16192*		
Résidus secs à 105 °C	<2000	mg/kg M.S.
Résidus secs à 105°C (calcul)	<0.2	% MS
LS04Z : Sulfate (SO4) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (UV/VIS) (Spectrométrie visible automatisée) - NF EN 16192 - NF ISO 15923-1*	570	mg/kg M.S.

Oligo-éléments - Micropolluants minéraux

	Résultat	Unité
LSM97 : Antimoine (Sb) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.002	mg/kg M.S.
LSM04 : Arsenic (As) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.
LSM05 : Baryum (Ba) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSN05 : Cadmium (Cd) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.002	mg/kg M.S.

Oligo-éléments - Micropolluants minéraux

	Résultat	Unité
LSM11 : Chrome (Cr) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSM13 : Cuivre (Cu) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.
LS04W : Mercure (Hg) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.001	mg/kg M.S.
LSN26 : Molybdène (Mo) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.01	mg/kg M.S.
LSM20 : Nickel (Ni) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSM22 : Plomb (Pb) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSN41 : Sélénium (Se) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.01	mg/kg M.S.
LSM35 : Zinc (Zn) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.

Oxygènes et matières organiques

	Résultat	Unité
LSM68 : Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (IR) (Oxydation à chaud en milieu acide) - NF EN 16192 - NF EN 1484 (Sols) - Méthode interne (Hors Sols)*	<50	mg/kg M.S.
LSSKM : Carbone organique total (COT) par combustion sèche (Sédiments) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Combustion (sèche) - NF EN 13137 (Octobre 2001 Norme abrogée)*	2770	mg/kg M.S.

Composés benzéniques

	Résultat	Unité
LS0XU : Benzène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sol)*	<0.10	mg/kg M.S.
LS0XW : Ethylbenzène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sol)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0Y5 : m+p-Xylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sol)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0Y6 : o-Xylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sol)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0IK : Somme des BTEX Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Calcul - Calcul*	0.300	mg/kg M.S.
LS0Y4 : Toluène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sol)*	<0.20	mg/kg M.S.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

	Résultat	Unité

Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Résultat	Unité
LSRHW : Acénaphtène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.0051	mg/kg M.S.
LSRHV : Acénaphthylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.012	mg/kg M.S.
LSRHK : Anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.067	mg/kg M.S.
LSRHN : Benzo-(a)-anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.24	mg/kg M.S.
LSRHH : Benzo(a)pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.11	mg/kg M.S.
LSRHQ : Benzo(b)fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.4	mg/kg M.S.
LSRHX : Benzo(ghi)Pérylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.13	mg/kg M.S.
LSRHR : Benzo(k)fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.066	mg/kg M.S.
LSRHP : Chrysène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.3	mg/kg M.S.
LSRHT : Dibenzo(a,h)anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.1	mg/kg M.S.
LSRHL : Fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.61	mg/kg M.S.
LSRHI : Fluorène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0,005	mg/kg M.S.
LSRHS : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.13	mg/kg M.S.
LSRHU : Naphtalène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.04	mg/kg M.S.
LSRHJ : Phénanthrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.49	mg/kg M.S.
LSRHM : Pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.34	mg/kg M.S.
LSFF9 : Somme des HAP Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Calcul - Calcul*	2.9	mg/kg M.S.

Poly chloro-bromo biphényls	Résultat	Unité
LS3U7 : PCB 28 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.

Poly chloro-bromo biphényls

	Résultat	Unité
LS3UB : PCB 52 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U8 : PCB 101 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U6 : PCB 118 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U9 : PCB 138 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3UA : PCB 153 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3UC : PCB 180 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LSFEH : Somme PCB (7) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Calcul - Calcul*	<0.001	mg/kg M.S.

Dérivés phénoliques

	Résultat	Unité
LSM90 : Indice phénol sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Flux continu - NF EN ISO 14402 (adaptée sur sédiment,boue) - NF EN 16192*	<0.50	mg/kg M.S.

Hydrocarbures

	Résultat	Unité
LS919 : Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/FID (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN ISO 16703 (Sols) - NF EN 14039 (Boue, Sédiments)*		
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	<15.0	mg/kg M.S.

QWALILAB
9, Rue Patrice Lumumba
Z.A Ravine à Marquet
97419 LA POSSESSION
tél. 0262 71 23 23 - Fax. 0262 71 23 ..
Vérifié par Christelle INCAMP
le 04/09/19

Ghislaine Schmitt
Coordinateur de projets clients

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6.00 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.
Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements, des analyses terrain et des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.
Analyses effectuées par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27/10/2011.

Rapport d'analyse - Échantillon SM2

eurofins

EUROFINS HYDROLOGIE EST SAS

QWALILAB
LABORATOIRE Chimie
za ravine à marquet
rue patrice lumumba
97419 LA POSSESSION
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-19-IX-170403-01 Version du : 03/09/2019
Dossier N° : 19M063107 Date de réception : 23/08/2019
Référence dossier : Nom Commande : QWALILAB
N° Projet : SOL
Nom Projet : sol
Référence bon de commande : FS1V20150088

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
002	Sédiments	08-30579 /	Lixiviation : Conformément aux exigences de la norme NF EN 12457-2, votre échantillonnage n'a pas permis de fournir les 2kg requis au laboratoire.

Date de prélèvement	20/08/2019 15:00	**Prélèvement effectué par**	CLIENT
Date de réception	23/08/2019 08:39	**Température de l'air de l'enceinte**	13,9°C
Début d'analyse	28/08/2019		

Préparations

	Résultat	Unité
LSA36 : Lixiviation 1x24 heures Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Lixiviation (Ratio L/S = 10 l/kg - Broyage par concasseur à mâchoires) - NF EN 12457-2*		
Refus pondéral à 4 mm	1.0	% P.B.
Lixiviation 1x24 heures	Fait	

Paramètres physicochimiques généraux

	Résultat	Unité
LS04Y : Chlorures sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (UV/VIS) (Spectrométrie visible automatisée) - NF EN 16192 - NF ISO 15923-1*	4100	mg/kg M.S.
LSQ02 : Conductivité à 25°C sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Potentiométrie (Méthode à la sonde) - NF EN 27888 / NF EN 16192*		
Température de mesure de la conductivité	21.2	°C
Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	1580	µS/cm
LSN71 : Fluorures sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Electrométrie (Potentiométrie) - NF T 90-004 (adaptée sur sédiment, boue) - NF EN 16192*	<5.00	mg/kg M.S.
LSA07 : Matière sèche Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Gravimétrie - NF EN 12880*	79.3	% P.B.
LSQ13 : Mesure du pH sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Potentiométrie - NF EN ISO 16523 / NF EN 16192*		
Température de mesure du pH	21	°C
pH (Potentiel d'Hydrogène)	9.7	
LSM46 : Résidu sec à 105°C (Fraction soluble) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Gravimétrie - NF T 90-029 / NF EN 16192*		
Résidus secs à 105 °C	9940	mg/kg M.S.
Résidus secs à 105°C (calcul)	1.0	% MS
LS04Z : Sulfate (SO4) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (UV/VIS) (Spectrométrie visible automatisée) - NF EN 16192 - NF ISO 15923-1*	576	mg/kg M.S.

Oligo-éléments - Micropolluants minéraux

	Résultat	Unité
LSM97 : Antimoine (Sb) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.002	mg/kg M.S.
LSM04 : Arsenic (As) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.
LSM05 : Baryum (Ba) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSN05 : Cadmium (Cd) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.002	mg/kg M.S.

Oligo-éléments - Micropolluants minéraux

	Résultat	Unité
LSM11 : Chrome (Cr) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSM13 : Cuivre (Cu) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.
LS04W : Mercure (Hg) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.001	mg/kg M.S.
LSN26 : Molybdène (Mo) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.01	mg/kg M.S.
LSM20 : Nickel (Ni) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSM22 : Plomb (Pb) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSN41 : Sélénium (Se) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.01	mg/kg M.S.
LSM35 : Zinc (Zn) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.

Oxygènes et matières organiques

	Résultat	Unité
LSM68 : Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (IR) (Oxydation à chaud en milieu acide) - NF EN 16192 - NF EN 1484 (Sols) - Méthode interne (Hors Sols)*	<60	mg/kg M.S.
LSSKM : Carbone organique total (COT) par combustion sèche (Sédiments) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Combustion (sèche) - NF EN 13137 (Octobre 2001 Norme abrogée)*	1300	mg/kg M.S.

Composés benzéniques

	Résultat	Unité
LS0XU : Benzène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.10	mg/kg M.S.
LS0XW : Ethylbenzène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0Y5 : m+p-Xylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0Y6 : o-Xylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0IK : Somme des BTEX Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Calcul - Calcul*	0.300	mg/kg M.S.
LS0Y4 : Toluène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

	Résultat	Unité

Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Resultat	Unité
LSRHW : Acénaphtène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	<0.0022	mg/kg M.S.
LSRHV : Acénaphthylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0033	mg/kg M.S.
LSRHK : Anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0035	mg/kg M.S.
LSRHN : Benzo-(a)-anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.016	mg/kg M.S.
LSRHH : Benzo(a)pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.011	mg/kg M.S.
LSRHQ : Benzo(b)fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.023	mg/kg M.S.
LSRHX : Benzo(ghi)Pérylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0039	mg/kg M.S.
LSRHR : Benzo(k)fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0047	mg/kg M.S.
LSRHP : Chrysène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.022	mg/kg M.S.
LSRHT : Dibenzo(a,h)anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0074	mg/kg M.S.
LSRHL : Fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.04	mg/kg M.S.
LSRHI : Fluorène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0024	mg/kg M.S.
LSRHS : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0065	mg/kg M.S.
LSRHU : Naphtalène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	<0.0022	mg/kg M.S.
LSRHJ : Phénanthrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.026	mg/kg M.S.
LSRHM : Pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.026	mg/kg M.S.
LSFF9 : Somme des HAP Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) Calcul - Calcul	0.19	mg/kg M.S.

Poly chloro-bromo biphényls	Resultat	Unité
LS3U7 : PCB 28 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	<0.001	mg/kg M.S.

Poly chloro-bromo biphényls

	Résultat	Unité
LS3UB : PCB 52 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U8 : PCB 101 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U6 : PCB 118 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U9 : PCB 138 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3UA : PCB 153 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3UC : PCB 180 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LSFEH : Somme PCB (7) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) Calcul - Calcul	<0.001	mg/kg M.S.

Dérivés phénoliques

	Résultat	Unité
LSM90 : Indice phénol sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Flux continu - NF EN ISO 14402 (adaptée sur sédiment boue) - NF EN 16192.*	<0.50	mg/kg M.S.

Hydrocarbures

	Résultat	Unité
LS919 : Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/FID (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN ISO 16703 (Sols) - NF EN 14039 (Boue, Sédiments)*		
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	<15.0	mg/kg M.S.

Ghislaine Schmitt
Coordinateur de projets clients

QWALIT
9, Rue Patrice Lumu
Z.A Ravine à Mar
97419 LA POSSES
Tél. 0262 71 23 23 - Fax
SIRET 482 080 698

Vérifié par Christelle WICHAN
le 04/09/19

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 0.00 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.
Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements, des analyses terrain et des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.
Analyses effectuées par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27/10/2011.

ANNEXE 4:ETUDE GEOTECHNIQUE G2 PRO

REUNION

GÉOLITHE

COMMUNE DE PETITE-ILE (97429)

PROJET D'EXTENSION DU BASSIN DE GRANDE ANSE

ETUDES GEOTECHNIQUES DE TYPE G2 PRO

A LA DEMANDE ET POUR LE COMPTE DE LA SPL MARAINA

Maraina
Au service des territoires

Document	21-598-I-1-0_G2PRO_SLP_MARAINA_BASSIN_GRANDE_ANSE_ind0	
Indice	**Modifications**	**Date**
0	Version initiale provisoire pour avis	10/08/2021

Nombre de pages : 46 + 3 annexes

INGÉNIEURS-CONSEILS EN GÉOLOGIE, GÉOPHYSIQUE ET GÉOTECHNIQUE

Technopole - Imm Darwin
4, rue Emile Hugot
97490 SAINTE CLOTILDE

Tél. +33 (0)2 62 20 39 90
contact@geolithe.com
www.geolithe.com

Siège GEOLITHE
181 rue des Bécasses
38920 CROLLES - FRANCE

GEOLITHE - SAS au capital de 72 000 € - N° SIRET : 38780859500160 - CODE APE : 7112B - RCS SAINT DENIS : 387808595 - N° DE TVA : FR37387808595

LIEU :	Grande Anse
COMMUNE :	PETITE-ILE (97429)
OBJET :	Projet d'extension du bassin de Grande Anse
TYPE DE MISSION :	Etude géotechnique de type G2 PRO
CLIENT :	SPL MARAINA
DOSSIER SUIVI PAR :	M. Geoffrey CLAIN

CHARGE D'AFFAIRE :	JC. MARINI
CHEF DE PROJET :	JC. MARINI
INTERVENANTS :	F. BORTOLIN C. FRANSSEN
NOMBRE DE PAGES :	46 + Annexes

Référence document :	21-598-I-1-0_G2PRO_SLP_MARAINA_BASSIN_GRANDE_ANSE_ind0

Rédacteur : F. BORTOLIN

Visa :

Contrôle : JC. MARINI

Visa :



SOMMAIRE

SOMMAIRE 3
ANNEXES 4
1 - PRESENTATION 5
1.1 - Introduction 5
1.2 - Localisation générale 5
1.3 - Définition du projet 5
1.4 - Objectifs de l'étude 8
1.5 - Limites de l'étude 8
1.6 - Documents utilisés 9
2 - CONTEXTE GENERAL DU SITE 10
2.1 - Contexte géologique 10
2.2 - Contexte climatique 12
2.3 - Contexte hydrologique et hydrogéologique 12
2.4 - Mesures marégraphiques 13
2.5 - Contexte réglementaire 14
3 - SYNTHESE DES RECONNAISSANCES 17
3.1 - Programme d'investigations géotechniques réalisé en AVP 17
3.2 - Observations naturalistes 19
3.3 - Synthèse des résultats des investigations 20
4 - MODELES GEOTECHNIQUES 27
4.1 - Secteur 1 - Aménagement du poste de surveillance 28
4.2 - Secteur 2 – Canalisation enterrée 29
4.3 - Secteur 3 – Extension du bassin de baignade 31
5 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LE POSTE DE SURVEILLANCE 32
5.1 - Fondations 32
5.2 - Terrassements 34
6 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LA CANALISATION ENTERREE 37
6.1 - Fondations 37
6.2 - Terrassements 38
7 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR L'AMENAGEMENT DU BASSIN DE BAIGNADE 45
7.1 - Fondations 45
7.2 - Terrassements 45
8 - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET 46

ANNEXES

- ***Annexe 1*** : Extrait de la norme NF P 94-500 « Classification des missions d'ingénierie géotechnique »

- ***Annexe 2*** : Plans d'implantation des reconnaissances géotechniques réalisées au droit de la zone d'étude

- ***Annexe 3*** : Résultats des reconnaissances géotechniques (G2AVP)
  3.1. *Résultats des sondages à la pelle mécanique (PM1, E1 à E3)*
  3.2. *Résultats des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1, SP2)*
  3.3. *Résultats du sondage carotté (SC1)*
  3.4. *Résultats des essais de lançage (L1 à L7)*
  3.5. *Résultats des analyses en laboratoire sur les sables (E1 à E3 - analyse GTR)*
  3.6. *Résultats des analyses en laboratoire sur les sédiments marins (SM1, SM2 – analyses chimiques)*

1 - PRESENTATION

1.1 - INTRODUCTION

Le présent rapport d'étude a été réalisé par le Bureau d'Ingénieurs – Conseils **Géolithe** à la demande et pour le compte de la **SPL MARAINA**.

Ce rapport comprendra correspond à une étude géotechnique de conception phase projet (**mission G2 PRO** au sens de la norme NF P 94-500 « Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications » - Annexe 1) dans le cadre de l'extension et aménagement du bassin de baignade en mer de Grande Anse, de la construction d'un poste de surveillance et d'une canalisation enterrée.

Il est rappelé que la mission G2 PRO (étude géotechnique de conception phase projet) doit être complétée par des missions) G3 (étude et suivi géotechniques d'exécution) et G4 (supervision géotechnique d'exécution).

Cette phase n'a pas fait l'objet de reconnaissances complémentaires conformément au CCAV.

1.2 - LOCALISATION GÉNÉRALE

La zone d'étude se situe au niveau du bassin de baignade de Grande Anse sur la Commune de Petite-Ile (974). Elle comprend le bassin de baignade existant, la zone de projet d'extension du bassin au nord-ouest et l'aménagement d'un poste de secours sur la plage (Figure 1).



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur un extrait de la carte IGN© et sur orthophotographie (source : www.geoportail.gouv.fr)

1.3 - DÉFINITION DU PROJET

Le projet concerne :

- Les travaux d'extension et d'aménagement du bassin de baignade en mer (Figure 2),
- La construction d'un poste de surveillance (Figure 3)
- Le prolongement de l'exutoire de la ravine (qui traverse le site au sud-est du futur poste de surveillance) au-delà de la zone de baignade par une canalisation enterrée (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

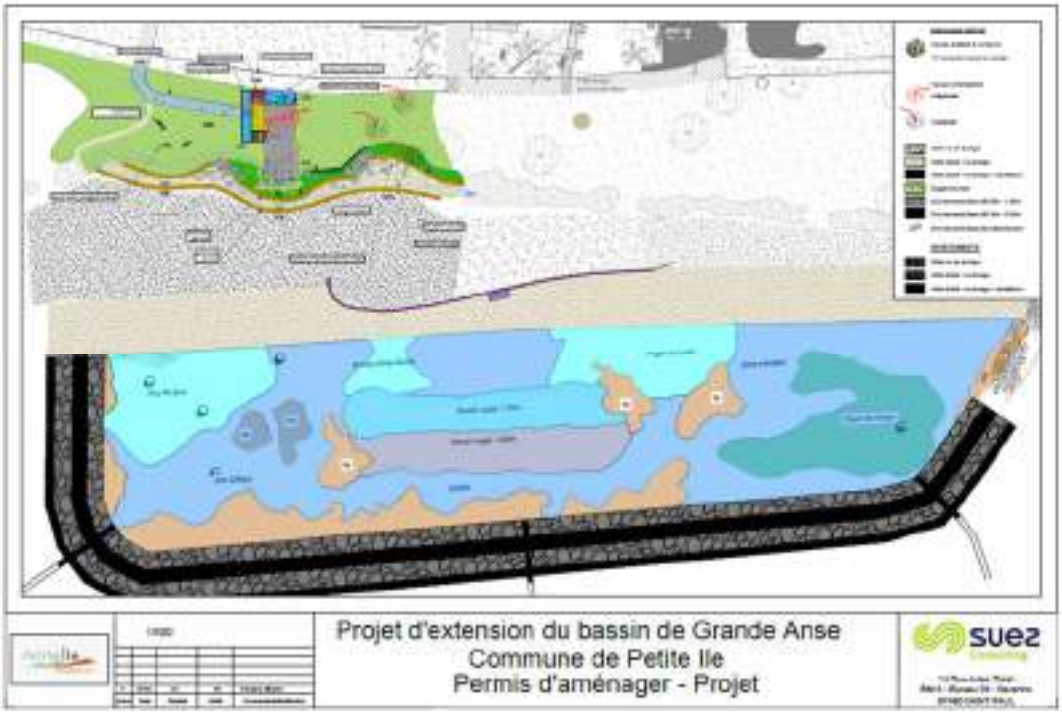


Figure 2 : Emprise du nouveau bassin de baignade

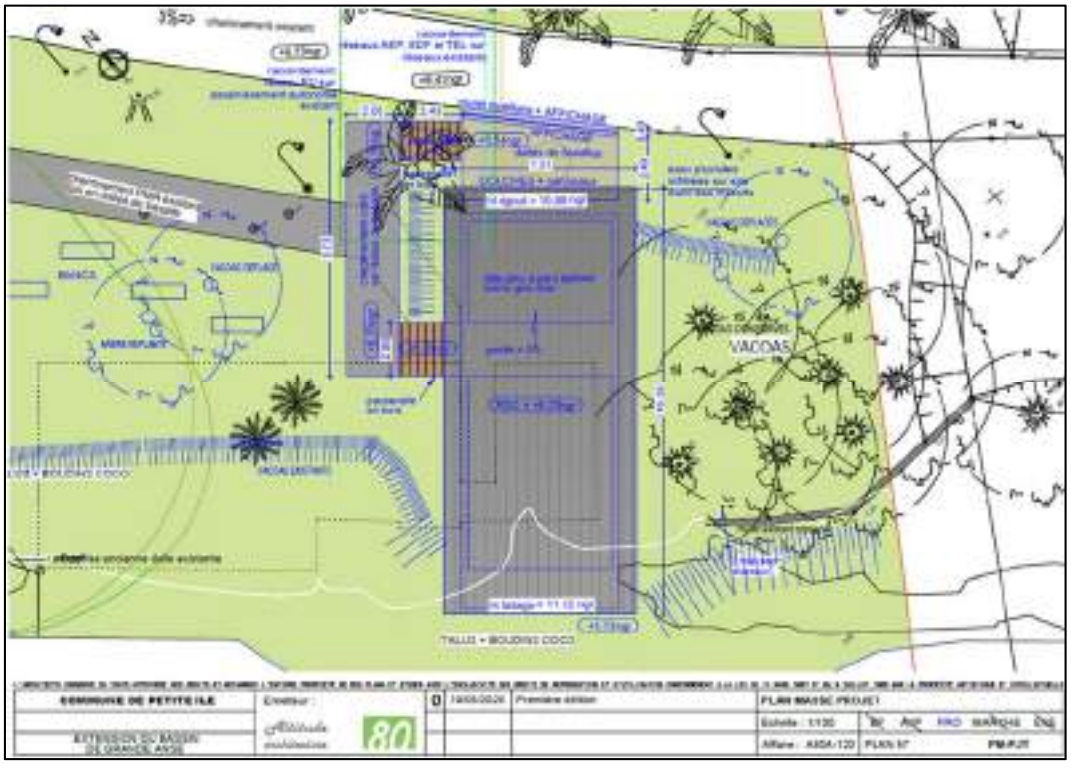


Figure 3 : poste de surveillance

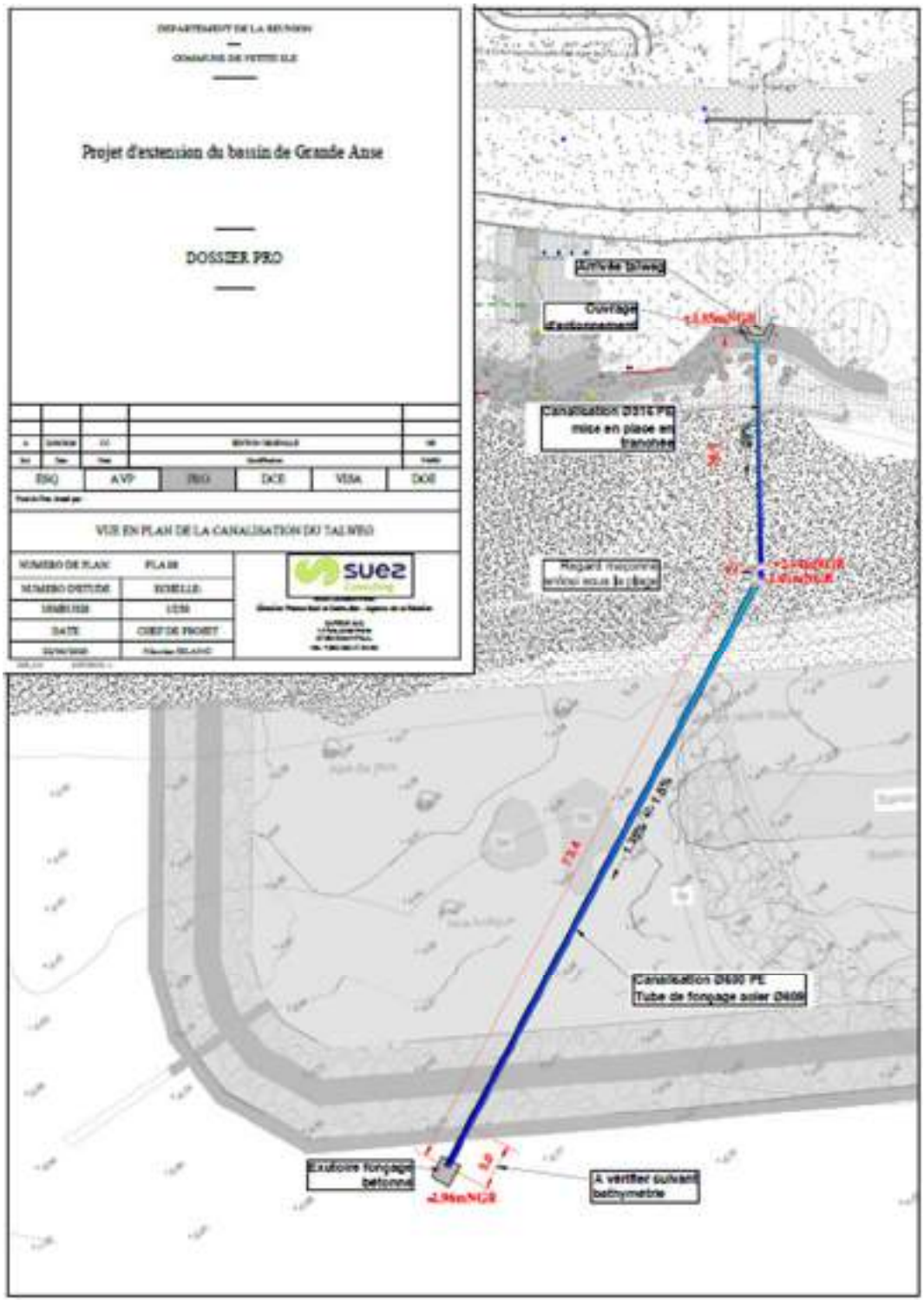


Figure 4 : Canalisation enterrée

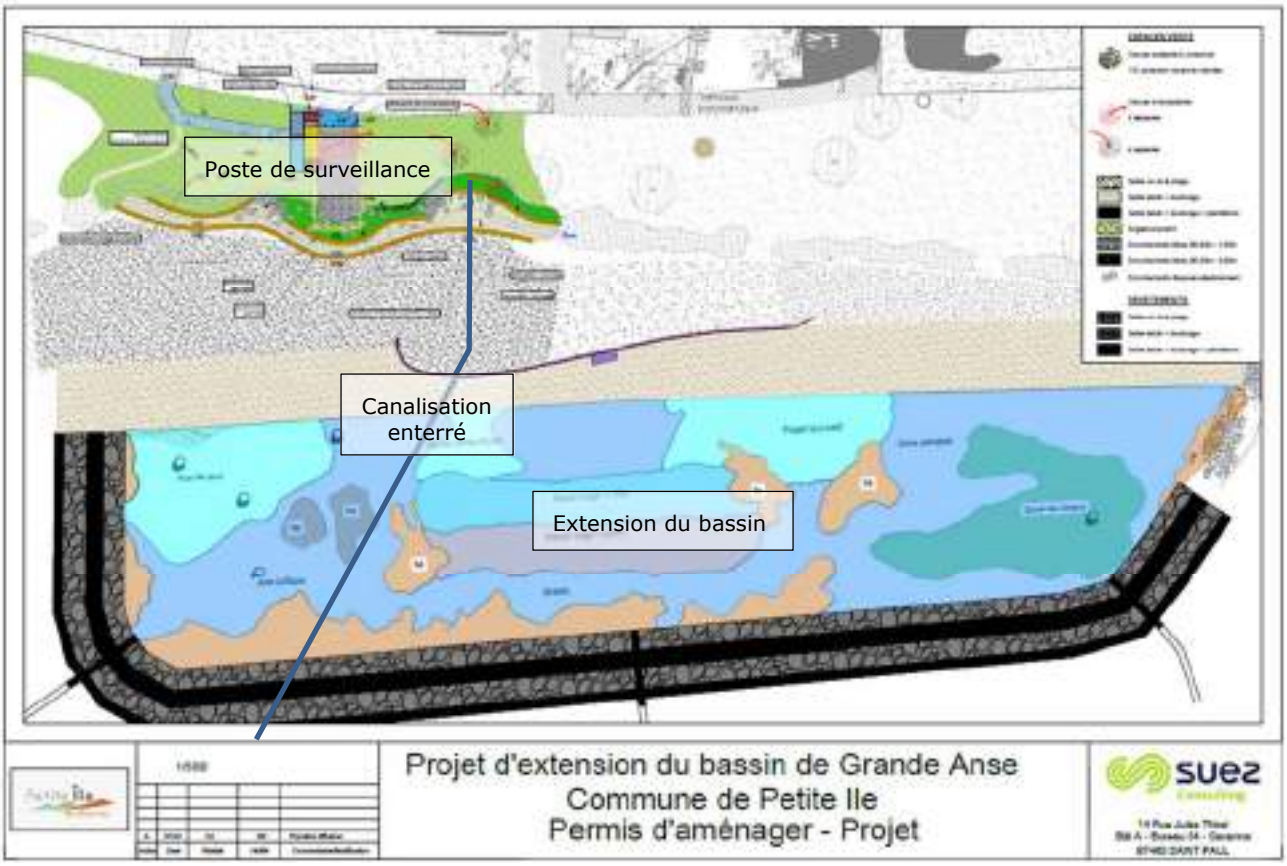
1.4 - OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif de l'étude géotechnique G2 PRO est :

- ✓ D'identifier la lithologie du terrain ;
- ✓ De déterminer la faisabilité des travaux projetés au regard des conditions géotechniques (piste d'accès, endiguement, déroctage, travaux de fonçage...) ;
- ✓ D'évaluer le pourcentage de terrain rocheux prévisible, et le degré de rippabilité des sols ;
- ✓ D'identifier les contraintes géotechniques susceptibles d'avoir une incidence sur la construction, la pérennité et les conditions d'exécution des ouvrages projetés ;
- ✓ De fournir au concepteur, les paramètres techniques nécessaires à la conception du projet et à la réalisation des travaux, dans des conditions techniques ou économiques optimales (modalité de déroctage, caractéristiques mécaniques des sols, types et niveaux des fondations, tassements différentiels et absolus, niveau de la nappe, agressivité des sols, paroi de soutènement provisoire pour puits d'entrée de fonçage, etc.) ;
- ✓ De conclure sur les fondations à adopter pour le bâtiment projeté (type de fondation, dimensions, hauteur d'ancrage, etc.).

1.5 - LIMITES DE L'ÉTUDE

Les limites de la zone d'étude (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) sont précisées dans l'illustration ci-dessous. Cela concerne la l'aménagement du bassin, la création du poste de surveillance et la mise en place de la canalisation enterrée :



1.6 - DOCUMENTS UTILISÉS

1.6.1 - Textes de référence

- ✓ Le décret 91-1147 du 14 octobre 1991 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution;
- ✓ La norme NF P974-261 - Fondations superficielles - Norme d'application de l'Eurocode 7;
- ✓ Le C.C.T.G. et en particulier NF P94–500 Missions géotechniques – classification et spécifications – Novembre 2013.

1.6.2 - Bibliographie

- ✓ Carte IGN à l'échelle 1/25 000ème ;
- ✓ Carte géologique de La Réunion à l'échelle 1/100 000ème ;
- ✓ Notice de la carte géologique de la Réunion ;
- ✓ Le Piton de la Fournaise de la contemplation à la compréhension (2014, P. MAIRINE, I. PAYET, P. HUET, P. HOARAU) ;
- ✓ Carte pédologique de la Réunion au 1/50 000ème (1991, M. RAUNET) ;
- ✓ Rapport associé à la carte pédologique - Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion (1991, M. RAUNET) ;
- ✓ Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 sur le zonage du risque sismique ;
- ✓ Sites internet :
  - o Carte IGN - https://www.geoportail.gouv.fr/
  - o Carte pédologique - http://aware.cirad.fr/
  - o Données marégraphiques - http://banquededonnees.eaureunion.fr/
  - o Plan de Prévention des Risques naturels - http://www.reunion.pref.gouv.fr/
  - o Banque de données du sous-sol - http:// infoterre.brgm.fr/
- ✓ SETRA - Réalisation des remblais et des couches de forme – Fascicule II – 1992.

1.6.3 - Documents fournis

- ✓ Cahier des charges valant acte d'engagement (CCVAE) - SPL Maraina.

- ✓ Plan PRO :
  - o Coupe canalisation talweg ;
  - o Coupe fosse baignade ;
  - o Plan aménagement bassin ;
  - o Plan aménagement paysagers
  - o Plan bassin profil
  - o Plan bâtiment ;
  - o Plan canalisation talweg
  - o Plan démolition dépose ;
  - o Plan existant
  - o Plan masse bassin ;
  - o Plan projet ;
  - o Plan travaux canalisation
  - o Plan travaux digue.

- ✓ CCTP :
  - o LOT 1 – Travaux maritimes
  - o LOT 2 – VRD-paysagers
  - o LOT 3 – Gros œuvre
  - o LOT 4 – Charpente-second œuvre

2 - CONTEXTE GENERAL DU SITE

2.1 - CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La zone d'étude se trouve sur des coulées basaltiques associées à la **série de la Plaine des Sables** (65 000 à 5 000 ans) appartenant au Massif du Piton de la Fournaise (β6). Ces coulées sont constituées de basaltes aphyriques ou à phénocristaux d'olivine.

A ce jour, elles sont recouvertes majoritairement par **des sables coralliens** (R) **ou des grès coralliens** (appelés beach-rock) (Figure 5). Ces deux roches sédimentaires, meuble pour le sable et consolidée dans le cas du grès de plage, sont formées par des débris de coraux, des restes de coquillages, d'oursins, mélangés à des morceaux verts ou gris de basalte.

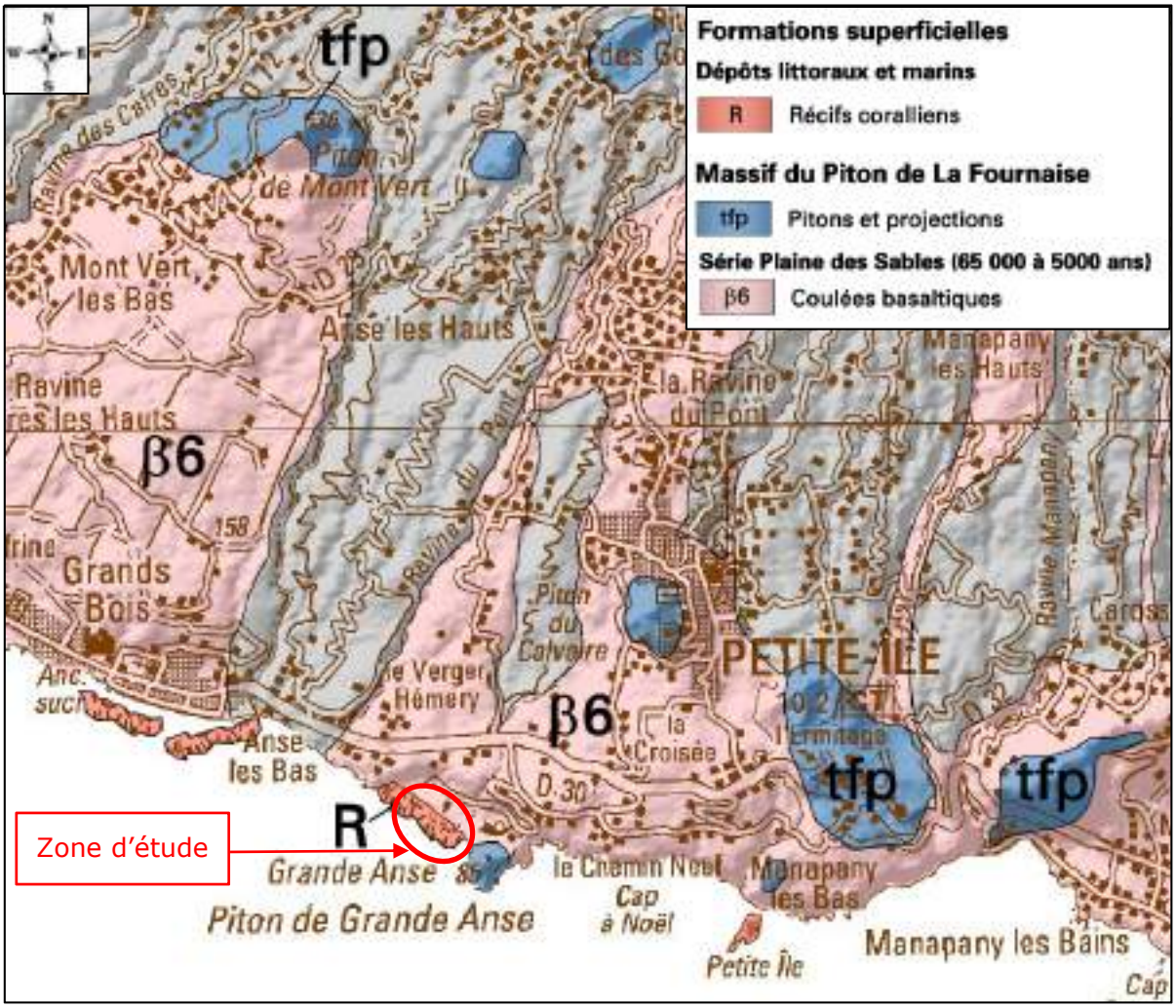


Figure 5 : Extrait de la carte géologique au 1/100 000ème de la Réunion (source : BRGM, 2006)



Figure 6 : Grès coralliens recouverts par des sables coralliens (plage de Grande Anse)

Données existantes issues de la BSS

En recherchant dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS), seul un puits (BSS002PKPK) a été identifié au droit de la zone d'étude (Figure 7).

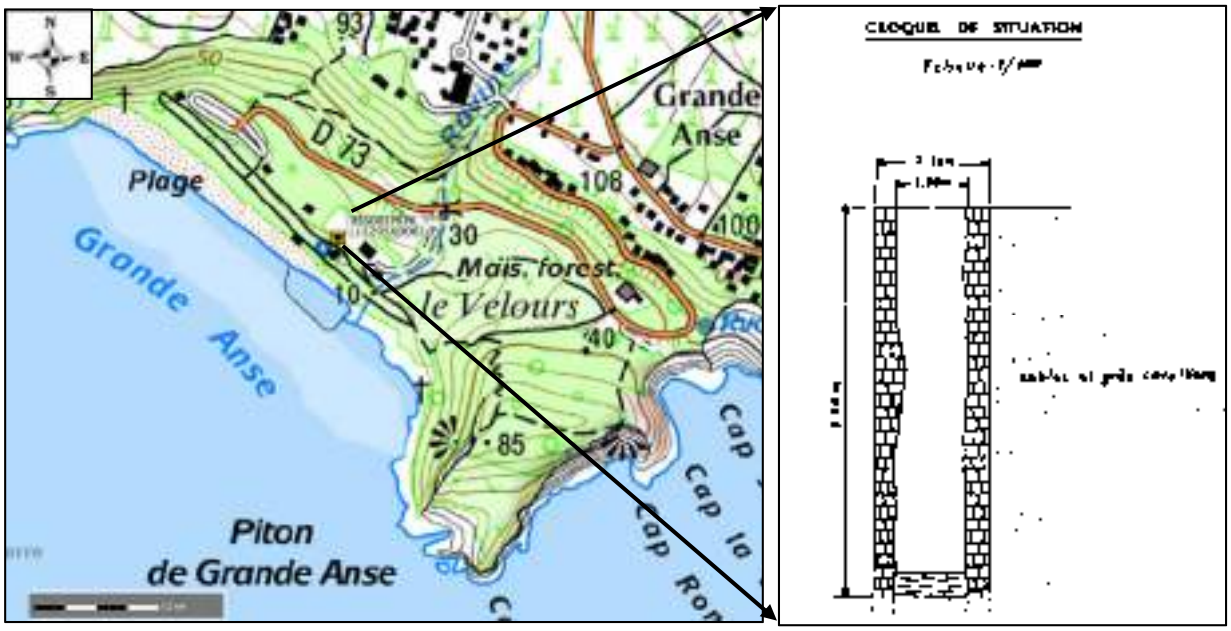


Figure 7 : Localisation du puits au droit de Grande Anse et coupe du sondage (Source : BSS - Infoterre - BRGM)

Ce puits a été réalisé en 1975 et révèle la géologie à proximité de la zone d'étude.

Puits - BSS002PKPK	
Coordonnées en RGR92 / UTM zone 40S	X = 349539 m Y = 7636283 m Z = 7,0 mNGR
Profondeur atteinte du puits	7,2 m
Niveau d'eau mesurée par rapport au sol	6,8 m
Variations journalières du plan d'eau	0,20 m
Distance du puits de la mer	55 m
Géologie	Sables coralliens et grès coralliens

2.2 - CONTEXTE CLIMATIQUE

La commune de Petite-Ile se situe sur la côte « **sous le vent** » de l'alizé. Elle affiche donc des valeurs de pluviométrie bien moindre que les territoires de la côte « au vent ». Au droit du secteur étudié, le cumul des précipitations pour l'année 2018 est compris entre 2000 et 3000 mm (Figure 8).

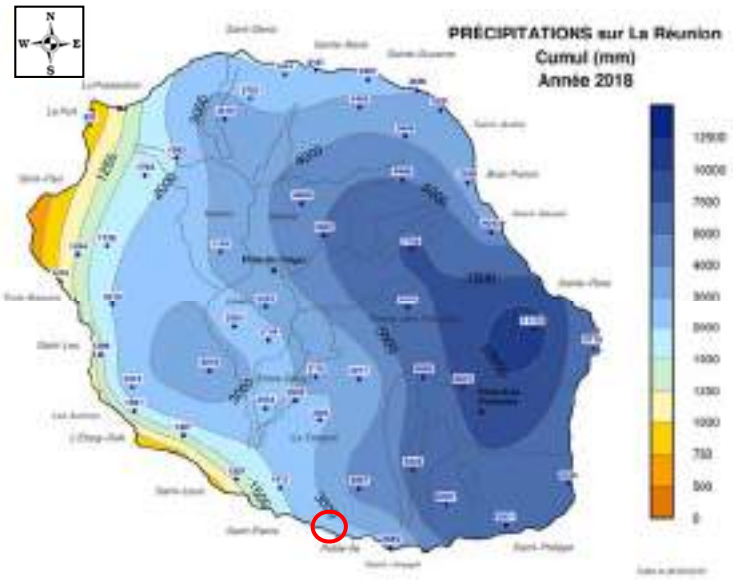


Figure 8 : Cumul des précipitations sur la Réunion en 2018

2.3 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

Réseau hydrographique

La zone d'étude est délimitée au sud par la Ravine des Français et elle est traversée par une petite ravine sans nom qui sera canalisée suite aux travaux.



Figure 9 : Localisation des ravines à proximité de la zone d'étude

Hydrogéologie

La masse d'eau souterraine au droit de la zone d'étude se trouve dans les formations volcaniques du littoral de Petite-Île – Saint-Pierre (LG105).

2.4 - MESURES MARÉGRAPHIQUES

La masse d'eau littorale au droit de la zone d'étude correspond à la **masse d'eau de Saint-Pierre – Pointe de la Cayenne** (LC12).

Le marégraphe le plus proche de notre zone d'étude est le **marégraphe du Port de Saint-Pierre** (code office – 38215). Les données sont disponibles sur le site de l'Office de l'eau du 1er août 2010 au 1er Février 2019. Seules les données du 1er Janvier 2018 au 1er Février 2019 ont été exploitées et sont présentées ci-dessous sous forme de graphique (Figure 10).

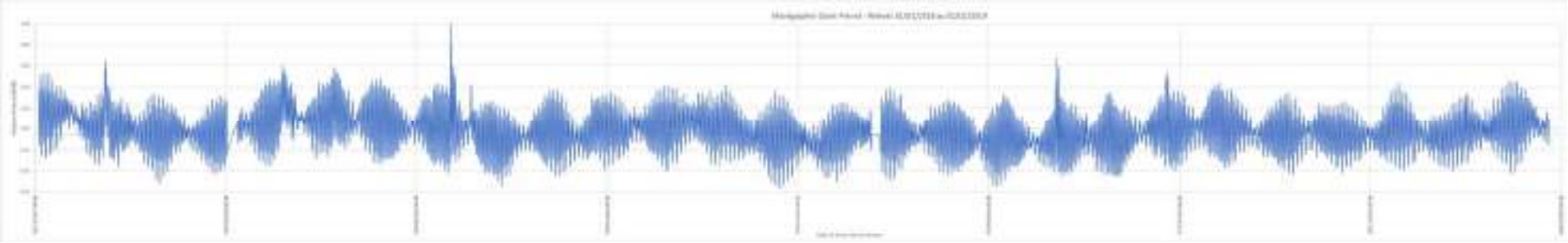


Figure 10 : Graphique représentant l'évolution de la hauteur d'eau en fonction du temps (Marégraphe de Saint-Pierre)

2.5 - CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

2.5.1 - Risques sismiques

D'après le décret n° 2010-1255 de la 22/10/2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français, l'île de la Réunion se trouve en **zone de sismicité 2 « dite » faible**. Le maître d'ouvrage devra définir la catégorie d'importance de son projet.

En fonction de la catégorie d'importance des ouvrages, des dispositions seront à prendre vis-à-vis de l'aléa sismique.

NOTA : Si les ouvrages du projet sont classés en catégorie d'importance II (ceux dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes), en zone de sismicité 2, aucune vérification au séisme ne sera à prendre en compte.

2.5.2 - Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn)

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles de la commune de Petite-Ile a été approuvé le 29 Décembre 2017, selon les informations recueillies sur le site de la DEAL.

Aléa inondation et aléa mouvements de terrain

La zone d'étude est impactée par un **aléa moyen et fort inondation**.

Elle est également concernée par des **aléas faible, moyen et élevé mouvements de terrain.**

L'aléa élevé mouvements de terrain est en lien avec l'aléa fort inondation et traduit les phénomènes d'érosion possibles du lit principal liés à la puissance des écoulements en cas de fortes pluies. L'aléa moyen mouvements de terrain caractérise les phénomènes d'érosion de berges liés à la puissance des écoulements, au transport d'éléments grossiers, pouvant engendrer la déstabilisation des berges.

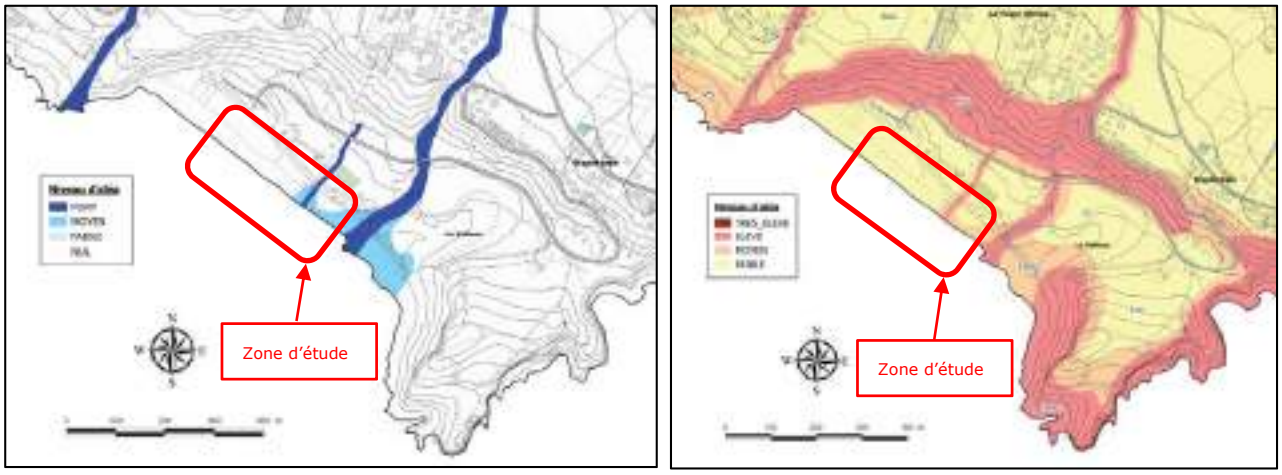


Figure 11 : Zonage des aléas inondation et mouvements de terrain au droit de la zone d'étude

La canalisation enterrée sera située au droit de la ravine en zone d'aléa fort et moyen inondation et permettra de canaliser les écoulements.
Le poste de secours ne sera pas impacté par l'aléa inondation et sera en zone d'aléa faible mouvements de terrain.

Zonage réglementaire

La canalisation enterrée se trouvera en zone **R1 et R2**.

Le poste de secours ne sera pas impacté par le zonage réglementaire.

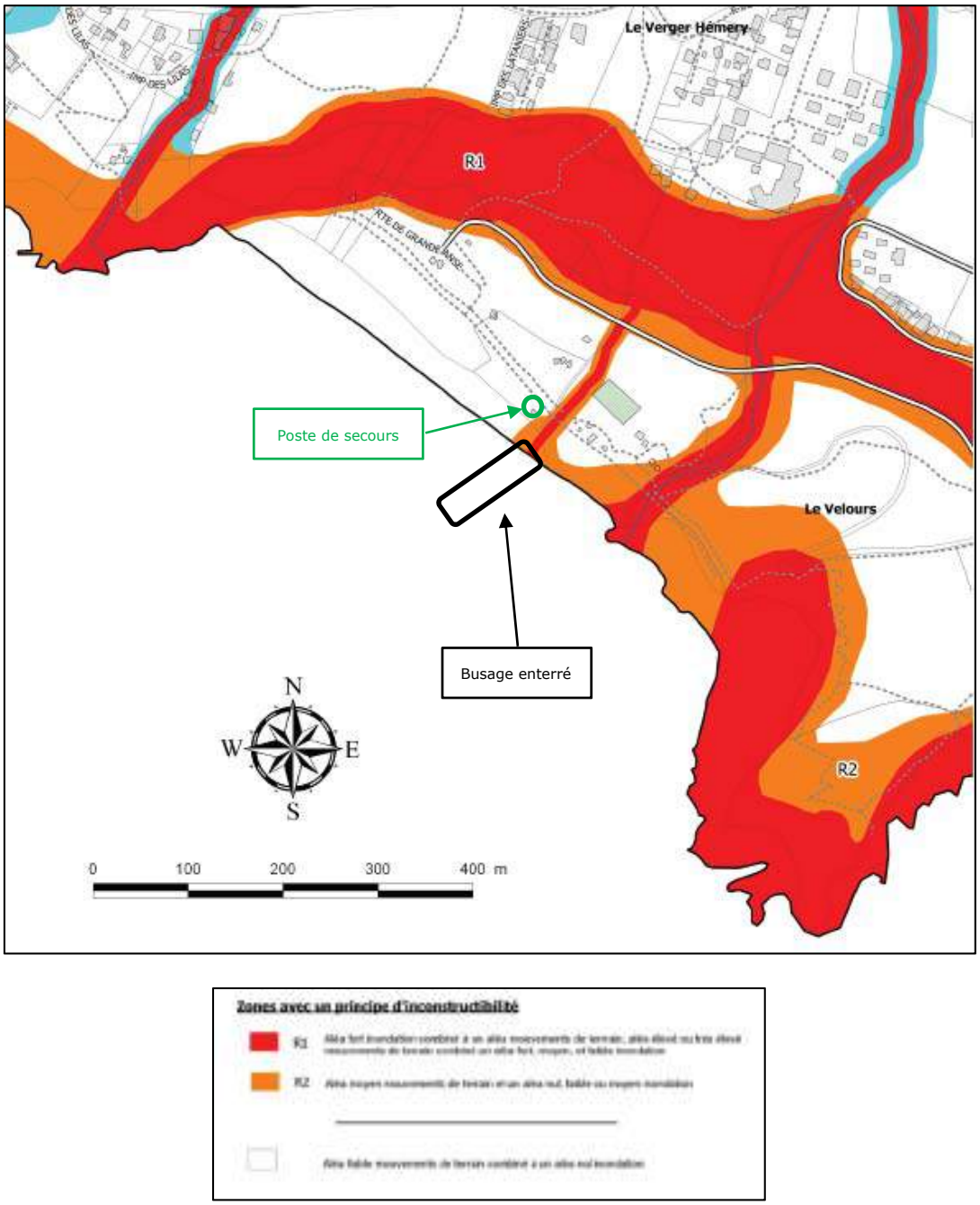


Figure 12 : Zonage réglementaire du PPRn de Petite-Ile au droit de la zone d'étude

Pour toutes les dispositions réglementaires à respecter, se référer au règlement du PPRn de Petite-Ile.

2.5.3 - Plan de Prévention des Risques littoraux (PPRl)

Le Plan de Prévention des Risques littoraux de la commune de Petite-Ile a été prescrit le 25 Juin 2015 et le délai d'approbation a été prolongé le 22 Juin 2018, selon les informations recueillies sur le site de la DEAL.

Les cartes ci-dessous sont présentées à titre indicatif et ne sont donc pas approuvées à ce jour.

La zone d'étude est concernée par **un aléa recul du trait de côte** à échéance 100 ans, ainsi qu'à un **aléa submersion marine**.

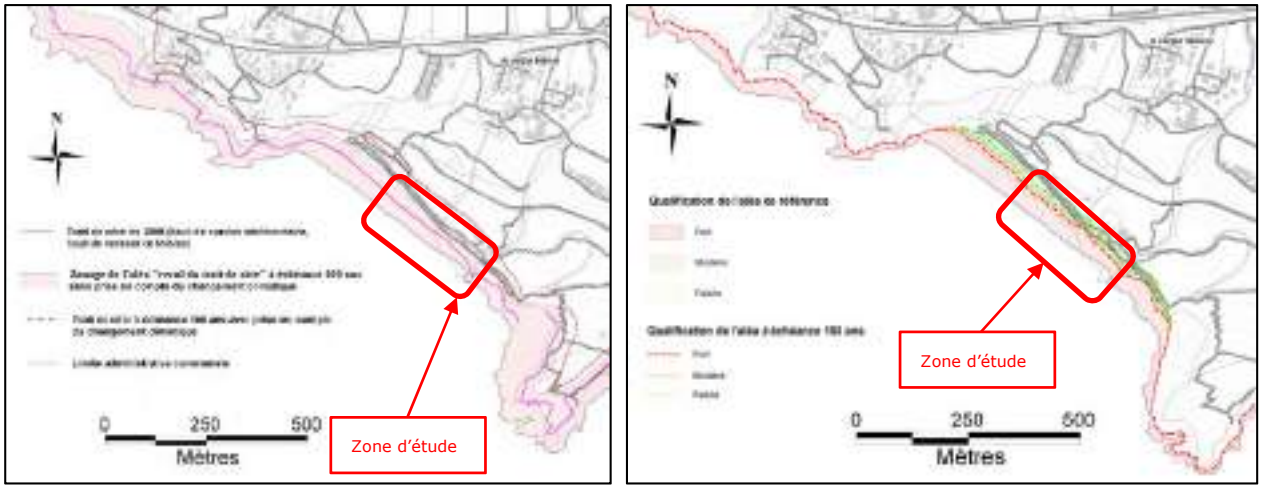


Figure 13 : Cartographie de l'aléa recul du trait de côte (Mars 2013) à gauche et cartographie de l'aléa submersion marine (Février 2013) à droite

3 - SYNTHESE DES RECONNAISSANCES

3.1 - PROGRAMME D'INVESTIGATIONS GÉOTECHNIQUES RÉALISÉ EN AVP

Dans le cadre de la présente étude, la campagne d'investigations géologiques et géotechniques a consisté en la réalisation de :

- **4 sondages à la pelle mécanique** (PM1, E1 à E3). Les sondages ont été réalisés par STA et Géolithe le 23 Juillet 2019 ;
- **2 sondages destructifs avec essais pressiométriques** (SP1, SP2). Ces sondages ont été sous-traités à Forintech et ont été réalisés les 2 et 5 Août 2019 ;
- **1 sondage carotté** (SC1). Ce sondage a été sous-traité à Forintech et réalisé le 6 Août 2019 ;
- **7 essais de lançage** (L1 à L7). Ces sondages à l'aiguille ont été sous-traités à OCETRA;
- **Des analyses GTR sur 3 échantillons de sable prélevés sur la plage** (E1 à E3). Ces analyses ont été sous-traités à Ginger-CEBTP ;
- **Des analyses laboratoires de contaminants sur 2 échantillons de sédiments marins** (SM1, SM2). Les sédiments ont été prélevés par Géolithe le 20 Août 2019 et les analyses ont été sous-traitées au laboratoire Qwalilab.

Les coordonnées *(RGR92 / UTM zone 40S)* et les photos des reconnaissances géotechniques sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

	Sondages	X (en m)	Y (en m)	Z (en mNGR)
Sondage à la pelle mécanique	PM1	349484,51	7636280,16	6,70
Sondages pressiométriques	SP1	349485,00	7636279,43	6,75
	SP2	349486,11	7636261,65	3,41
Sondage carotté	SC1	349485,05	7636260,36	3,31
Prélèvements des sables - Sondages à la pelle mécanique	E1	349439,54	7636288,64	3,02
	E2	349458,17	7636274,77	3,12
	E3	349474,08	7636262,03	3,02
Prélèvements des sédiments marins	SM1	349504,98	7636223,62	0,81
	SM2	349428,72	7636282,09	1,28
Essais de lançage (Sondages à l'aiguille)	L1	349489,93	7636167,19	Entre -0,50 m à -1,50 m
	L2	349466,95	7636185,58	
	L3	349443,40	7636205,25	
	L4	349405,96	7636231,51	
	L5	349368,15	7636258,92	
	L6	349329,41	7636286,61	
	L7	349332,50	7636311,38	

La localisation des sondages est présentée sur orthophotographie (Figure 14) et sur le plan du projet transmis par SUEZ (Figure 15).



Figure 14 : Localisation sur orthophotographie des reconnaissances géotechniques réalisées en Juillet et en Août 2019

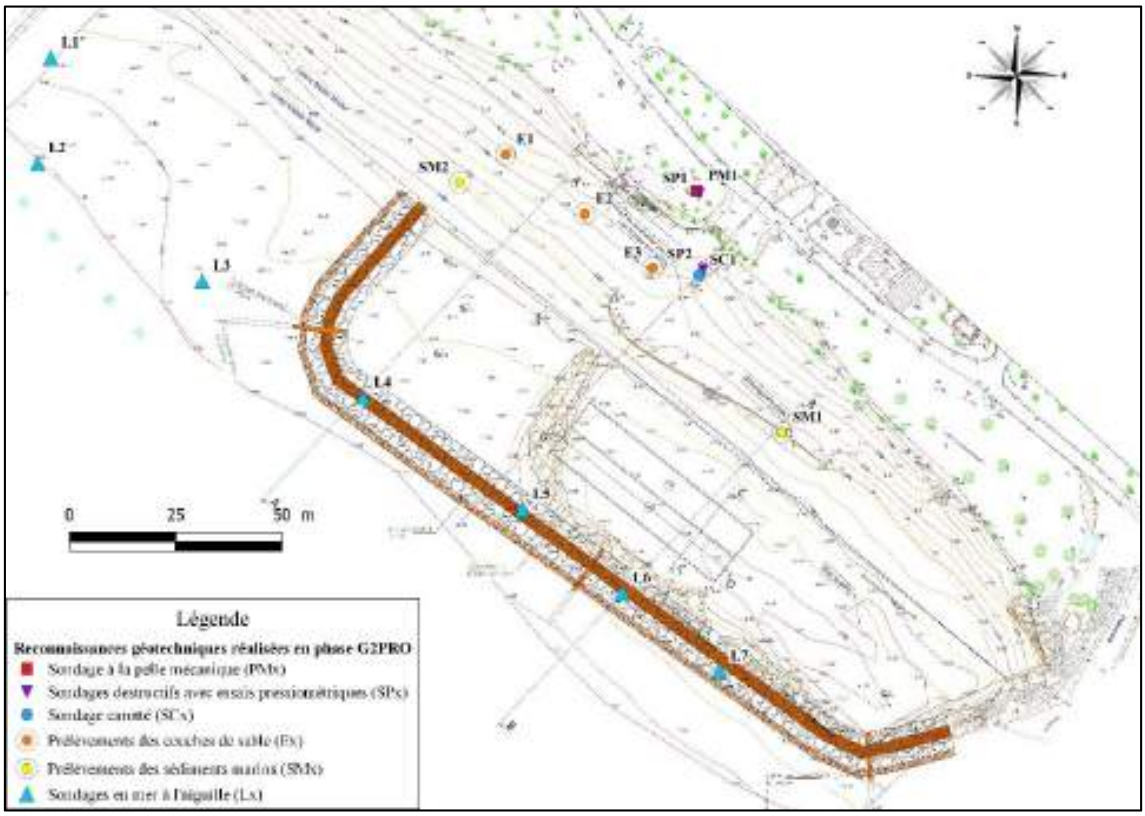


Figure 15 : Localisation des reconnaissances géotechniques sur le plan du projet fourni par SUEZ

3.2 - OBSERVATIONS NATURALISTES

D'après la carte géologique (paragraphe 2.1), la zone d'étude se trouve sur des coulées basaltiques recouvertes majoritairement par des sables coralliens ou des grès coralliens (beach-rock). Quelques photos, prises sur site (le 20 août 2019), illustrent ces formations (Figure 16).

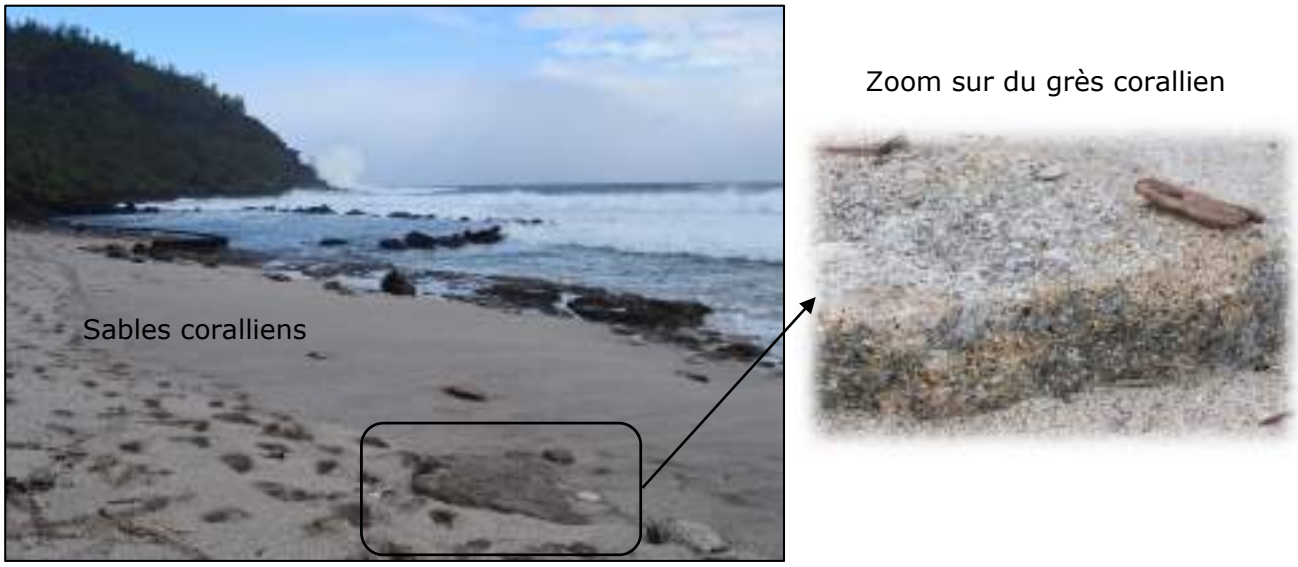


Figure 16 : Illustrations des formations géologiques présentes à proximité du bassin de baignade (Sables coralliens et grès coralliens)

3.3 - SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS

Cette partie fait la synthèse des reconnaissances géotechniques réalisées dans le cadre de la mission G2AVP pour le projet d'extension du bassin de Grande Anse.

Nota important : Ces données n'impliquent en rien qu'il ne puisse exister d'anomalie de la stratigraphie entre sondages. En particulier, la position exacte des interfaces entre couches ne saurait se déduire d'une simple extrapolation des relevés de sondages.

3.3.1 - Sondages à la pelle mécanique

Les caractéristiques des sondages à la pelle mécanique (localisation et profondeur d'arrêt), ainsi que la nature géologique du sous-sol sont synthétisées ci-dessous (Tableau 1) :

Tableau 1 : Synthèse des sondages à la pelle mécanique PM1, E1 à E3

Numéro du sondage	PM1
X (en m)	349484,51
Y (en m)	7636280,16
Z (en mNGR)	6,7
Terre végétale	0,00 m à -0,40 m/TA
Remblais	-0,40 m à -1,40 m/TA
Profondeur d'arrêt (en m/TA*)	- 1,40 m

Numéro du sondage	E1	E2	E3
X (en m)	349439,54	349458,17	349474,07
Y (en m)	7636288,63	7636274,77	7636262,03
Z (en mNGR)	3,02	3,12	3,02
Sables fins	0,00 m à -0,75 m/TA	0,00 m à -1,00 m/TA	0,00 m à -0,60 m/TA
Sables fins avec présence de blocs coralliens	-0,75 m à -1,50 m/TA	-1,00 m à -2,00 m/TA	-0,60 m à -1,60 m/TA
Profondeur d'arrêt (en m/TA*)	- 1,50 m	- 2,00 m	- 1,60 m

** Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel (TA).*

Les fiches détaillées des sondages à la pelle mécanique sont présentées en annexe 3.1.

3.3.2 - Sondages pressiométriques

Deux sondages destructifs de 8 m de profondeur ont été réalisés au droit de la zone d'étude avec des essais pressiométriques tous les 1,5 mètres (annexe 3.2). Ci-dessous figure le tableau récapitulatif des résultats des sondages (Tableau 2) :

Tableau 2 : Synthèse des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1 et SP2)

Sondage pressiométrique	**SP1**	**SP2**
X (en m)	349485,00	349486,11
Y (en m)	7636279,43	7636261,65
Z (en mNGR)	6,75	3,41
Nombre d'essais réalisés	5 essais (1 essai tous les 1,5 mètres)	5 essais dont 2 inexploitables (1 essai tous les 1,5 mètres)
Terre végétale, puis remblais	0,00 m à -1,40 m	-
Grès coralliens	-1,40 m à -2,00 m	Il est difficile d'interpréter la géologie de ce sondage. 0,00 m à -3,00 m → se référer au sondage carotté SC1. 0,00 m à -8,00 m →, l'essai sera exploité pour faire une synthèse géotechnique.
Sables limoneux	-2,00 m à -4,00 m	
Grès coralliens	-4,00 m à -6,75 m	
Sables limoneux	-6,75 m à -8,00 m	
Profondeur d'arrêt (en m/TN*)	- 8,0 m	- 8,0 m

**Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Naturel (TN).*

Le fluide de forage des sondages est constitué d'eau et de polymère. Nous ne pouvons donc pas interpréter les niveaux d'eau relevés au cours du forage et ainsi faire une synthèse hydrogéologique.

3.3.3 - Sondage carotté

Un sondage carotté de 3 mètres de profondeur a été réalisé au droit de la future buse (annexe 3.3). Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus (Tableau 3).

Tableau 3 : Synthèse des résultats des sondages carottés

Numéro du sondage	**SC1**
X (en m)	349485,05
Y (en m)	7636260,37
Z (en mNGR)	3,31
Sables coralliens	0,00 m à -0,50 m
*Grès de plage**	-0,50 m à -3,00 m
Profondeur d'arrêt m/TN**	- 3,0 m

**Les grès de plage sont formés par des débris de coraux, des restes de coquillages, d'oursins mélangés à des morceaux de basalte à olivine ou de basalte aphyrique (cf. annexe 3.3 pour le détail de la carotte). Ces matériaux peuvent être localement très compactes et nécessiter des moyens puissants à l'extraction.*

***Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Naturel (TN).*

3.3.4 - Essais de lançage

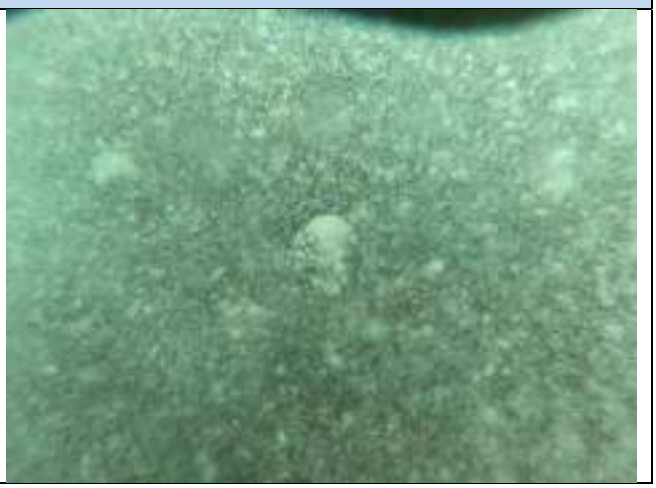
Sept essais de lançage (annexe 3.4) ont été réalisés par OCETRA le Mardi 3 Septembre 2019. Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus (Tableau 4).

Tableau 4 : Synthèse des essais de lançage

Essais de lançage / Sondage à l'aiguille	X	Y	Epaisseur de la couche de sable	Nature des matériaux
L1	349489,93	7636167,18	4 cm	Léger dépôt sableux sur rocher
L2	349466,95	7636185,58	0 cm	Indéterminé (non visible à la vidéo)
L3	349443,40	7636205,24	0 cm	Roche / Coraux
L4	349405,96	7636231,50	0 cm	Roche / Coraux
L5	349368,15	7636258,92	0 cm	Roche / Coraux
L6	349329,41	7636286,61	0 cm	Roche / Coraux
L7	349332,50	7636311,37	0 cm	Roche / Coraux

Les sondages (L1 à L7) montrent l'absence de sable au droit du bassin de baignade et de la zone d'extension du bassin. Le terrain est dur, mais il est impossible d'identifier la nature géologique des terrains en place. Des coraux sont visibles au droit et à proximité de certains sondages.

Des vidéos des essais de lançage (L1 à L7) seront également transmises pour chaque sondage à l'aiguille.

L1 – Photo – 4 cm de sable	**L2** – Photo – Visibilité médiocre Vague plus importante
	

L3 – Photos – Roche et coraux




L4 – Photos – Roche et coraux




L5 – Photos – Roche et coraux




L6 – Photos – Roche et coraux




L7 – Photos – Roche et coraux






3.3.5 - Analyses en laboratoire

Des analyses en laboratoire ont été effectuées sur deux types de prélèvements :

- Les prélèvements d'échantillons sableux (E1 à E3) issus des sondages à la pelle mécanique (classification GTR) ;
- Les prélèvements d'échantillons des sédiments marins (analyse chimique).

3.3.5.1 - Echantillons issus des sondages à la pelle mécanique

Les essais en laboratoire suivants ont été réalisés sur 3 échantillons. Les fiches détaillées des résultats sont fournies en annexe 3.5.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus pour chaque échantillon :

Sondages	**E1**	**E2**	**E3**
Numéro d'échantillon	**1**	**2**	**3**
Profondeur (m/TA)	-1,5 m	- 2,0 m	- 1,6 m
Teneur en eau naturelle W_n (%)	5,9	3,8	7,4
Nature des échantillons	Sable	Sable	Sable
Granulométrie : - Passant à 50 mm (%) - Passant à 31,5 mm (%) - Passant à 20 mm (%) - Passant à 10 mm (%) - Passant à 5 mm (%) - Passant à 2 mm (%) - Passant à 1 mm (%) - Passant à 400 µm (%) - Passant à 315 µm (%) - Passant à 80 µm (%)	 100,0 100,0 100,0 99,6 99,4 98,1 87,3 15,7 2,9 2,2	 100,0 100,0 96,5 96,5 96,4 96,1 82,0 14,3 2,1 1,8	 100,0 100,0 88,0 86,5 85,7 84,9 76,5 10,9 2,9 2,0
Masse volumique humide ρ (kg/m^3)	1820	1850	1910
Valeur au bleu VBS (g/100g)	0,04	0,03	0,04
Classification GTR 92	D1	D1	D1

3.3.5.2 - Echantillons de sédiments marins

Les analyses suivantes ont été déposées au laboratoire Qwalilab et ont été réalisées par Eurofins sur les deux échantillons de sédiments marins (SM1 et SM2) :

	Analyses	SM1	SM2
Oligo-éléments Micropolluants minéraux	Antimoine (NF EN ISO 17294-2)	< 0,002 mg/kg MS	< 0,002 mg/kg MS
	Arsenic (NF EN ISO 11885)	< 0,20 mg/kg MS	< 0,20 mg/kg MS
	Baryum (NF EN ISO 11885)	< 0,10 mg/kg MS	< 0,10 mg/kg MS
	Cadmium (NF EN ISO 17294-2)	< 0,002 mg/kg MS	< 0,002 mg/kg MS
	Chrome (NF EN ISO 11885)	< 0,10 mg/kg MS	< 0,10 mg/kg MS
	Cuivre (NF EN ISO 11885)	< 0,20 mg/kg MS	< 0,20 mg/kg MS
	Mercure (NF EN ISO 17294-2)	< 0,001 mg/kg MS	< 0,001 mg/kg MS
	Molybdène (NF EN ISO 17294-2)	< 0,01 mg/kg MS	< 0,01 mg/kg MS
	Nickel (NF EN ISO 11885)	< 0,10 mg/kg MS	< 0,10 mg/kg MS
	Plomb (NF EN ISO 11885)	< 0,10 mg/kg MS	< 0,10 mg/kg MS
	Sélénium (NF EN ISO 17294-2)	< 0,01 mg/kg MS	< 0,01 mg/kg MS
	Zinc (NF EN ISO 11885)	< 0,20 mg/kg MS	< 0,20 mg/kg MS
Oxygènes et matières organique	COT sur éluant (NF EN 16192)	< 50 mg/kg MS	< 50 mg/kg MS
	COT par combustion sèche (NF EN 13137)	2770 mg/kg MS	1350 mg/kg MS
Composés benzéniques	Somme des BTEX	0,300 mg/kg MS	0,300 mg/kg MS
Traces d'hydrocarbures	Somme des HAP (NF ISO 18287)	2,9 mg/kg MS	0,19 mg/kg MS
	Hydrocarbures totaux - Indices hydrocarbures (C10–C40)	< 15,0 mg/kg MS	< 15,0 mg/kg MS

D'autres analyses ont été réalisées sur ces sédiments marins. Les résultats détaillés sont présentés en annexe 3.6.

4 - MODELES GEOTECHNIQUES

Le présent chapitre sera présenté par secteur (Figure 17) :

- Secteur 1 : Aménagement du poste de surveillance,
- Secteur 2 : Réalisation d'une canalisation enterrée,
- Secteur 3 : Extension du bassin de baignade (endiguement de protection, déroctage…).

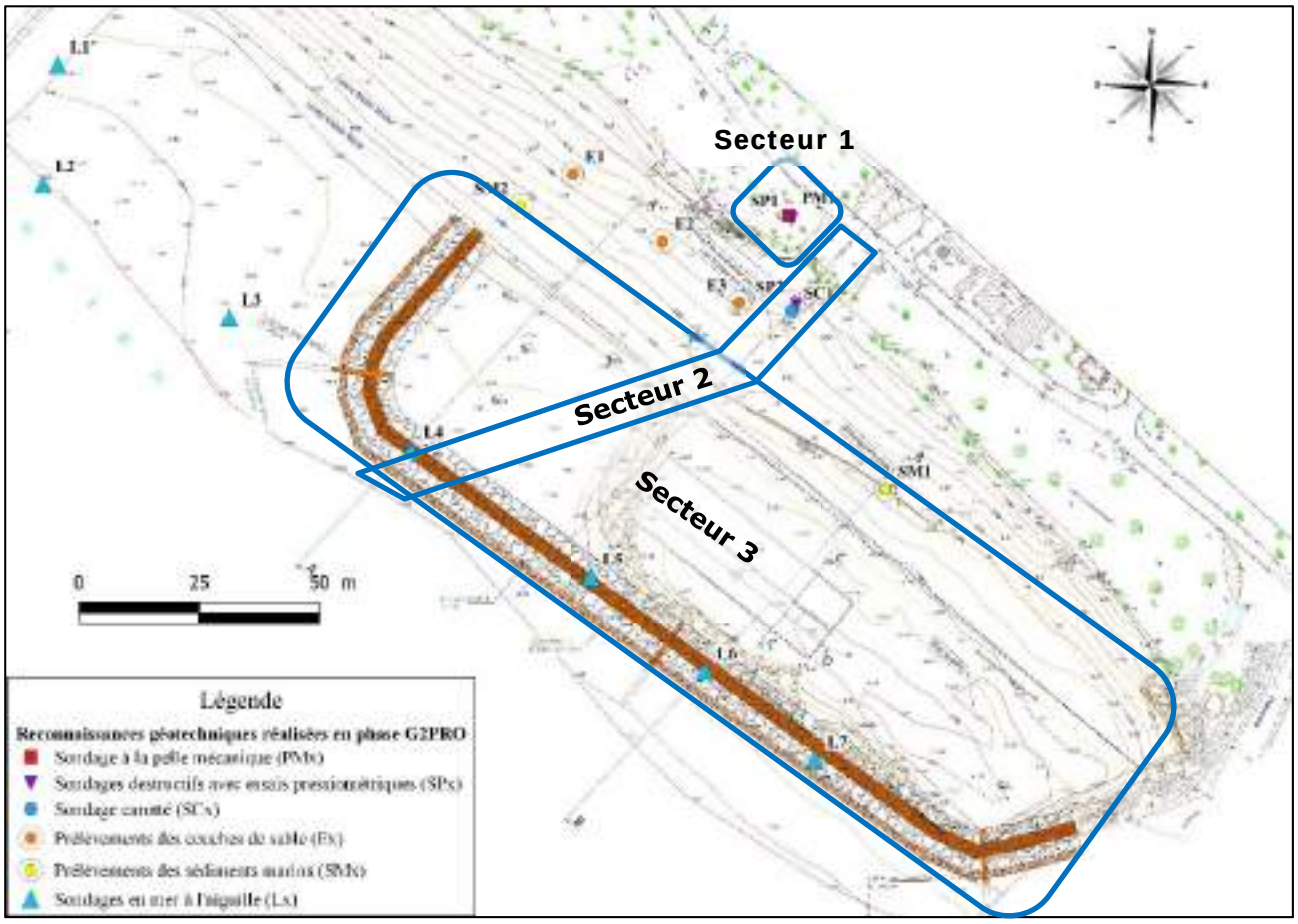


Figure 17 : Localisation des secteurs abordés

4.1 - SECTEUR 1 - AMÉNAGEMENT DU POSTE DE SURVEILLANCE

Cette partie traite de l'aménagement du poste de surveillance (Figure 18).

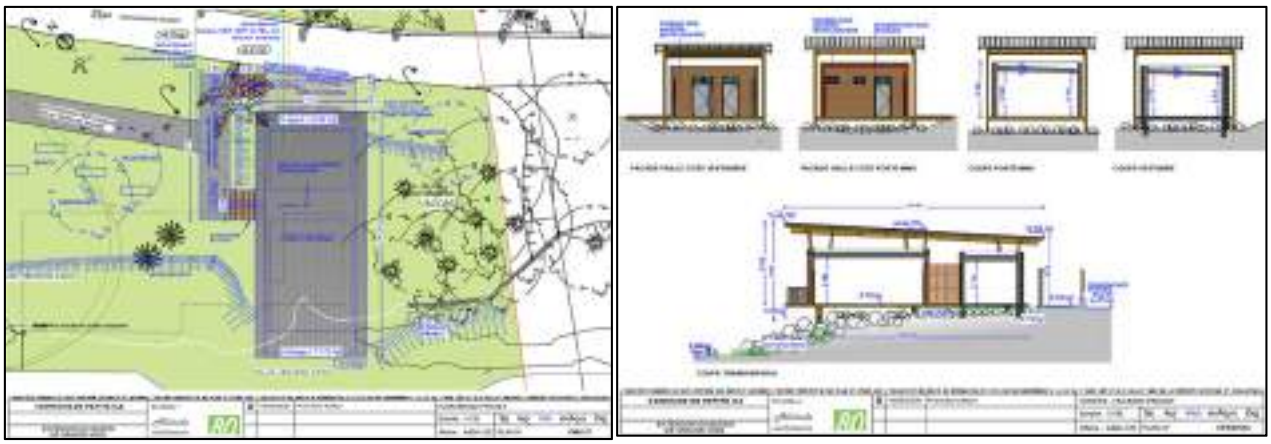


Figure 18 : Plans du projet de poste de surveillance

Le modèle géologique et le modèle géotechnique retenu pour le poste de surveillance se base sur le sondage à la pelle mécanique PM1 et le sondage destructif avec essais pressiométriques SP1.

Selon ces deux sondages, la géologie à proximité du futur poste de surveillance est la suivante (Figure 19) :

SP1 **PM1**

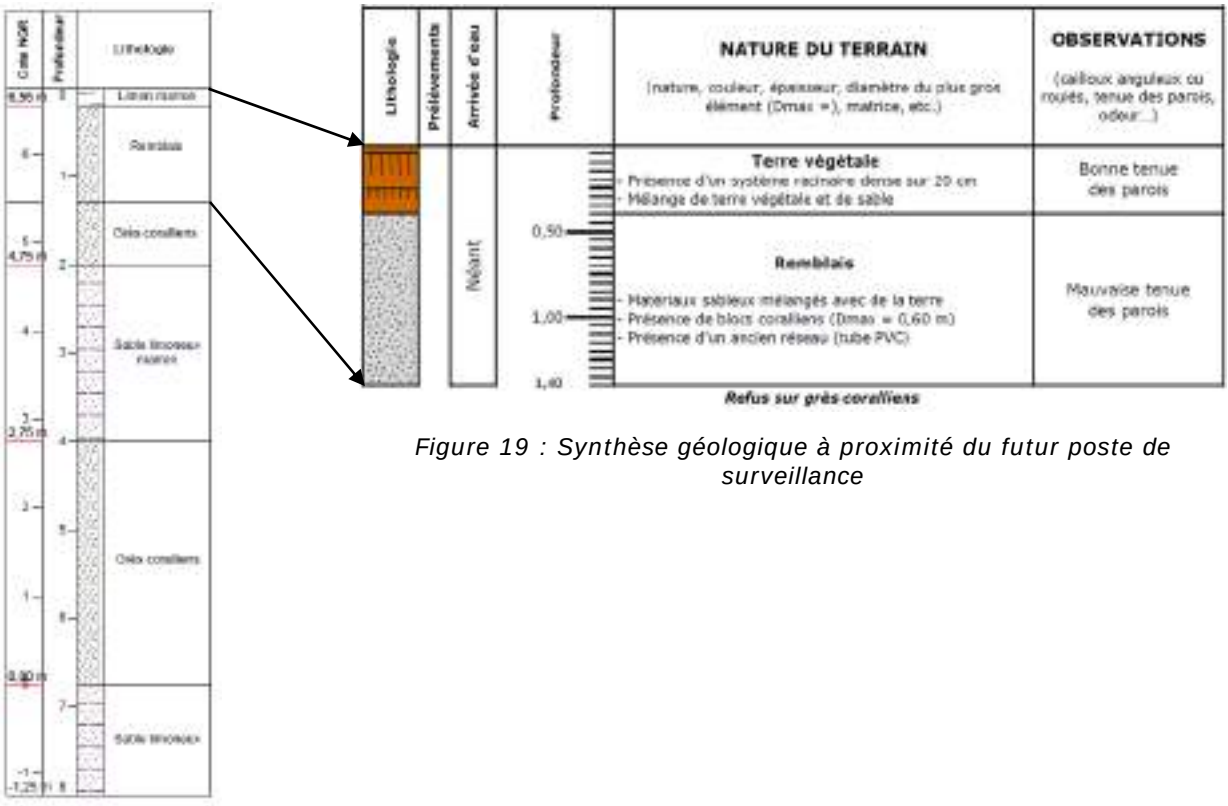


Figure 19 : Synthèse géologique à proximité du futur poste de surveillance

Le modèle géotechnique retenu pour le poste de surveillance est le suivant :

Sondage destructif de 8 m avec essais pressiométriques tous les 1,5 mètres				
Caractéristiques géotechniques *Valeurs moyennes issues des résultats du SP1*				
Nature des sols	**Pl* (Mpa)**	**Pf* (Mpa)**	**Em (Mpa)**	**Em/Pl***
Grès coralliens	4,78	4,78	721,85	151,12
Sables limoneux	0,50	0,23	6,13	12,38

Remarques : de fortes épaisseurs de remblais sont à attendre au droit de la zone. En aucun cas les fondations des ouvrages devront se situer dans cet horizon.

4.2 - SECTEUR 2 – CANALISATION ENTERRÉE

Cette partie traite de la mise en place d'une canalisation enterrée (Figure 20).

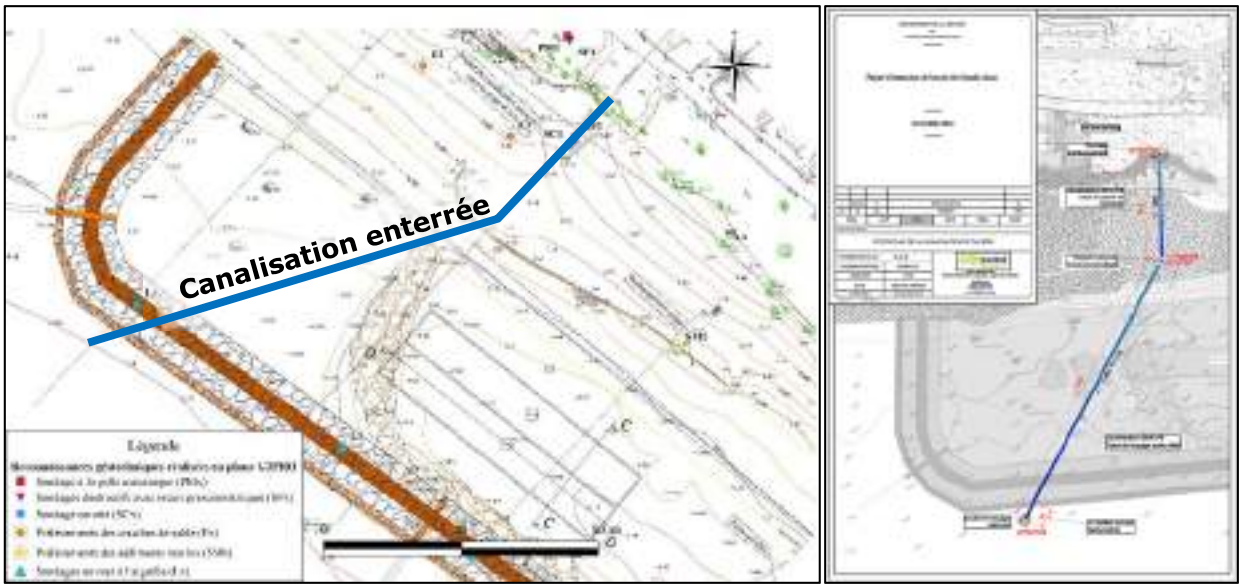


Figure 20 : Localisation approximative de la canalisation enterrée

Le modèle géologique et le modèle géotechnique retenu pour la canalisation enterrée se base sur le sondage carotté SC1 et le sondage destructif avec essais pressiométriques SP2.

Selon le sondage carotté SC1, la géologie au droit de la buse enterré est la suivante (

Figure 21) :

SC1

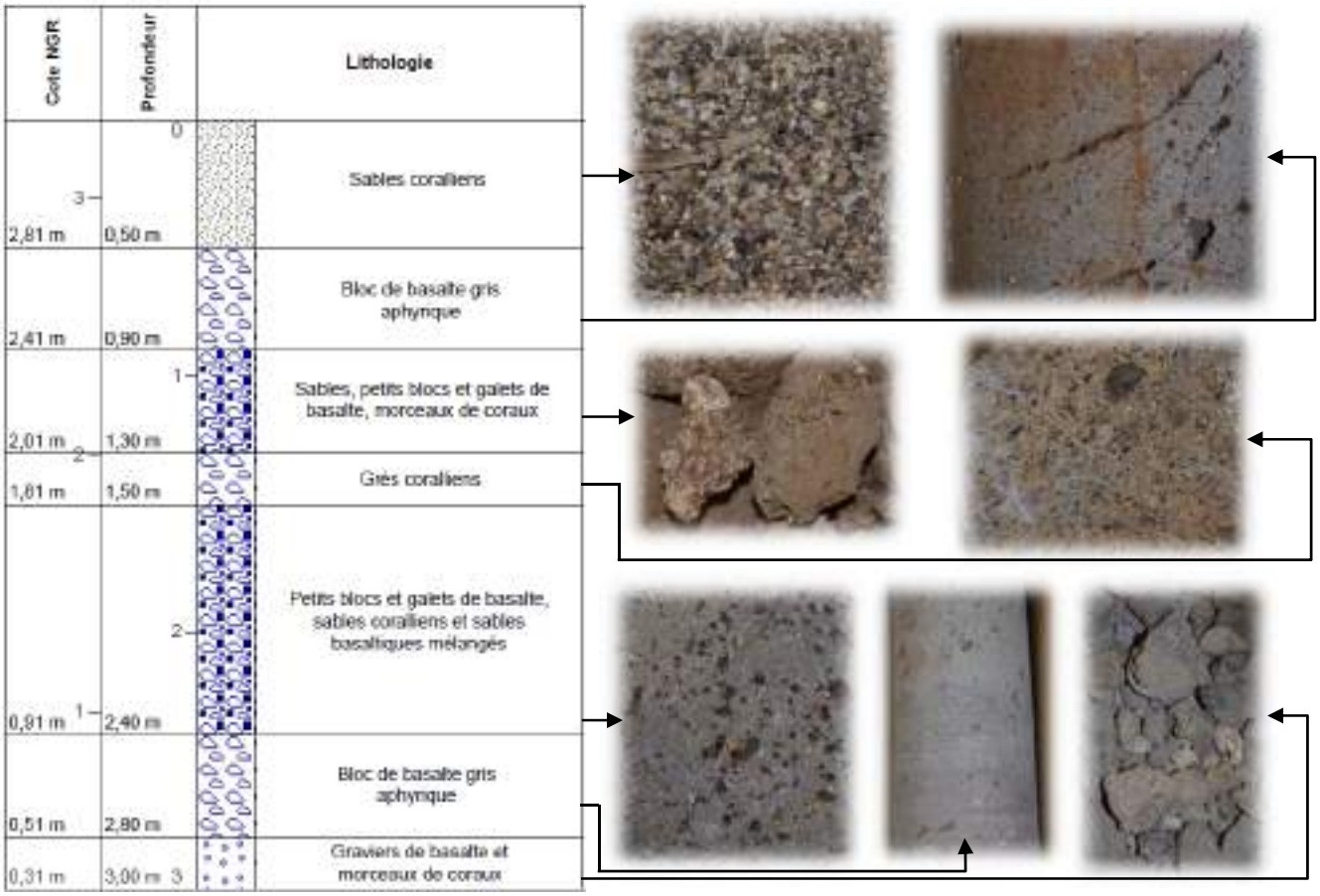


Figure 21 : Synthèse géologique au droit de la future canalisation enterrée (0,0 à 3,0 m de profondeur)

Le modèle géotechnique retenu pour la canalisation enterrée est le suivant :

Sondage destructif de 8 m avec essais pressiométriques tous les 1,5 mètres				
Caractéristiques géotechniques *Valeurs moyennes issues des 2 essais pressiométriques à -1,50 m et -4,50 m du SP2*				
Nature des sols	**Pl* (Mpa)**	**Pf* (Mpa)**	**Em (Mpa)**	**Em / Pl***
Sables coralliens ou basaltiques	1,51	1,16	21,34	14,18

Remarques : Selon les plans fournis par Suez, la canalisation enterrée sera située à -2.01NGR en entrée et à – 2.96NGR en sortie. C'est pourquoi nous avons choisi de retenir uniquement les valeurs jusqu'à 5 m de profondeur pour définir les caractéristiques géotechniques au droit de la canalisation enterrée. L'essai pressiométrique à – 3,0 m/TA n'étant pas exploitable, seulement deux valeurs ont été utilisées pour définir les valeurs moyennes.

Suite aux analyses en laboratoire, les sables de la plage sont classés en catégorie D_1, selon la classification GTR. La classe de sols D_1 correspond à des sols insensibles à l'eau et ≤ 50 mm.

4.3 - SECTEUR 3 – EXTENSION DU BASSIN DE BAIGNADE

Cette partie traite de l'aménagement du bassin de baignade (Figure 22).

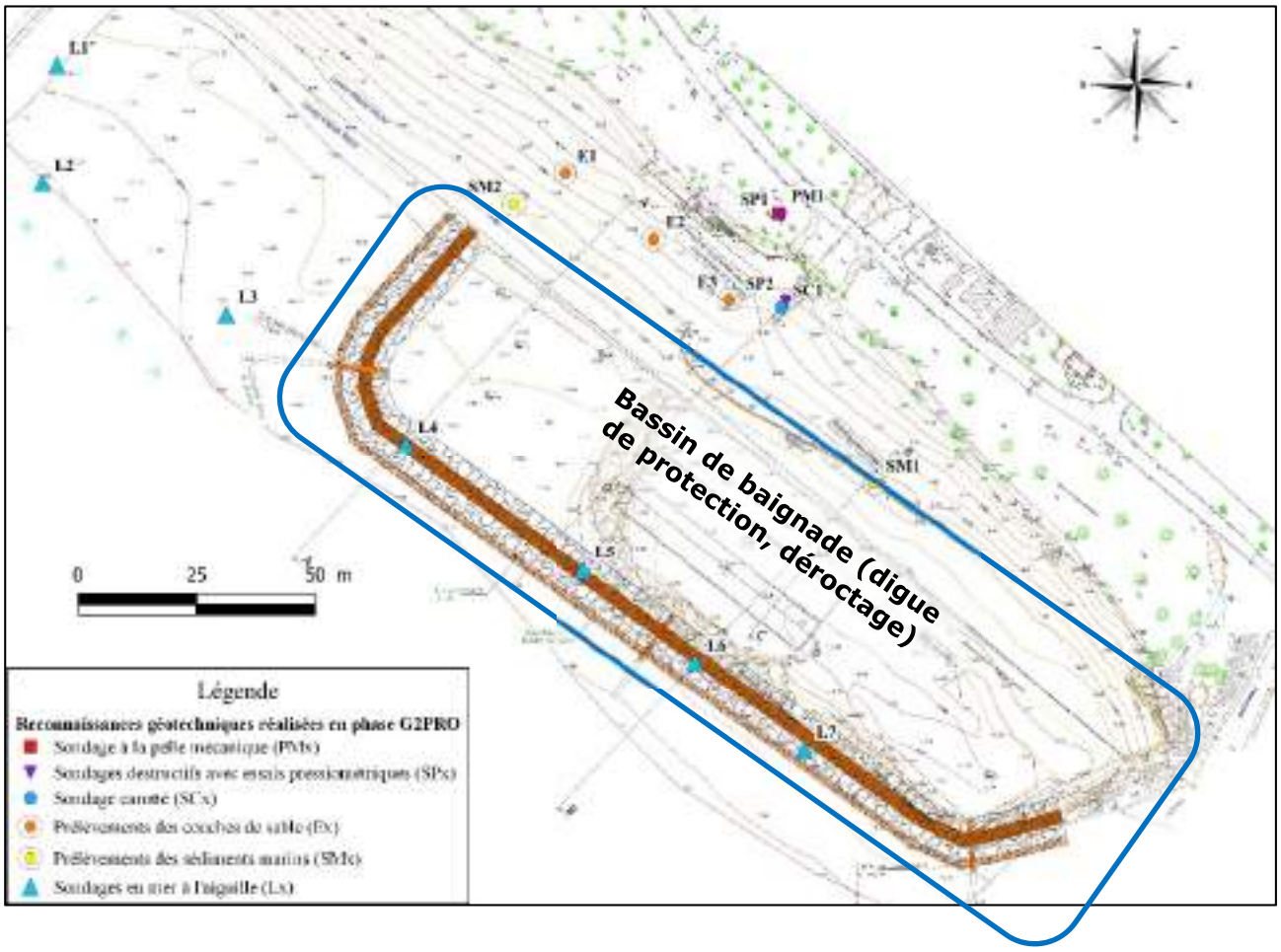


Figure 22 : Localisation du futur bassin de baignade

Les essais de lançage ont permis de valider l'absence de sables au droit de la future digue. De par la méthode utilisée (sondages à l'aiguille), il est complexe de connaître la nature géologique des sols en présence (dalle basalte ou grès coralliens). D'après les vidéos, des coraux sont présents au droit de la zone d'étude. Il sera vraisemblablement nécessaire de réaliser des sondages complémentaires en EXE (sondages pelle mécanique), pour s'assurer de la nature de l'assise de la digue de protection.

5 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LE POSTE DE SURVEILLANCE

5.1 - FONDATIONS

Suite aux sondages réalisés à proximité du poste de surveillance (SP1 et PM1), nous recommandons que les fondations du bâtiment soient ancrées dans **les grès coralliens ou sables limoneux** (Figure 23).

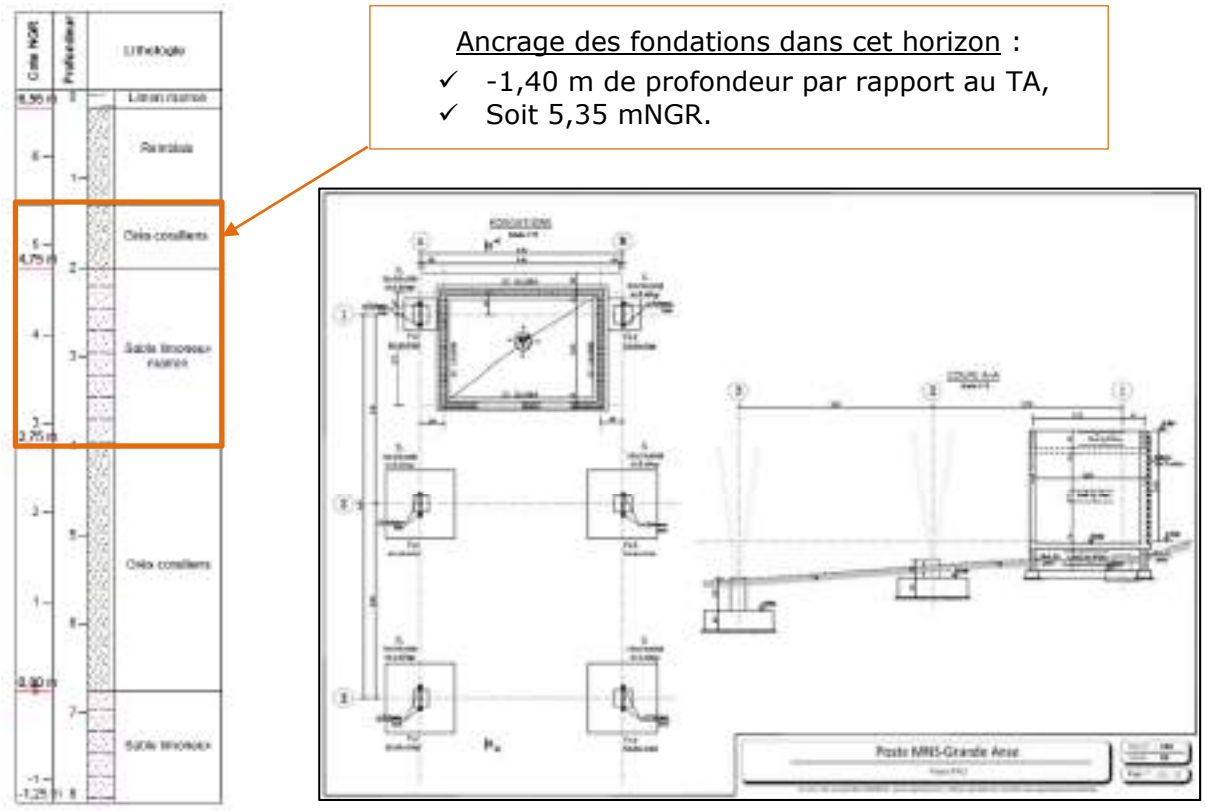


Figure 23 : Niveau d'ancrage des fondations (Sondage SP1) et plan de fondation du bâtiment fournie par MATRICE

5.1.1 - Principe de fondation envisageable – niveaux d'assises

Au vu du projet et du modèle géologique/géotechnique, on pourra envisager de réaliser une fondation superficielle de type ponctuelle.

Pour l'heure, les niveaux d'assises seront situés dans **les grès coralliens ou sable limoneux marron** décelées pendant la campagne de reconnaissance (SP1), en respectant les conditions énoncées ci-après. **En aucun cas, le bâtiment sera fondé dans les remblais.**

La réception du niveau des fouilles devra être validée par un géotechnicien (cadre d'une mission G3 et/ou G4).

Dans le cas de la réalisation du poste de surveillance, les niveaux de fondations successives seront établis en redans selon une pente de 3H/2V reliant les arêtes des semelles avoisinantes.
L'encastrement des fondations dans ces horizons devra être d'**au moins 50 cm**.

5.1.2 - Capacité portante des sols d'assises

A partir des résultats du sondage pressiométrique SP1, nous pouvons estimer une capacité portante des sols d'assises de la passerelle.

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour la justification vis-à-vis des Etats Limites Ultimes et de Services seront limitées à :

- **150 kPa (1,5 bars) aux ELS ;**
- **225 kPa (2,25 bars) aux ELU.**

Ces valeurs sont une estimation de la capacité portante et seront à ajuster en phase EXE en intégrant l'inclinaison éventuelle des charges et l'excentrement (données non disponible à ce stade de l'étude).

5.1.3 - Exemples de dimensions de semelles

A titre d'exemple, et en l'absence des descentes de charges, les tableaux suivants indiquent des charges maximales verticales centrées reprise à ELS et ELU pour différentes dimensions de semelles filantes et ponctuelles :

Semelles ponctuelles			
Dimensions semelles (m)	Surface semelle **(m²)**	Charge ELS reprise par la semelle **(kN)**	Charge ELU reprise par la semelle **(kN)**
1,00 * 1,00	1,00	150,0	225,00
2,00 * 2,00	4,00	600,0	900
2,10 * 2,10	4,41	661,5	992,25

Semelles filantes		
Largeur semelle **(m)**	Charge ELS reprise par la semelle **(kN / ml)**	Charge ELU reprise par la semelle **(kN / ml)**
0,4	60	90
0,6	90	135
0,8	120	180

5.1.4 - Estimation des tassements

Le tableau suivant présente les résultats des calculs (Eurocodes EC7 norme NF P94-261), selon les dimensions des semelles du plan de fondation fourni et des descentes de charges maximales ci-dessus définies :

Semelle filante	Dimension	Charges en Kn/ml	Poinçonnement	Renversement	Tassement en mm
SF40	0,40 m	60	ok	ok	5,08
Semelle isolée	**Dimension**	**Charges en Kn**	**Poinçonnement**	**Renversement**	**Tassement en mm**
1	1,00*1,00	150	ok	ok	5,55
2	2,10*2,10	661,5	ok	ok	7,50

Les résultats montrent des **tassements absolus inférieurs à 7,5mm** que ce soit pour des semelles filantes ou isolées. Il conviendra au BET structure de déterminer l'admissibilité de ces tassements. **Il appartient au BET Structure de définir la limite acceptable des tassements différentiels sous fondation pour le présent projet et de vérifier qu'ils soient acceptables pour la structure.**

5.2 - TERRASSEMENTS

5.2.1 - Conditions de traficabilité en phase chantier

La nature sablo-limoneuse des terrains en surface leur confère une sensibilité à l'eau importante qui pourrait engendrer des difficultés de traficabilité en phase chantier, notamment en période pluvieuse.

L'Entreprise en charge de la réalisation des travaux travaillera de préférence en saison sèche ou prendra les dispositions nécessaires pour assurer la traficabilité du chantier.

5.2.2 - Extraction

Les remblais (sables limoneux) constituent des sols meubles qui ne poseront pas de problème d'extraction avec des engins courants de terrassement. Néanmoins, la présence de grès coralliens pourra nécessiter un engin de terrassement plus puissant (BRH ou ripper).

5.2.3 - Stabilités des talus

Les pentes provisoires (< 2 semaines) des **terrassements dans les remblais** n'excèderont pas 3H/2V pour des hauteurs inférieures à 3,00 m.

Les pentes provisoires (< 2 semaines) des **terrassements dans les grès coralliens et sables limoneux** nécessaires à la réalisation des fouilles du projet n'excèderont pas 3H/2V.

Dans le cas où les pentes des talus excèderaient ces valeurs, des blindages provisoires devront être mis en place.

Dans le cas où des précipitations se produiraient en cours d'excavation, on réduira ces pentes à la valeur de l'angle de frottement de ces matériaux.

En phase définitive, tous les talus de plus de 2m seront soutenus par des murs dimensionnés et réalisés dans les règles de l'art.

5.2.4 - Ouvrage de soutènement éventuels

L'ensemble ouvrages de soutènement qui seront d'une hauteur supérieure ou égal à 2,00 m de hauteur, seront considérés comme des ouvrages de soutènement et devront être justifiés à la stabilité générale, externe (glissement, basculement, poinçonnement) et interne conforment à la NF P 94-281.

On pourra, en première approche, utiliser les hypothèses géo-mécaniques suivantes :

Nature des sols	Poids volumique (kN / m³)	Cohésion (kPa)	Angle de frottement interne (°)
Remblai	19	0	30
Grès coralliens	20	28	40
Sables limoneux	18	0	30

Les ouvrages de soutènement seront réalisés selon les règles de l'art, dimensionnés et ancrées dans les grès coralliens.

Un drainage pérenne des ouvrages devra être mis en place par des barbacanes, voire par des matériaux drainants, à l'arrière des murs. Les eaux seront collectées et rejetées vers un exutoire.

5.2.5 - Sujétions d'execution

- ✓ Compte tenu des variations de faciès sous le bâtiment, notamment des variations d'épaisseur de remblais, une visite de l'ensemble des fonds de fouille sera nécessaire (mission G4). Des purges et approfondissements seront à prévoir en cas de sol lâche (remblais, sables remaniés). **En aucun cas, la construction ne doit être fondée dans les remblais ou vestiges d'existants**. Les fonds de fouille des fondations devront être protégés contre les intempéries, curés et nettoyés. Le principe d'homogénéité du sol d'assise des fondations devra être respecté sur l'ensemble de la structure ;
- ✓ Les travaux seront réalisés si possible en période sèche, et l'entreprise se tiendra informée des prévisions météorologiques au jour le jour de telle sorte que, avant l'arrivée de la pluie, toute surface permette un drainage correct des eaux de pluie ;
- ✓ En cas d'arrivées d'eau à l'ouverture des fouilles, il conviendra de les assécher par un dispositif adapté à leur importance et à la nature des terrains (drainage, pompage par exemple) ;
- ✓ Le blindage des fouilles pourrait s'avérer nécessaire dans le cas où les matériaux perdraient de la cohésion court-terme (la cohésion à long terme est nulle pour les sables), notamment lors des fouilles de rattrapage des sols compacts. Ce matériel devra être présent sur site en phase travaux ;
- ✓ La mise en œuvre du béton devra se faire rapidement après l'exécution de la fouille ;
- ✓ Les fondations superficielles seront coulées pleine fouille, en dehors des épisodes pluvieux ;

- ✓ Toute poche de remblai ou de moindre consistance détectée à l'ouverture des fouilles sera purgée et remplacée par des matériaux de type GNT, de même que pour la présence éventuelle d'ouvrages enterrés ; **des sur-profondeurs des horizons d'ancrage ne sont pas à exclure, ce qui nécessitera la mise en place de gros béton (à prévoir dans le marché) ;**
- ✓ Toute venue d'eau sera captée et dirigée vers un exutoire ;
- ✓ On respectera une pente de 3H/2V entre tous ouvrages fondés arrêtés à des niveaux différents (fondations, fond de fouille des systèmes des réseaux divers, avoisinants, etc.) ;
- ✓ Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'art.

6 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LA CANALISATION ENTERREE

6.1 - FONDATIONS

Suite aux sondages réalisés au droit de la canalisation enterrée (SP2 et SC1), celle-ci sera ancré dans les niveaux suivants (Figure 24) :

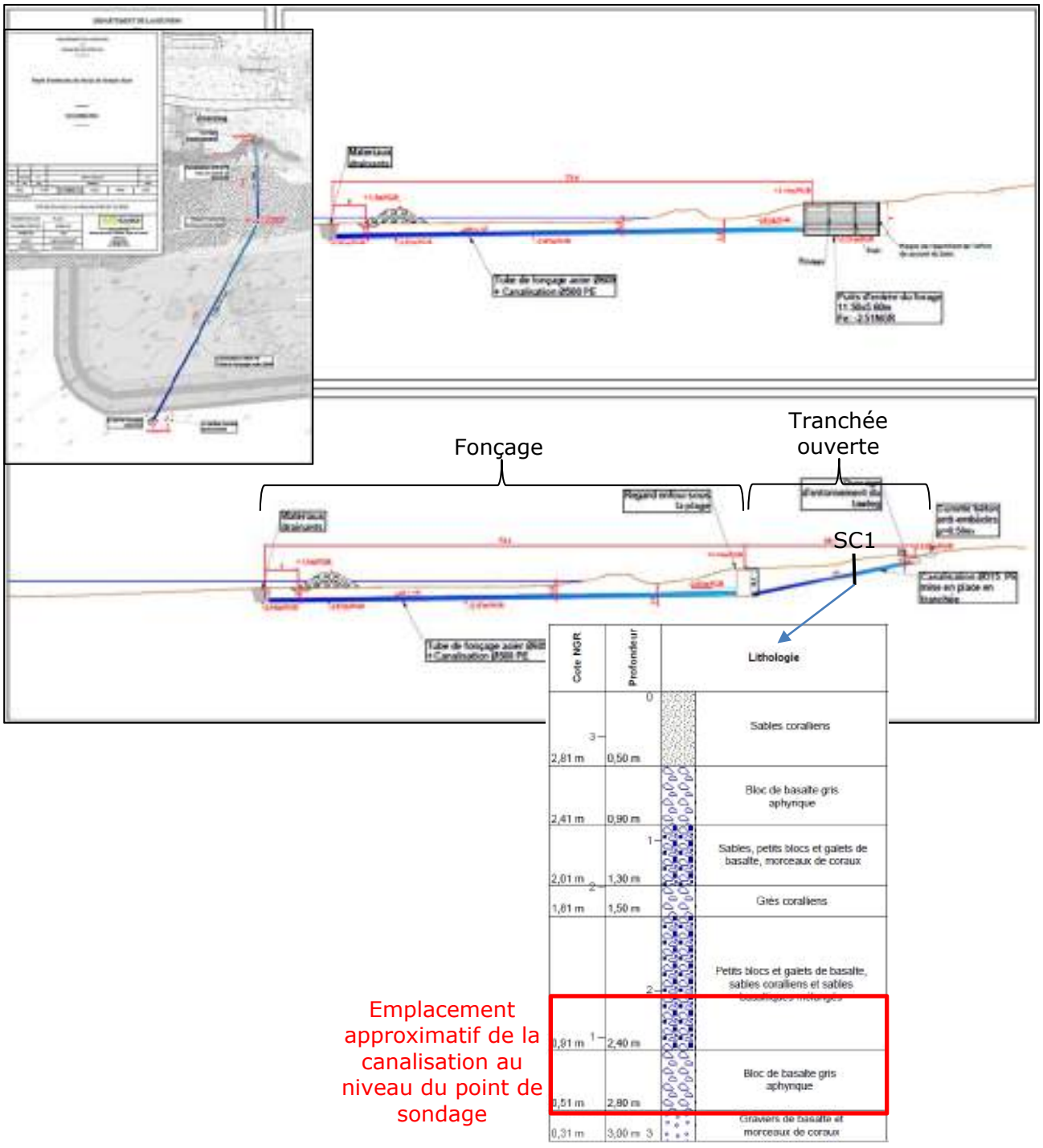


Figure 24 : Localisation du sondage sur la coupe présentant l'emplacement de la canalisation / Positionnement de la buse au sein du sondage SC1

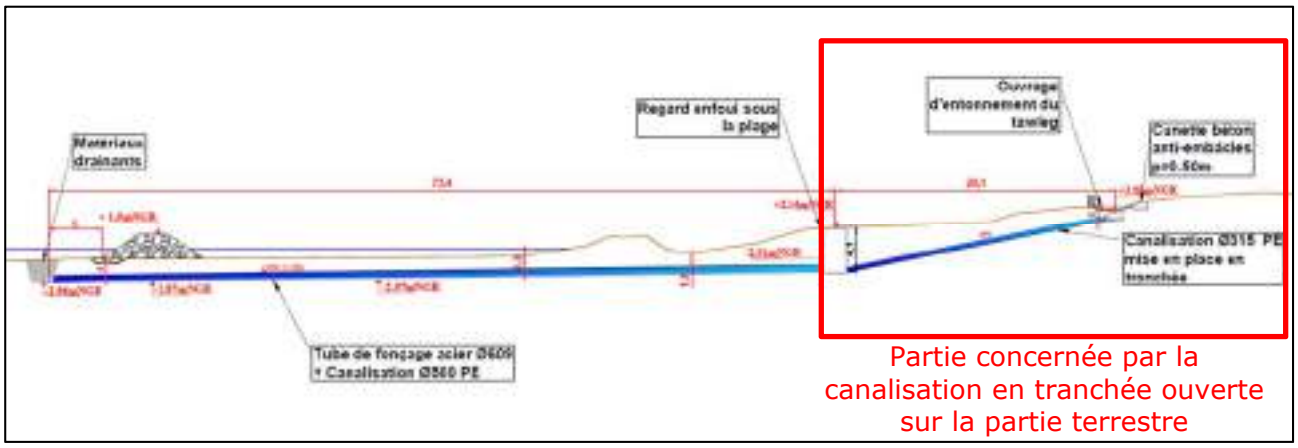
6.2 - TERRASSEMENTS

Seulement deux sondages (SC1 et SP2) ont été réalisés au droit de la future canalisation. Les essais de lançage nous indiquent qu'il n'y a pas de couches de sables au droit de la zone d'extension du bassin de baignade et qu'on se trouve sur de la roche de nature indéterminée (basalte ou grès coralliens).

La majorité des terrassements pourront donc être réalisés par des engins de lame classique. Sur la plage, les sables et galets ne poseront pas de problème d'extraction avec des engins courants de terrassement.

Néanmoins, de par de la présence de grès coralliens et/ou de blocs basaltiques, il pourra être nécessaire d'utiliser localement un BRH. Pour la partie en mer une technique de fonçage ou forage horizontale sera adoptée.

6.2.1 - Terrassement – Mise en oeuvre de la canalisation sur terre



Des **talus en déblai provisoires secs et non surchargés en tête**, pourront être terrassés selon une pente de **3H / 2V.**

Une protection de type géotextile sera mise en place sur les talus de terrassement.

Pour la mise en place des réseaux, en cas de terrassement vertical de plus 1,30 m de profondeur, un blindage des fouilles sera nécessaire (Figure 25).



Figure 25 : Préconisation de mise en place de blindage en fonction des terrassements

Nota : des pompages seront à prévoir en fond de fouille. La capacité de la pompe devra être évaluée en phase EXE. Compte tenu des matériaux en présence, on pourra s'attendre à une perméabilité élevée et donc un dispositif conséquent.

6.2.1.1 - Mise en place de la canalisation sur terre

- ***Réalisation d'un lit de pose***

Le fond des tranchées sera arasé au minimum à 0,10 m au-dessous de la cote prévue pour la génératrice inférieure de la canalisation. Le fond des tranchées sera ensuite compacté afin d'assurer sa stabilité et sa planéité.

Sur cette épaisseur, un lit de pose sera constitué de matériau contenant moins de 5% de particules fines (particules < 0,1 mm) et ne contenant pas de particules de diamètre supérieur à 30 mm.

- ***Remblaiement***

Le remblaiement sur buse doit faire l'objet d'un soin particulier afin de garantir sa longévité. Pour la réalisation de la buse enterrée, une tranchée de type IV (Figure 26) devra être réalisée (réseaux sous espaces naturels).

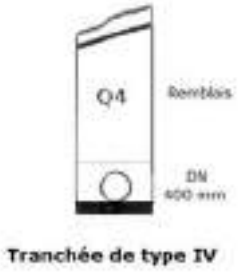


Figure 26 : Schéma de principe de mise en place de la buse

Les matériaux de déblais, classés D_1, pourront être réutilisés en remblai dans la partie inférieure (PIR) et supérieure (PSR) avec un objectif de densification Q4. Des essais en laboratoire (granulométrie, Proctor…) seront nécessaires en phase travaux afin de respecter les conditions d'utilisation du GTR.

6.2.1.2 - Critère de réception des remblais sur buse

Pour atteindre un objectif de densification en qualité Q4 (*Figure 27*), les critères de réception sont les suivants :

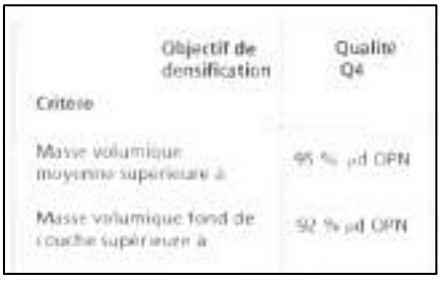


Figure 27 : Critère de réception (qualité Q4) des remblais

6.2.1.3 - Réemploi des matériaux en remblai

Les analyses en laboratoire permettent de classer les sables de plage (E1 à E3) selon la classe de sol suivante (classification GTR) :

- **Classe D** : Sols insensibles à l'eau.

Ci-dessous le tableau récapitulatif des classes GTR et des classes de sols associées à chaque échantillon :

Sondages	Profondeur de l'échantillon prélevé	Classe GTR	Classe des sols
E1	-1,5 m/TA	D1	**Classe D** Sols insensibles à l'eau
E2	-2,0 m/TA	D1	
E3	-1,6 m/TA	D1	

Ces sols sont sans cohésion et perméables. Leur granulométrie, souvent mal graduée et de petit calibre, les rend très érodables et d'une « traficabilité » difficile.

Selon les trois classes de sols définies précédemment, les conditions de réutilisation des matériaux en remblai sont les suivantes :

Classe de sols	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
D1	Toutes situations météorologiques	Compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0

Remarques générales : Ces sols peuvent poser, surtout si leur granulométrie est uniforme, des problèmes de traficabilité. Pour limiter ces problèmes, un arrosage peut s'avérer efficace.

6.2.2 - Mise en oeuvre de la canalisation en mer

Pour mettre en œuvre la canalisation (DN 500 mm) en mer, la technique de fonçage a été privilégiée par la MOE (Figure 28). Le tube de fonçage sera en acier d'un diamètre de 609mm. Cette technique ne posera pas de problème dans les terrains meubles, cependant, des adaptations de l'outil de fonçage seront à prévoir dans le cas des matériaux rocheux, ce qui semble être le cas à l'approche de la digue. Le forage horizontal pourrait dans ce cas être le plus adapté.

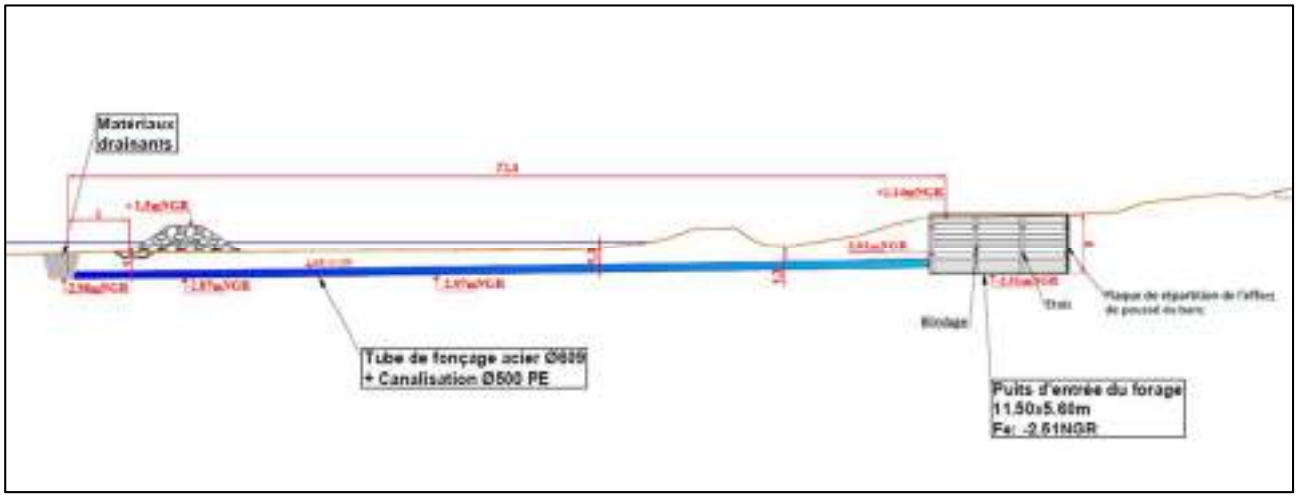


Figure 28 : Illustration de la technique pour mettre en place la canalisation DN 500 mm

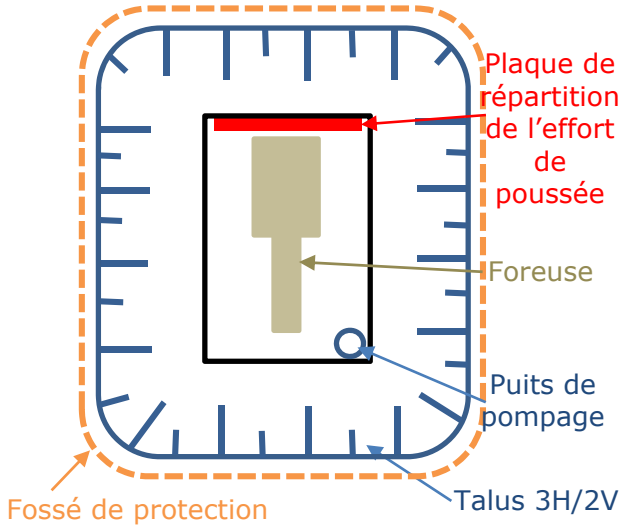
Compte tenu de l'espace disponible, la mise en place du puits d'entrée pourra se faire selon 2 solutions détaillées ci-après.

6.2.2.1 - Puits d'entrée en tranchée ouverte

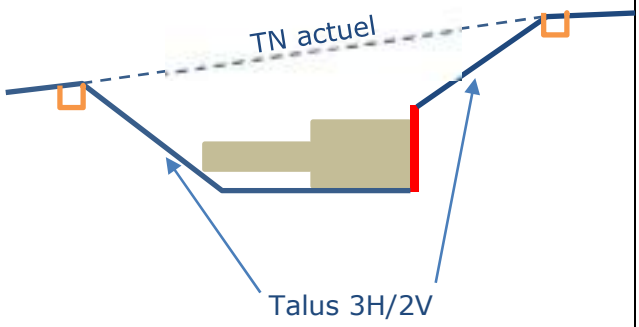
Les terrassements pour le puits d'entrée du forage pourront être réalisés en tranchée ouverte (photo et schéma ci-dessous) en respectant des pentes de talus de 3H/2V (pente à réduire en cas d'instabilité repérée à l'ouverture) recouvert par un géotextile de protection, et par la mise en place d'un pompage en fond de fouille. **On rappellera la présence de la nappe à proximité et la forte perméabilité des matériaux sableux, un pompage en fond de fouille devra être mis en place. La pompe devra être suffisamment dimensionnée Les débits pouvant être > 100m3/h (des tests de pompage seront toutefois à réaliser en phase EXE). Des fossés en tête seront réalisés afin de protéger les talus de toute arrivée d'eau.**



Photographie 1 : tranchée ouverte (source : www.theffo-tp.com)



Vue de dessus



Vue de profil

Un écran de butée (blindage) à l'arrière de la machine de forage sera nécessaire afin de supporter les efforts liés au fonçage.

6.2.2.2 - Puits d'entrée en tranchée blindée

Le puits d'entrée du forage pourra également être réalisé en tranchée blindée (exemple sur photo et schémas ci-dessous) en prenant comme hypothèse pour le dimensionnement des blindages (à réaliser en EXE) :

Nature des sols	Poids volumique (kN/m³)	Cohésion (kPa)	Angle de frottement interne (°)
Remblai	19	0	30
Grès coralliens	20	28	40
Sables limoneux	18	0	30



Photographie 2 : tranchée blindée (source : http://www.jammekleber.fr)

En fonction de l'espace souhaité en fond de fouille pour la mise en place de la machine, on se dirigera vers les différents blindages ci-dessous (dispositif habituellement en la possession des entreprises spécialisées). Dans le cas présent de terrain sans cohésion, le plus adapté est le blindage coulissant :

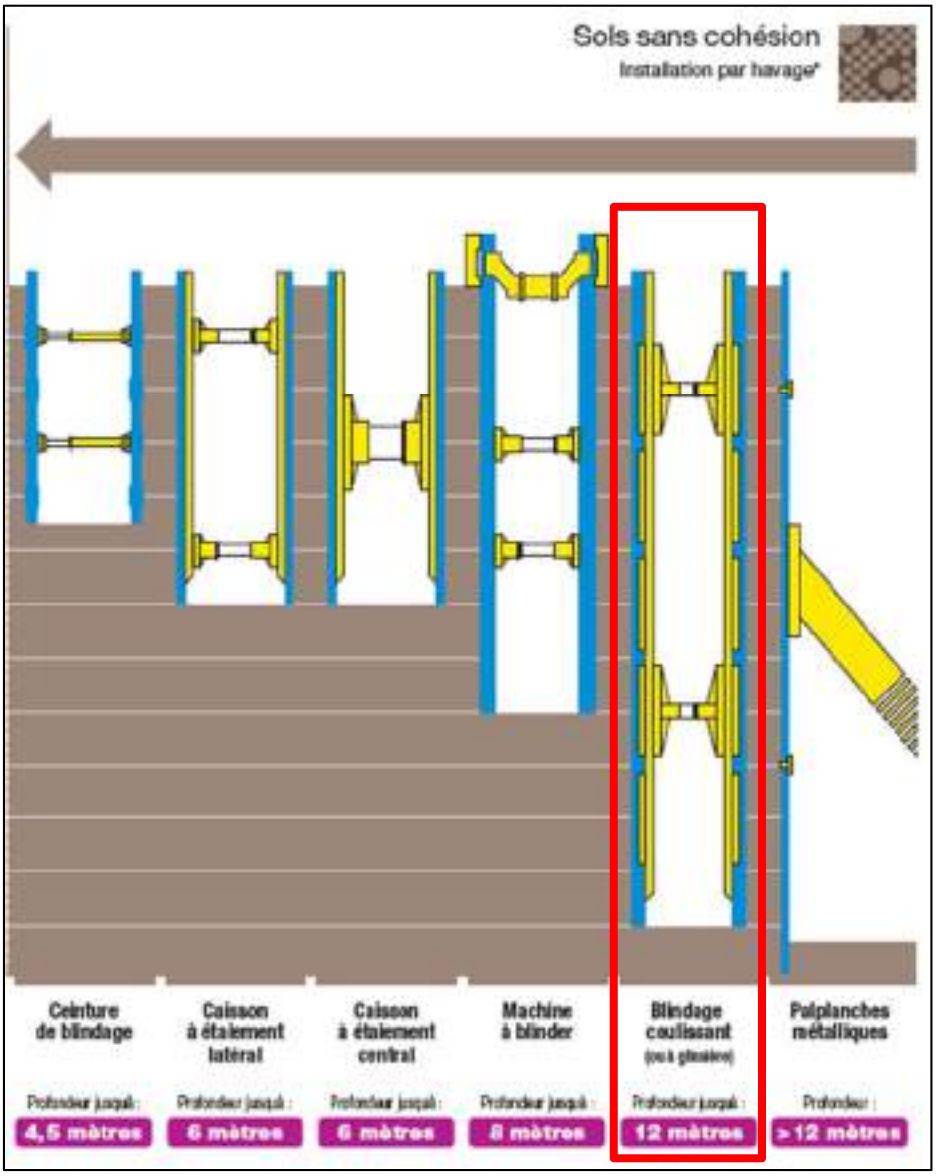
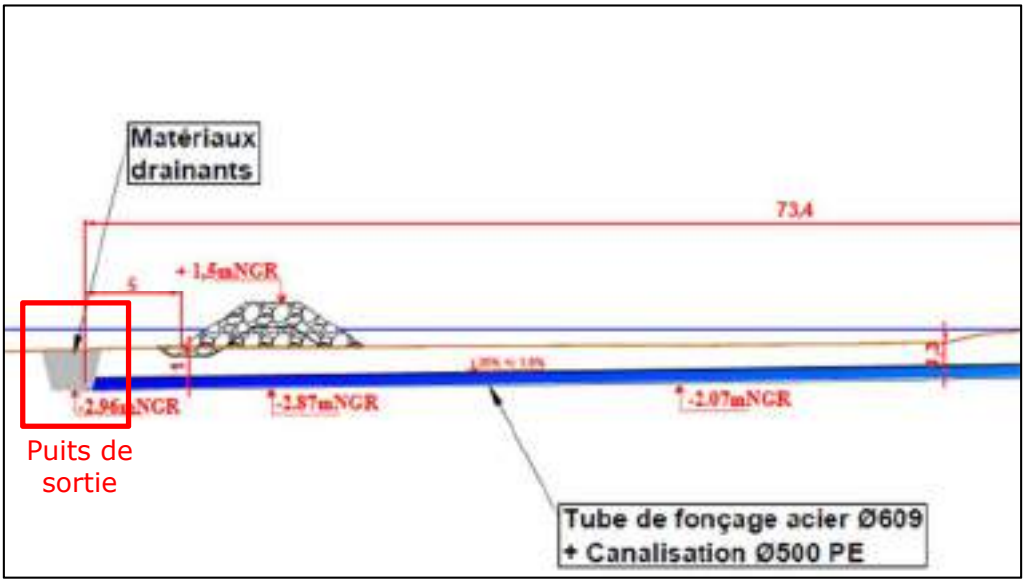


Figure 29 : dispositifs de blindage (source : GDF SUEZ)

On rappellera la présence de la nappe à proximité et la forte perméabilité des matériaux sableux, un pompage en fond de fouille devra être mis en place. La pompe devra être suffisamment dimensionnée. Les débits pouvant être > 100m3/h (des tests de pompage seront toutefois à réaliser en phase EXE). Des fossés en tête seront réalisés afin de protéger les talus de toute arrivée d'eau.

Nota : Il est possible de combiner les 2 techniques évoquées ci–dessus en effectuant un talutage en partie haute et un blindage en partie basse de la fouille.

6.2.2.1 - Puits de sortie



En l'absence de sondage au niveau du puits de sortie, la géologie supposée est la présence de grès corallien ou dalle basaltique (essai de lançage L4 à proximité). Les terrassements dans ces matériaux jusqu'à la cote -2,96mNGR, se feront par déroctage à l'aide de BRH. Les pentes à respecter dans ces matériaux seront 5V/1H.

Cependant, on ne pourra exclure la présence de couche plus tendre sous ces matériaux. Les pentes pourront donc être adoucies jusqu'à 3H/2V.

7 - ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR L'AMENAGEMENT DU BASSIN DE BAIGNADE

7.1 - FONDATIONS

Suite aux essais de lançage (L1 à L7) réalisés au droit de la future digue de protection (bassin de baignade), nous pouvons conclure que la digue reposera sur **des grès coralliens ou du basalte** (rocher de nature indéterminé - Figure 30). Au regard de la nature du sol (roche), les tassements attendus seront négligeables.

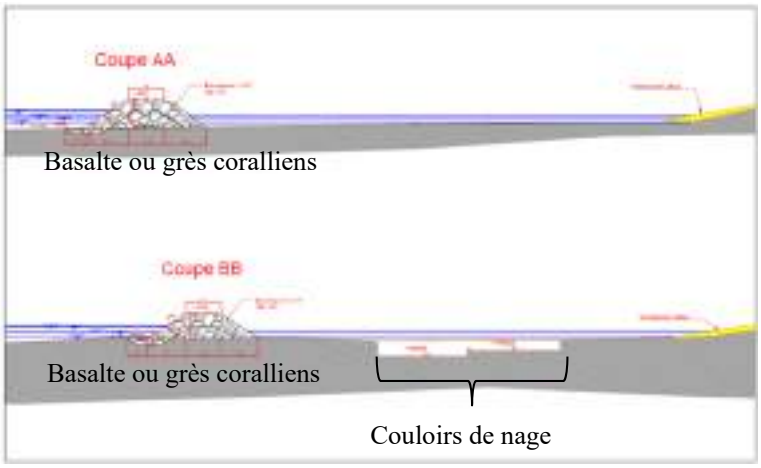


Figure 30 : Coupes de la digue de protection et des couloirs de nage

En l'absence de données géologiques et géotechniques plus précises au droit de la digue de protection, les contraintes admissibles des sols d'assises et les tassements pourront être défini en phase EXE à la suite d'essais complémentaires.

7.2 - TERRASSEMENTS

Dans le cas de la réalisation de la bêche de la digue de protection, et pour le déroctage des couloirs de nage, il sera nécessaire d'utiliser un BRH de par la présence de grès coralliens et/ou d'une dalle basaltique. La pente à respecter pour les couloirs de nages dans ces matériaux est 5V/1H.

La digue devra respecter des pentes de 3H/2V et disposera de bèches périphériques (figure 31) de part et d'autre ancrées d'au moins 50cm dans le substratum rocheux.

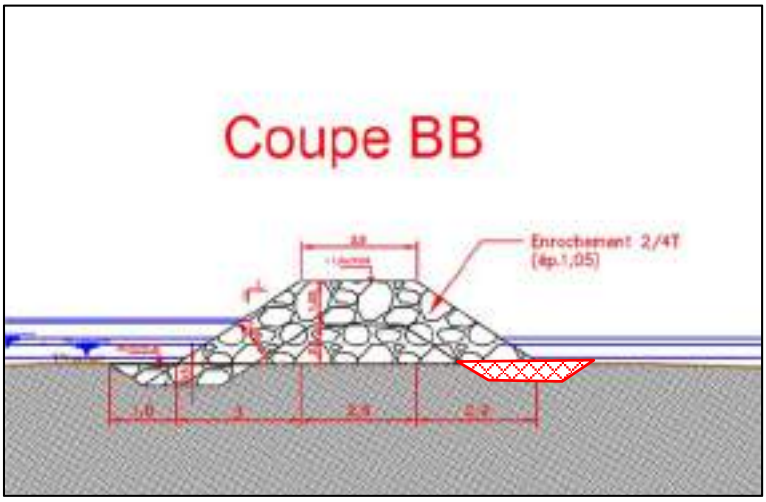


Figure 31 : Bèches périphériques

8 - RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu de la mission géotechnique. Cette mission G2PRO, confiée à **Géolithe,** a permis de donner les hypothèses géotechniques à prendre en compte en fonction des données fournies et des résultats des investigations et présente certains principes d'adaptation au sol des ouvrages géotechniques.

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le projet et le contexte géologique / géotechnique. Plus précisément :

- Projet :
  - Les descentes de charge du poste de surveillance ;
  - Les valeurs seuils de tassement différentiels admissibles pour le bâtiment ;
  - La technique de mise en place de la canalisation enterrée en mer (fonçage, forage horizontal…) ;

- Géologie :
  - **Le niveau d'eau de la nappe phréatique et le débit d'exhaure du pompage** ;
  - La répartition des remblais au niveau du bâtiment ;
  - La continuité des horizons et leurs caractéristiques mécaniques ;
  - **Les interactions entre la nappe et l'océan (biseau salé ?) ;**
  - Les circulations d'eau superficielle en période pluvieuse, difficilement quantifiables ;
  - **L'épaisseur exacte des grès coralliens et le toit du basalte (inconnu) ;**
  - La nature géologique (grès coralliens ou basalte) au droit de la future digue de protection, buse en partie mer, puits d'entrée et de sortie.

En phase EXE, dans le cadre de la mission G3, nous recommandons de réaliser des investigations complémentaires en mer au droit de la future canalisation enterrée (puits d'entrée et de sortie du forage compris) et de la digue pour préciser la nature des sols. **Des essais de pompage seront également réalisés afin de mobiliser du matériel suffisamment dimensionné.**

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques. Il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G3 et G4) devra suivre la présente étude (mission G2PRO).

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

ANNEXES

Annexe 1 : Extrait de la classification des missions géotechniques selon NFP 94-500

Annexe 2 : Plans d'implantation des reconnaissances géotechniques réalisées au droit de la zone d'étude

Annexe 3 : Résultats des reconnaissances géotechniques (G2AVP)

3.1. Résultats des sondages à la pelle mécanique (PM1, E1 à E3)

3.2. Résultats des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1, SP2)

3.3. Résultats du sondage carotté (SC1)

3.4. Résultats des essais de lançages (L1 à L7)

3.5. Résultats des analyses en laboratoire sur les sables (E1 à E3 - analyse GTR)

3.6. Résultats des analyses en laboratoire sur les sédiments marins (SM1, SM2 – analyses chimiques)

Annexe 1

Extrait de la norme NF P94-500

« Classification des missions d'ingénierie géotechniques »

Afnor, Normes en ligne pour: GEOLITHE SAS le 19/12/2013 à 17:21

4.2.4 Tableaux synthétiques

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	**Phases de la maîtrise d'œuvre**	**Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission**		**Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques**	**Niveau de management des risques géotechniques attendu**	**Prestations d'investigations géotechniques à réaliser**
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).

— Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Afnor, Normes en ligne pour: GEOLITHE SAS le 19/12/2013 à 17:21

Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).

— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.

— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).

— Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

— Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

— Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).

— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

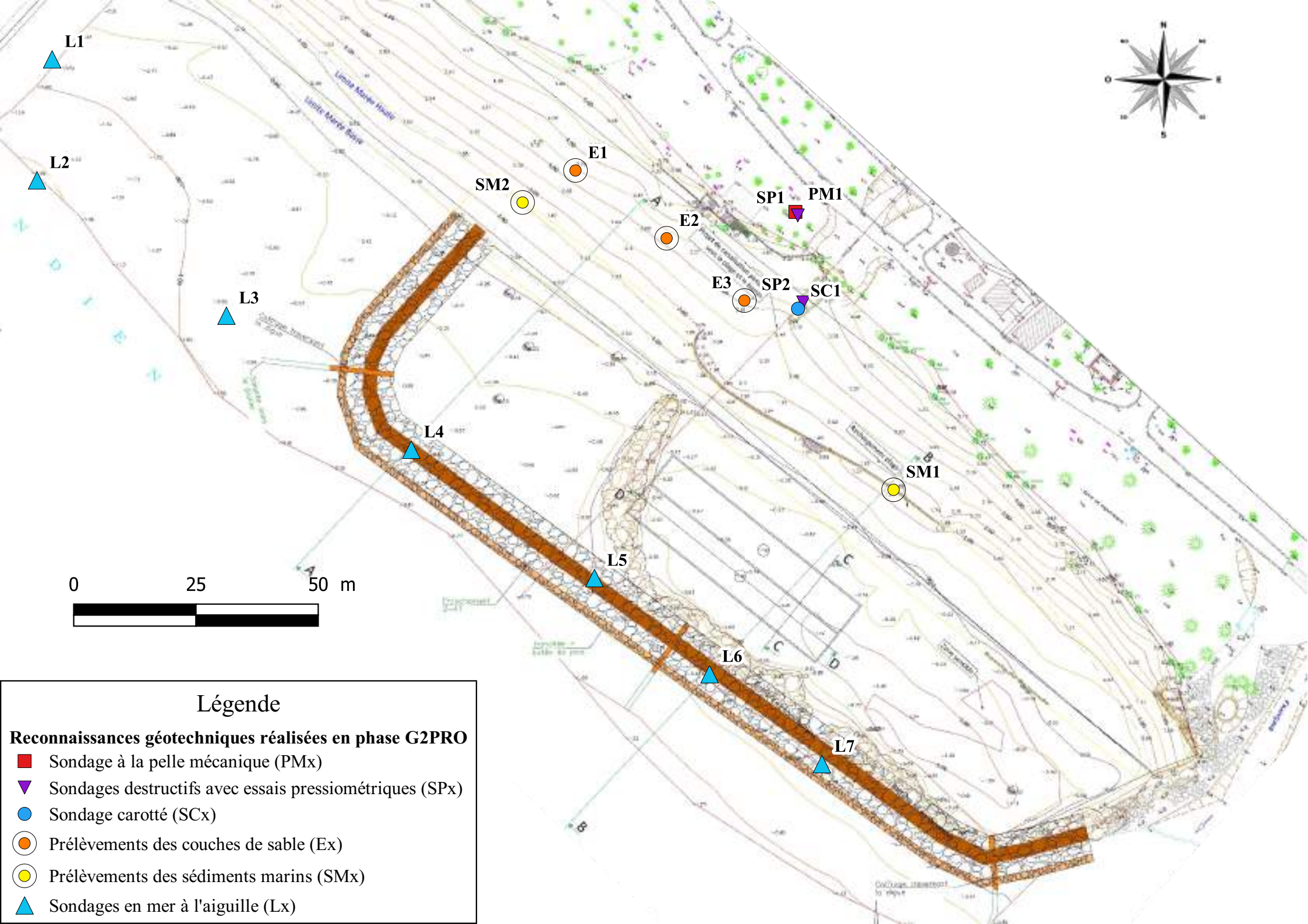
— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

— Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Annexe 2

Plans d'implantation des reconnaissances géotechniques réalisées au droit de la zone d'étude


L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
E1
E2
E3
SM1
SM2
SP1
SP2
PM1
SC1
0
20
40 m
Légende
Reconnaissances géotechniques réalisées en phase G2PRO
Sondage à la pelle mécanique (PMx)
Sondages destructifs avec essais pressiométriques (SPx)
Sondage carotté (SCx)
Prélèvements des couches de sable (Ex)
Prélèvements des sédiments marins (SMx)
Sondages en mer à l'aiguille (Lx)


L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
E1
E2
E3
SM1
SM2
SP1
PM1
SP2
SC1
0
25
50 m
Légende
Reconnaissances géotechniques réalisées en phase G2PRO
Sondage à la pelle mécanique (PMx)
Sondages destructifs avec essais pressiométriques (SPx)
Sondage carotté (SCx)
Prélèvements des couches de sable (Ex)
Prélèvements des sédiments marins (SMx)
Sondages en mer à l'aiguille (Lx)

Annexe 3

Résultats des reconnaissances géotechniques (G2AVP)

3.1. Résultats des sondages à la pelle mécanique (PM1, E1 à E3)

3.2. Résultats des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1, SP2)

3.3. Résultats du sondage carotté (SC1)

3.4. Résultats des essais de lançages (L1 à L7)

3.5. Résultats des analyses en laboratoire sur les sables (E1 à E3 - analyse GTR)

3.6. Résultats des analyses en laboratoire sur les sédiments marins (SM1, SM2 – analyses chimiques)

Annexe 3.1

Résultats des sondages à la pelle mécanique (PM1, E1 à E3)

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	**SPL MARAINA**	**Coordonnées (en m)**		**N° sondage :**	PM1
N°affaire :	19-249	X :	349484,51	**Date sondage :**	23-juil.-19
Chantier :	**GRANDE ANSE**	Y :	7636280,16	**Opérateur :**	JC
		Z :	6,7		

Lithologie	Prélèvements	Arrivée d'eau	Profondeur	NATURE DU TERRAIN (nature, couleur, épaisseur, diamètre du plus gros élément (Dmax =), matrice, etc.)	OBSERVATIONS (cailloux anguleux ou roulés, tenue des parois, odeur…)
			0,00	**Terre végétale** - Présence d'un système racinaire dense sur 20 cm - Mélange de terre végétale et de sable	Bonne tenue des parois
		Néant	0,50	**Remblais** - Matériaux sableux mélangés avec de la terre - Présence de blocs coralliens (Dmax = 0,60 m) - Présence d'un ancien réseau (tube PVC)	Mauvaise tenue des parois
			1,00		
			1,50	***Refus sur grès coralliens***	
			2,00		
			2,50		
			3,00		
			3,50		
			4,00		
			4,50		
			5,00		

Remarques : Aucune arrivée d'eau franche n'a été recensée sur la profondeur reconnue.

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	**N° sondage :**	**PM1**
N°affaire :	19-249	**Date sondage :**	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	**Opérateur :**	JC



Terre végétale avec système racinaire dense

Remblais
Matériaux sableux avec présence de blocs coralliens

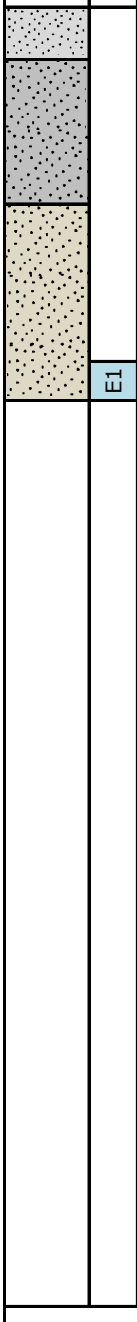
Blocs coralliens



GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	**SPL MARAINA**	**Coordonnées (en m)**		**N° sondage :**	E1
N°affaire :	19-249	X :	349439,54	**Date sondage :**	23-juil.-19
Chantier :	**GRANDE ANSE**	Y :	7636288,64	**Opérateur :**	JC
		Z :	3,02		



Lithologie	Prélèvements	Arrivée d'eau	Profondeur	NATURE DU TERRAIN (nature, couleur, épaisseur, diamètre du plus gros élément (Dmax =), matrice, etc.)	OBSERVATIONS (cailloux anguleux ou roulés, tenue des parois, odeur…)
			0,00	**Sables fins** - Couleur gris clair	Mauvaise tenue des parois
			0,50	**Sables fins** - Couleur gris foncé - Présence de racines des patates à durand - Pas de blocs coralliens	
	E1	Néant	1,00	**Sables fins** - Couleur gris marron - Présence de blocs coralliens (Dmax = 15 cm)	
			1,50	***Arrêt par l'opérateur***	
			2,00		
			2,50		
			3,00		
			3,50		
			4,00		
			4,50		
			5,00		

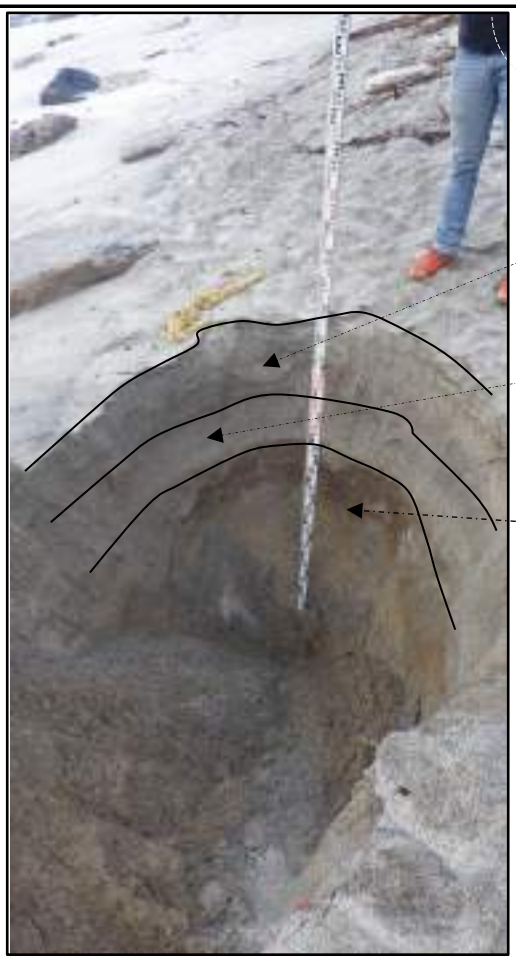
Remarques : *Aucune arrivée d'eau franche n'a été recensée sur la profondeur reconnue.*

Arrêt du sondage par l'opérateur à cause de la mauvaise de tenue des fouilles (effondrement de la fouille).

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	**N° sondage :**	**E1**
N°affaire :	19-249	**Date sondage :**	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	**Opérateur :**	JC



Sables fins gris clairs
[0,00 m à -0,20 m/TA]

Sables fins gris foncés
[-0,20 m à -0,70 m/TA]

Sables fins gris marrons
[-0,70 m à -1,50 m/TA]



GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	**SPL MARAINA**	**Coordonnées (en m)**		**N° sondage :**	E2
N°affaire :	19-249	X :	349458,17	**Date sondage :**	23-juil.-19
Chantier :	**GRANDE ANSE**	Y :	7636274,77	**Opérateur :**	JC
		Z :	3,12		

Lithologie	Prélèvements	Arrivée d'eau	Profondeur	NATURE DU TERRAIN (nature, couleur, épaisseur, diamètre du plus gros élément (Dmax =), matrice, etc.)	OBSERVATIONS (cailloux anguleux ou roulés, tenue des parois, odeur…)
		Néant	0,00	**Sables fins** - Couleur gris clair	Mauvaise tenue des parois
			0,50	**Sables fins** - Couleur gris foncé - Pas de blocs coralliens	
			1,00	**Sables fins** - Couleur gris marron - Présence de blocs coralliens (Dmax = 10 cm) et de coquillages	
	E2		1,50		
			2,00	***Arrêt par l'opérateur***	
			2,50		
			3,00		
			3,50		
			4,00		
			4,50		
			5,00		

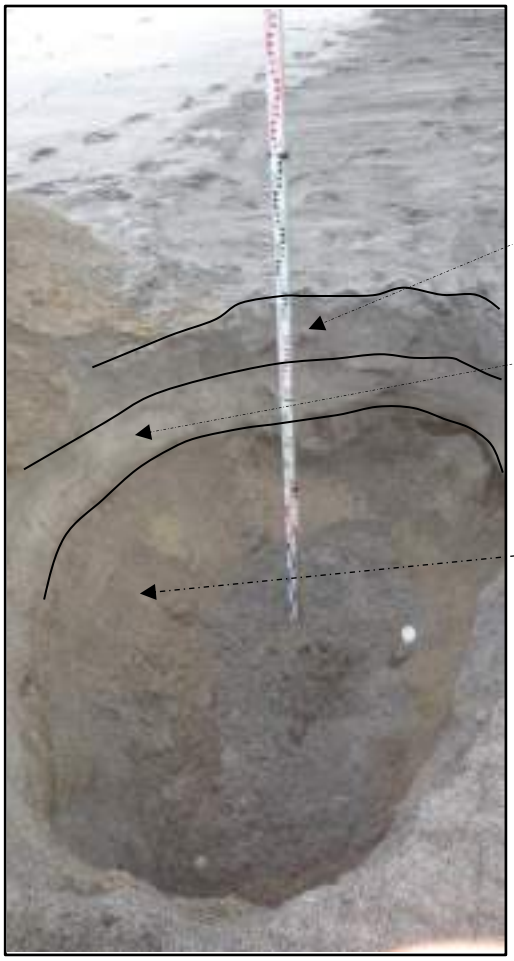
Remarques : *Aucune arrivée d'eau franche n'a été recensée sur la profondeur reconnue.*

Arrêt du sondage par l'opérateur à cause de la mauvaise de tenue des fouilles (effondrement de la fouille).

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	**N° sondage :**	**E2**
N°affaire :	19-249	**Date sondage :**	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	**Opérateur :**	JC



Sables fins gris clairs
[0,00 m à -0,20 m/TA]

Sables fins gris foncés
[-0,40 m à -1,00 m/TA]

Sables fins gris marrons
[-1,00 m à -2,00 m/TA]



GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	**SPL MARAINA**	**Coordonnées (en m)**		**N° sondage :**	E3
N°affaire :	19-249	X :	349474,08	**Date sondage :**	23-juil.-19
Chantier :	**GRANDE ANSE**	Y :	7636262,03	**Opérateur :**	JC
		Z :	3,02		

Lithologie	Prélèvements	Arrivée d'eau	Profondeur	NATURE DU TERRAIN (nature, couleur, épaisseur, diamètre du plus gros élément (Dmax =), matrice, etc.)	OBSERVATIONS (cailloux anguleux ou roulés, tenue des parois, odeur…)
		Néant	0,50	**Sables fins** - Couleur gris clair	Mauvaise tenue des parois
	E3		1,00 1,50	**Sables fins** - Couleur gris marron - Présence de galets roulés et blocs coralliens (Dmax = 30cm)	
			2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 4,50 5,00	***Arrêt par l'opérateur***	

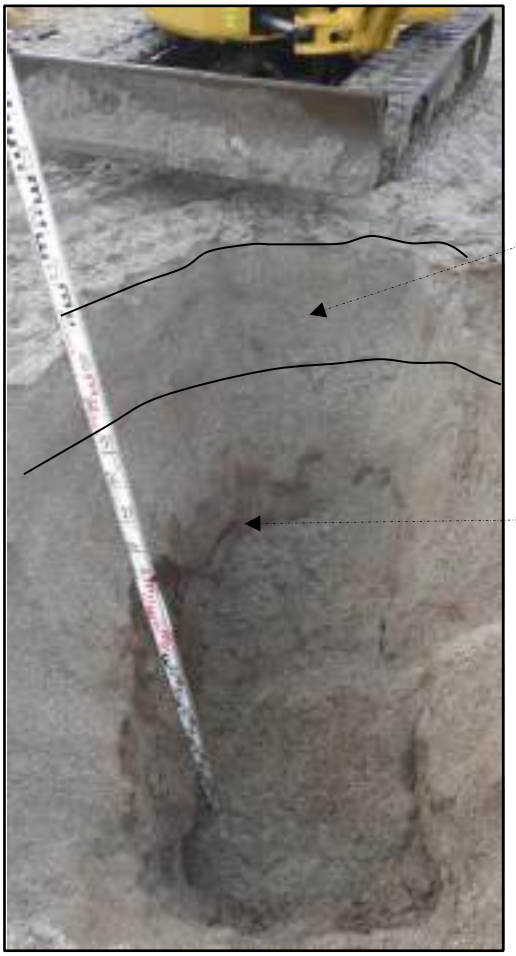
Remarques : *Aucune arrivée d'eau franche n'a été recensée sur la profondeur reconnue.*

Arrêt du sondage par l'opérateur à cause de la mauvaise de tenue des fouilles (effondrement de la fouille).

GEOLITHE Réunion
4 rue Emile Hugot
97490 SAINTE-CLOTILDE
Tél. 02 62 20 39 90

SONDAGE A LA PELLE

Client :	SPL MARAINA	**N° sondage :**	**E3**
N°affaire :	19-249	**Date sondage :**	23-juil.-19
Chantier :	GRANDE ANSE	**Opérateur :**	JC



Sables fins gris clairs
[0,00 m à -0,60 m/TA]

Sables fins gris marrons avec blocs
[-0,60 m à -1,60 m/TA]



Annexe 3.2

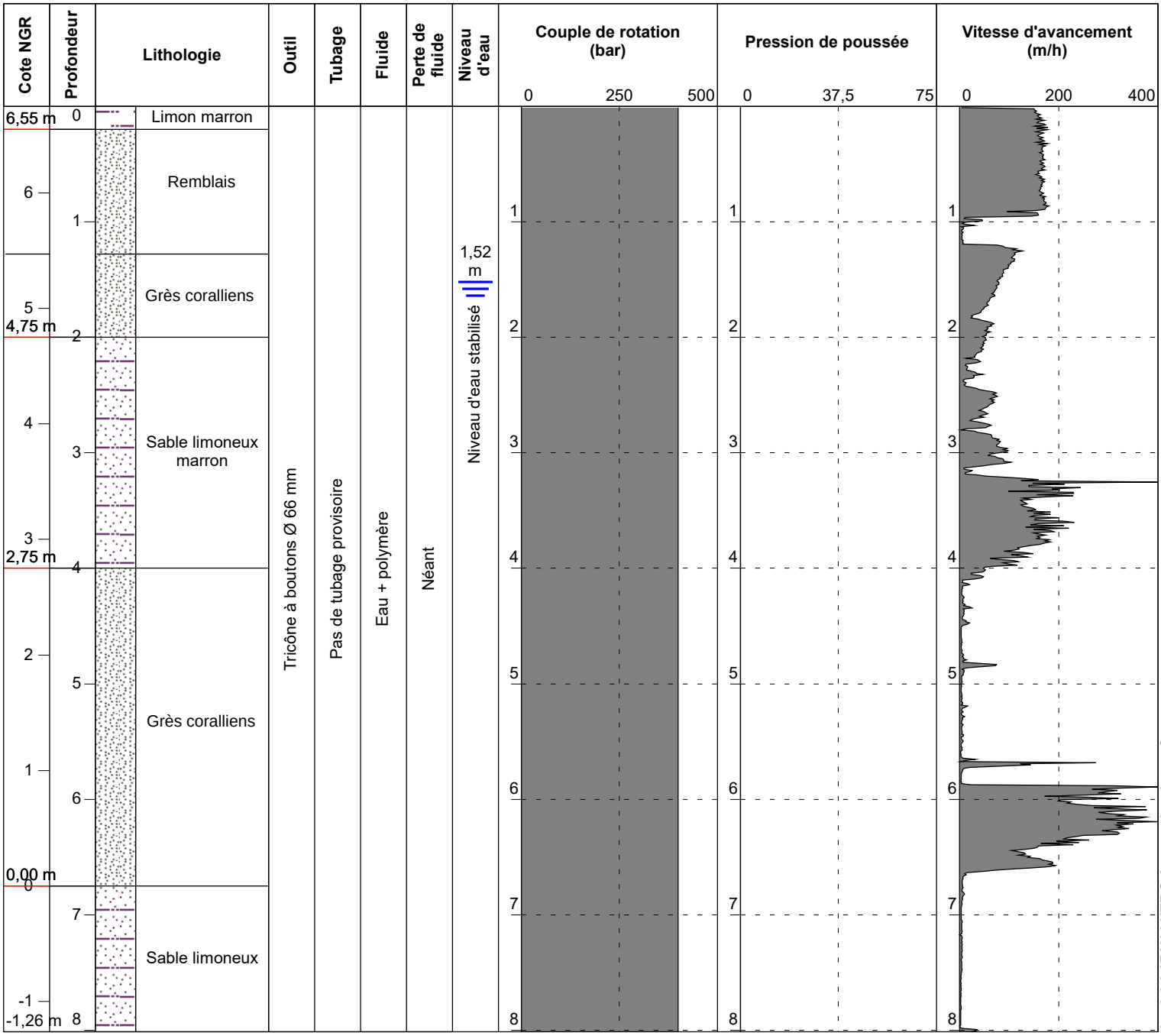
Résultats des sondages destructifs avec essais pressiométriques (SP1, SP2)

Chantier N°: 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: 02/08/2019	Cote NGR	: 6.75	Profondeur	: 0,00 - 8,01 m
Date fin	: 02/08/2019	Machine	: GEO 405	X	: 349 485.00
				Y	: 7 636 279.43

Forage : SP1



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

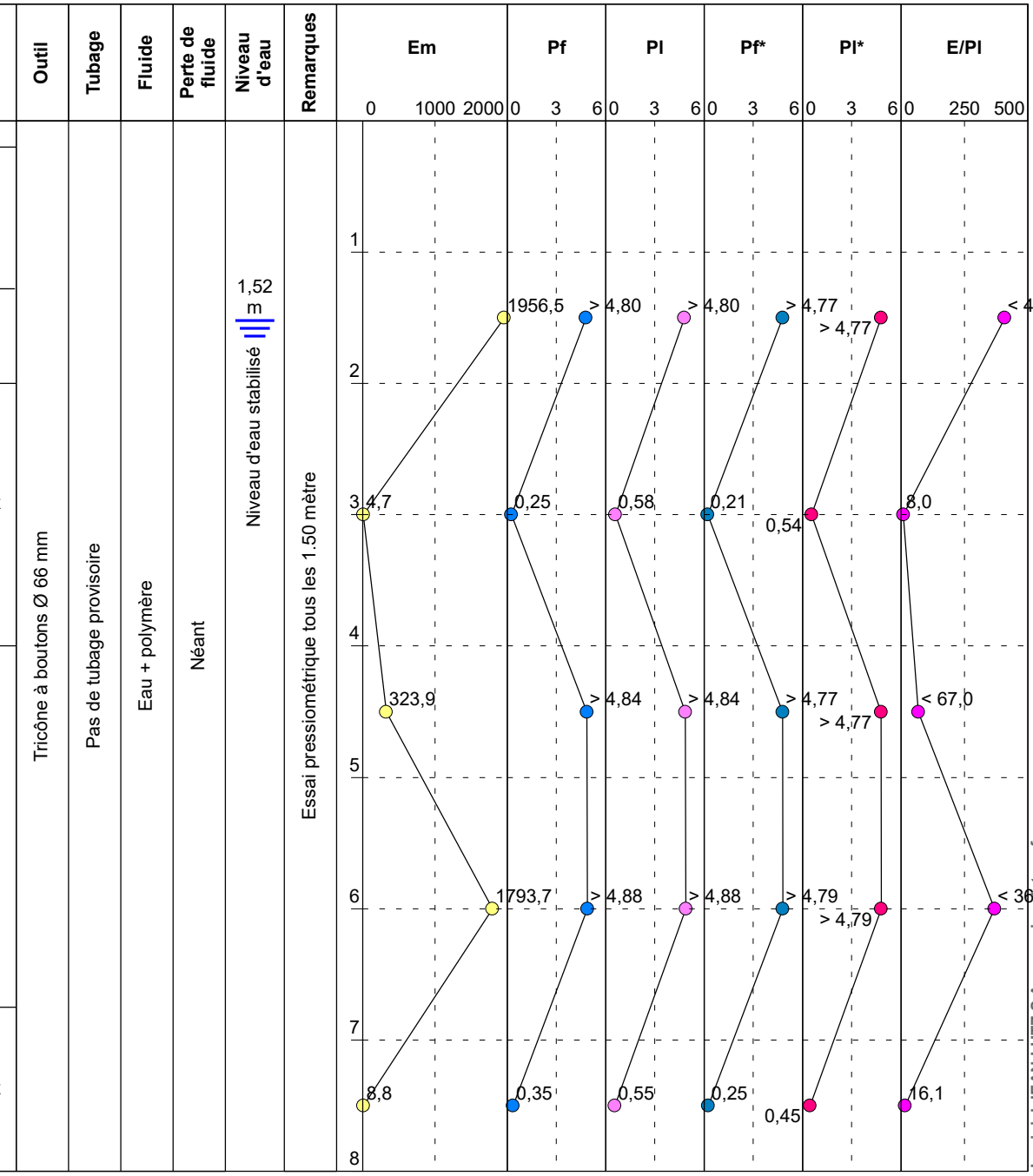
Chantier N° : 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: **02/08/2019**	Cote NGR	: **6.75**	Profondeur	: **0,00 - 8,00 m**
Date fin	: **02/08/2019**	Machine	: **GEO 405**	X	: **349 486.11**
				Y	: **7 636 279.43**

Forage : SP1

Cote NGR	Profondeur	Lithologie	Outil	Tubage	Fluide	Perte de fluide	Niveau d'eau	Remarques
6,55 m	0	Limon marron	Tricône à boutons Ø 66 mm	Pas de tubage provisoire	Eau + polymère	Néant	1,52 m — Niveau d'eau stabilisé	Essai pressiométrique tous les 1.50 mètre
6	1	Remblais						
5	2	Grès coralliens						
4,75 m								
4	3	Sable limoneux marron						
3	4							
2,75 m								
2	5	Grès coralliens						
1	6							
0,00 m	0							
	7	Sable limoneux						
-1	8							
-1,25 m								



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

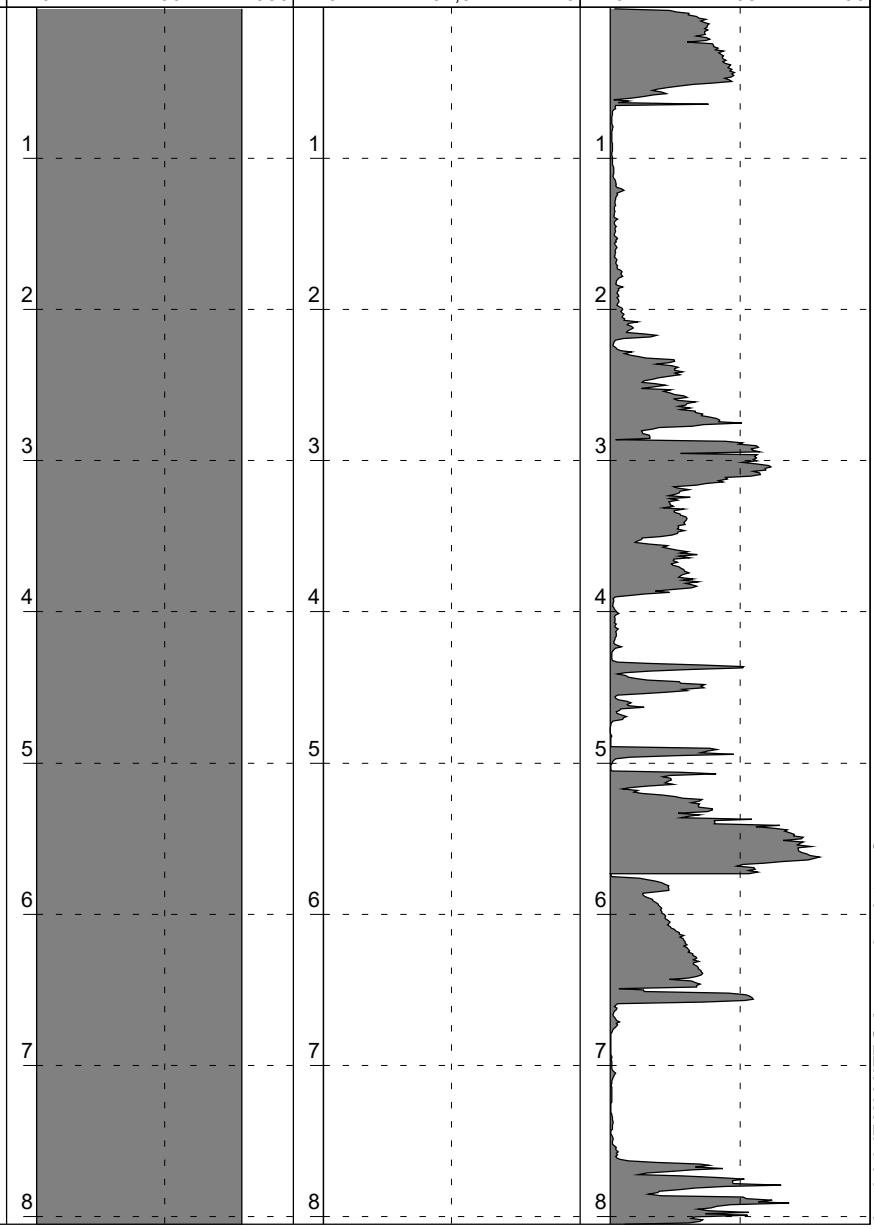
Chantier N°: 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: **05/08/2019**	Cote NGR	: **3.41**	Profondeur	: **0,00 - 8,05 m**
Date fin	: **05/08/2019**	Machine	: **GEO 405**	X	: **349 486.11**
				Y	: **7 636 261.65**

Forage : SP2

Cote NGR	Profondeur	Lithologie	Outil	Tubage	Fluide	Perte de fluide	Niveau d'eau
3 – 1,66 m	0 – 1 – 2	Sable blanc	Tricône à boutons Ø 66 mm	Pas de tubage provisoire	Eau + polymère	Néant	0,64 m – Niveau d'eau stabilisé
1 – 0 – -1 – -1,84 m	2 – 3 – 4 – 5	Sable limoneux marron					
-2 – -3 – -3,34 m	6	Sable blanc					
-4 – -4,64 m	7 – 8	Sable limoneux marron					



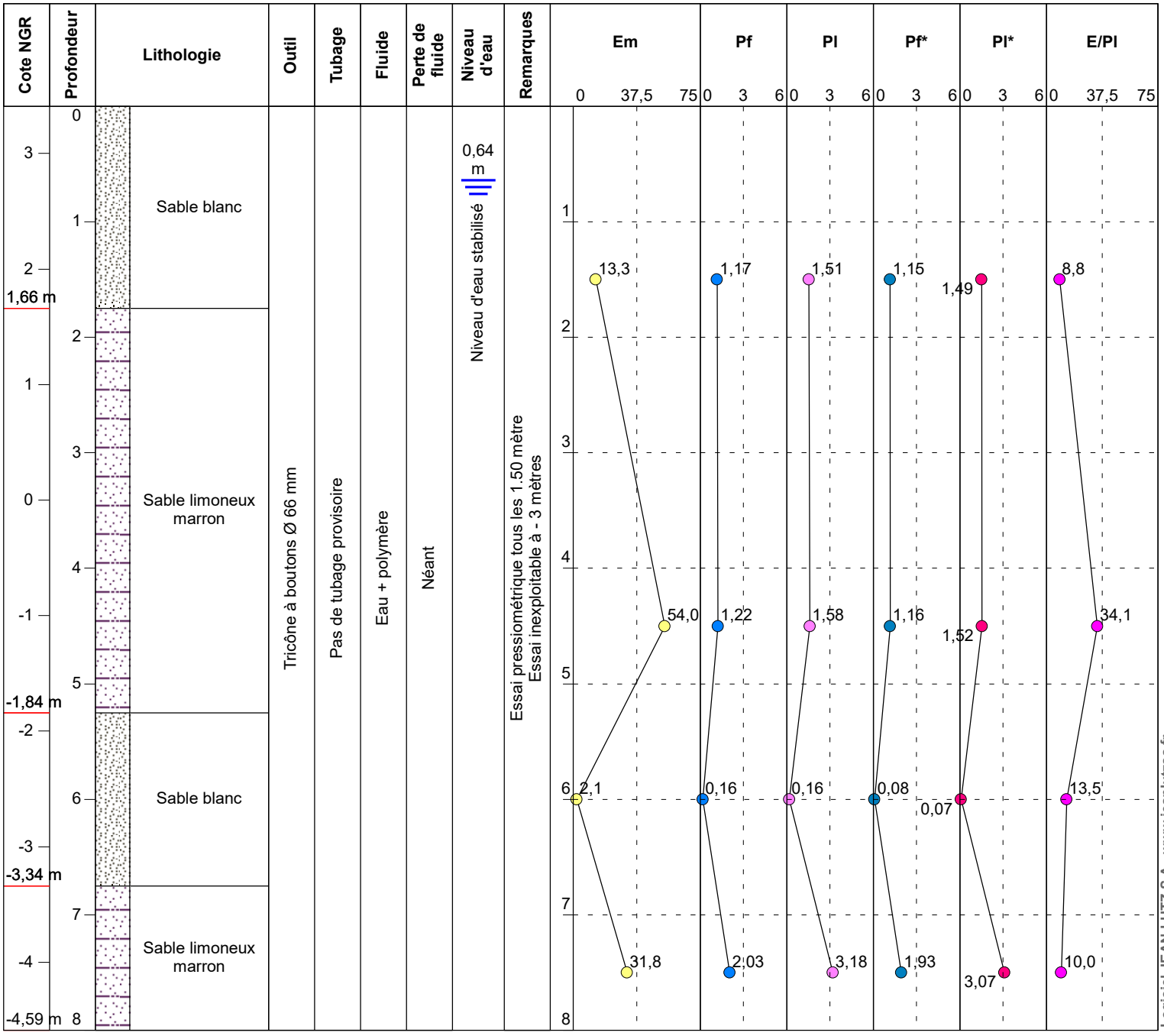
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Chantier N° : 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: **05/08/2019**	Cote NGR	: **3.41**	Profondeur	: **0,00 - 8,00 m**
Date fin	: **05/08/2019**	Machine	: **GEO 405**	X	: **349 486.11**
				Y	: **7 636 261.65**

Forage : SP2



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Annexe 3.3

Résultats du sondage carotté (SC1)

Contrat : 19-23

Extension du bassin de Grande-Anse
Client : GEOLITHE

Date début	: **06/08/2019**	Cote NGR	: **3.31**	Profondeur	: **0,00 - 3,00 m**
Date fin	: **06/08/2019**	Machine	: **GEO 405**	X	: **349 485.05**
				Y	: **7 636 260.36**

Forage : SC1

Cote NGR	Profondeur	Lithologie	Outil	Tubage	Fluide	Perte de fluide	Remarques	Caisses	% Récupération
2,81 m	0,50 m	Sables coralliens	Carottier à cable PQ à couronne castodrill	Tubage PQ provisoire	Eau + polymère	Néant	Néant	CN1	20
2,41 m	0,90 m	Bloc de basalte gris aphyrique							
2,01 m	1,30 m	Sables, petits blocs et galets de basalte, morceaux de coraux							100
1,81 m	1,50 m	Grès coralliens							
0,91 m	2,40 m	Petits blocs et galets de basalte, sables coralliens et sables basaltiques mélangés							40
0,51 m	2,80 m	Bloc de basalte gris aphyrique						2,40 m CN2	80
0,31 m	3,00 m	Graviers de basalte et morceaux de coraux						3,00 m	100

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr


1
FORINTECH
N° de chantier : 19-23
Client : GEOLITHE
Chantier : Grande-Anse
Sondage : SC1
Caisse : 01
De 0,00 m à 2,40 m


2
FORINTECH
N° de chantier : 19-23
Client : GEOLITHE
Chantier : Grande-Anse
Sondage : SC1
Caisse : 02
De 2,40 m à 3,00 m

Annexe 3.4

Résultats des essais de lançages (L1 à L7)






FORINTECH

FORAGE
INJECTION
TECHNOLOGIE

-SONDAGE GRANDE ANSE-

OCEATRA

TRAVAUX MARITIMES ET SOUS-MARINS

Equipe scaphandrier

- ROMAIN MATTEI
- JONATHAN DUMONTIER
- VINCENT IMART

Présent sur site avant 7h30 afin de bénéficier de la marée.

Les plongeurs ont été équipés de baudrier + ligne de vie+ casques canyoning.

Méthode pour les 7 sondages :

SONDAGES A FAIRE
PLONGEURS

LIGNE DE VIE ENTRE CHAQUE PLONGEUR



LES 7 SONDAGES en vidéo (plaquette numérotée, date, lieu du Sondage, N° du sondage, OCETRA)

Les 7 sondages à l'aiguille montrent la profondeur des essais et la nature du terrain. Chaque vidéo est nommé de la manière suivante : L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, correspondant au plan d'implantation fourni par le client.

Les 7 sondages réalisés sur le site de Grande anse montre l'absence de sable.

Le terrain est dur (basalte ; plaque corallienne ; roche) à déterminer.

Quelques petits coraux sur les points sondés visible sur les vidéos.

Capture d’image sur le sondage L1 vidéo



Capture d’image sur le sondage L3 vidéo



Capture d’image sur le sondage L4 vidéo



Capture d’image sur le sondage L5 vidéo



Capture d’image sur le sondage L6 vidéo



Capture d’image sur le sondage vidéo



Nous avons profité de la marée basse et de la fenêtre météo pour avoir un axé favorable au site de sondage.

Annexe 3.5

Résultats des analyses en laboratoire sur les sables
(E1 à E3 - analyse GTR)

LISTING DES ESSAIS

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client /MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Sondage: E1

Essai réalisé	Profondeur de prise d'essai	Nom du fichier PDF
Essai VBs	( )	PV_Essai VBs~_IRE1.20638.0003_E1_Prof_ ( ).pdf
Granulométrique	( )	PV_Granulométrique~_IRE1.20638.0003_E1_Prof_ ( ).pdf
Masse Volumique Sol Fin	( )	PV_Masse Volumique Sol Fin~_IRE1.20638.0003_E1_Prof_ ( ).pdf
Synthèse GTR	( )	PV_Synthèse GTR~_IRE1.20638.0003_E1_Prof_ ( ).pdf

Sondage: E2

Essai réalisé	Profondeur de prise d'essai	Nom du fichier PDF
Essai VBs	( )	PV_Essai VBs~_IRE1.20638.0003_E2_Prof_ ( ).pdf
Granulométrique	( )	PV_Granulométrique~_IRE1.20638.0003_E2_Prof_ ( ).pdf
Masse Volumique Sol Fin	( )	PV_Masse Volumique Sol Fin~_IRE1.20638.0003_E2_Prof_ ( ).pdf
Synthèse GTR	( )	PV_Synthèse GTR~_IRE1.20638.0003_E2_Prof_ ( ).pdf

Sondage: E3

Essai réalisé	Profondeur de prise d'essai	Nom du fichier PDF
Essai VBs	( )	PV_Essai VBs~_IRE1.20638.0003_E3_Prof_ ( ).pdf
Granulométrique	( )	PV_Granulométrique~_IRE1.20638.0003_E3_Prof_ ( ).pdf
Masse Volumique Sol Fin	( )	PV_Masse Volumique Sol Fin~_IRE1.20638.0003_E3_Prof_ ( ).pdf
Synthèse GTR	( )	PV_Synthèse GTR~_IRE1.20638.0003_E3_Prof_ ( ).pdf

Essais	Quantitatif
Essai VBs	3
Granulométrique	3
Masse Volumique Sol Fin	3
Synthèse GTR	3
Nombre total d'essais:	**12**

Responsable du laboratoire
BARBARIN Gaëtan

GINGER CEBTP

RAPPORT D' ESSAI

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche NF P 94-068

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client / MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0191**

Mode de prélévement :	Autre	Sondage :	E1
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélévement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
		dm (mm) :	20
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19

Résultats

VB = 0.04 g de bleu pour 100 g de matériaux sec (Sans correction)

VBs = 0.04 g de bleu pour 100 g de matériaux sec C = 99.4 W (%) : 5.9

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
Méthode par tamisage à sec après lavage
Méthode d'essai selon NF P 94-056 (norme périmée)

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Client / MO : GEOLITHE
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Demandeur / MOE : GEOLITHE
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0191**

Mode de prélèvement : Autre
Sondage : E1
Prélevé par : CLIENT
Profondeur : ( )
Date prélèvement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
dm (mm) : 20
Description :

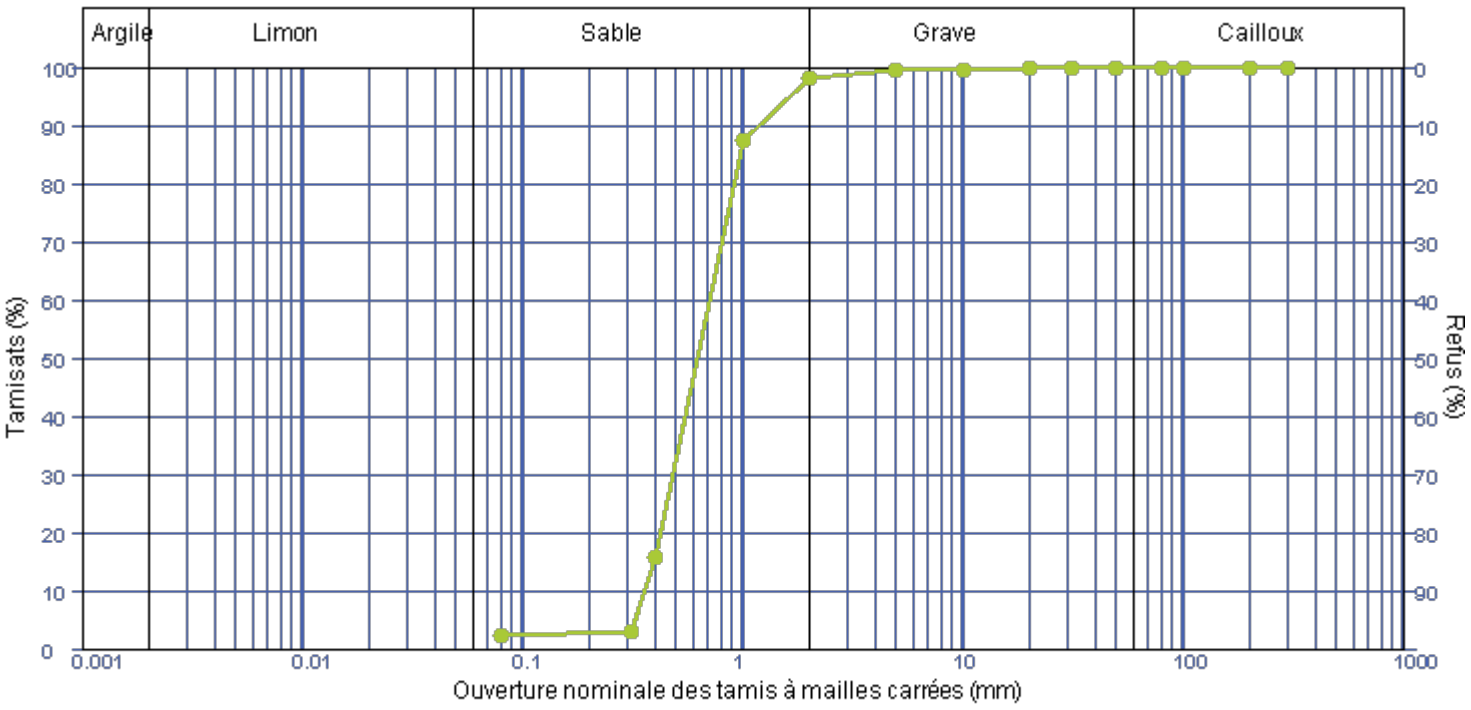
Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage
Technicien : Fabien ROBERT
Température : 105°C
Date essai : 13/08/19

Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamis à mailles carrées (mm)	300 mm	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	315 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	99.4	98.1	87.3	15.7	2.9	2.2

Facteur d'uniformité Cu = 2.1
Facteur de courbure Cc = 1.0
Facteur de symétrie Cs = 1.0



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est determinée visuellement

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS
Méthode de la trousse coupante, du moule et de l'immersion dans l'eau
NF P 94-053

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client /MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0191**

Mode de prélèvement :	Autre	Sondage :	E1
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélèvement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19
Méthode utilisée:	Moule	Température de salle d'essai (°C):	23.0

Résultats de l'essai

Masse volumique humide	ρ =	1820	kg/m3
Teneur en eau naturelle	Wnat =	5.9	%
Masse volumique sèche	ρd =	1720	kg/m3

Résultats à titre indicatif

Masse volumique des particules solides de sols	ρS (kg/m3)	=	2650 (estimée)
Masse volumique du sol saturé	ρsat (kg/m3)	=	2070
Teneur en eau naturelle de saturation	Wsat (%)	=	20.5
Porosité	n (%)	=	35.2
Indice des vides	e	=	0.543
Degré de saturation	Sr (%)	=	29.0

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Client / MO : GEOLITHE
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Demandeur / MOE : GEOLITHE
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0191**

Mode de prélévement : Autre
Sondage : E1
Prélevé par : CLIENT
Profondeur : ( )
Date prélévement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
Description : Sable

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	20	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	98.1	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	2.2	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	NF P94-051		%
Limite de plasticité - W_P	NF P94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	0.04	g /100 g
MV des particules solides ρ_S	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - C_{MOC}	XP P 94-047		%

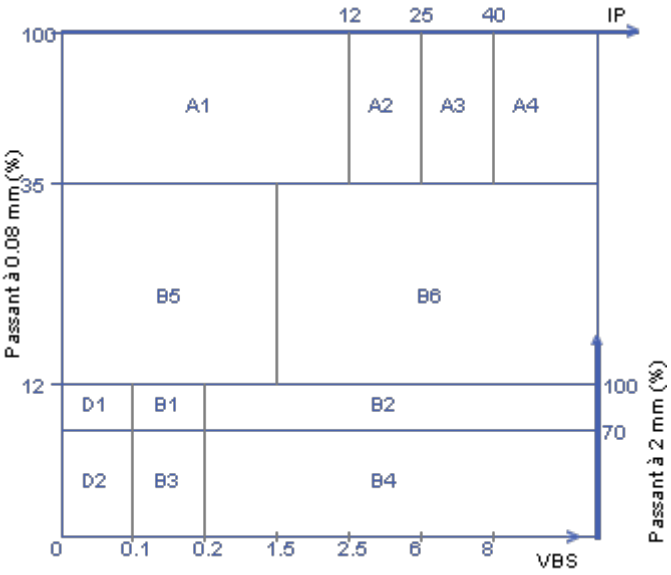
Paramètres d'état hydrique

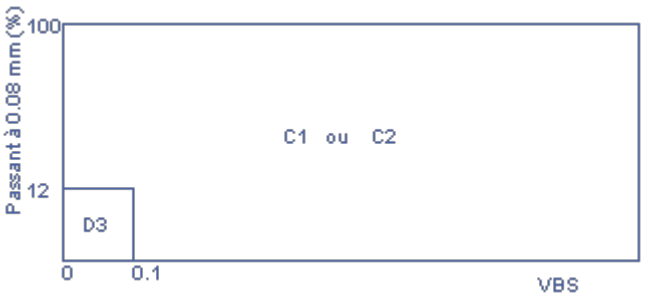
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	5.9	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - I_C	(WL - Wn) / I_P		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - F_S	NF P18-576		

CLASSIFICATION NF P 11-300 : D1





Pour information:

Teneur en eau Optimale W $_{OPN}$ (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche
NF P 94-068

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client / MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0192**

Mode de prélévement :	Autre	Sondage :	E2
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélévement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
		dm (mm) :	31.5
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19

Résultats

VB = 0.03 g de bleu pour 100 g de matériaux sec (Sans correction)

VBs = 0.03 g de bleu pour 100 g de matériaux sec C = 96.4 W (%) : 3.8

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
Méthode par tamisage à sec après lavage
Méthode d'essai selon NF P 94-056 (norme périmée)

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Client / MO : GEOLITHE
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Demandeur / MOE : GEOLITHE
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0192**

Mode de prélèvement : Autre
Sondage : E2
Prélevé par : CLIENT
Profondeur : ( )
Date prélèvement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
dm (mm) : 31.5
Description :

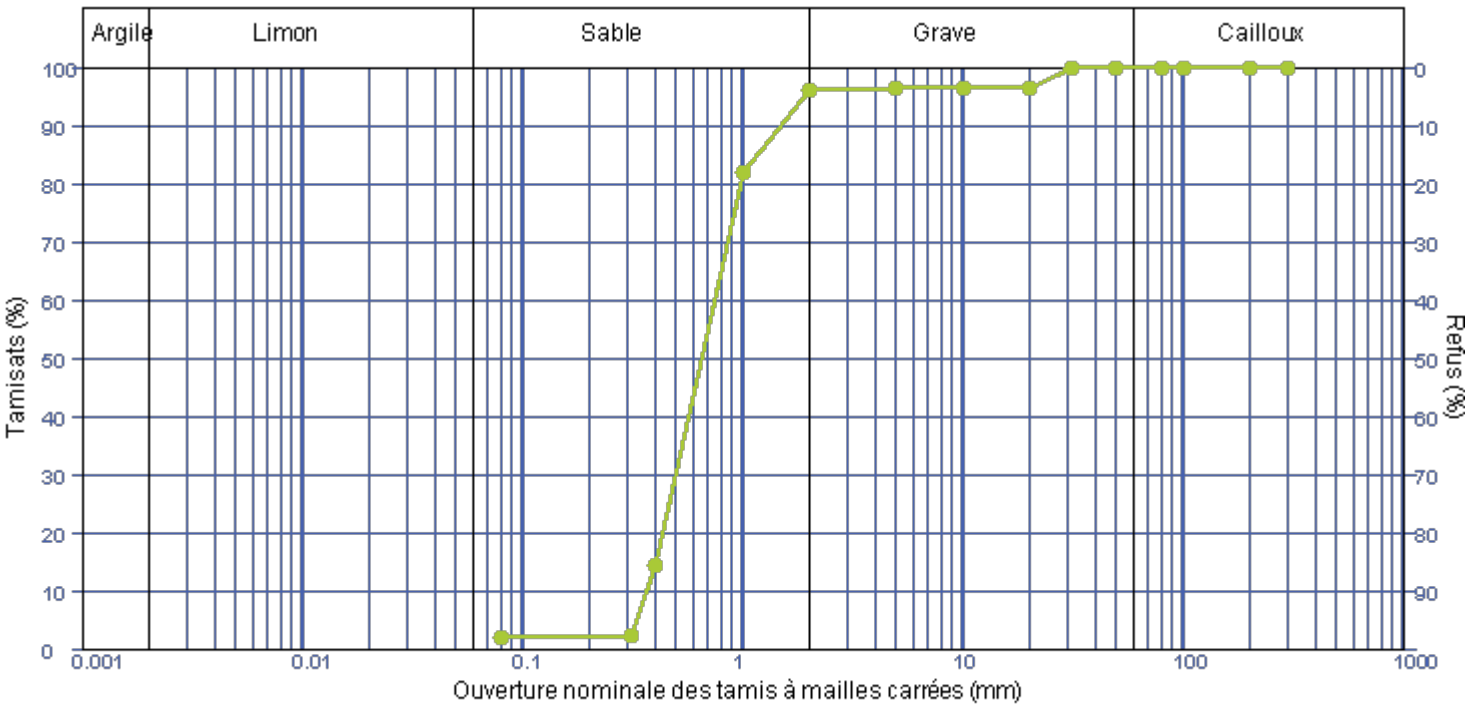
Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage
Technicien : Fabien ROBERT
Température : 105°C
Date essai : 13/08/19

Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamis à mailles carrées (mm)	300 mm	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	315 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.5	96.5	96.4	96.1	82.0	14.3	2.1	1.8

Facteur d'uniformité Cu = 2.2
Facteur de courbure Cc = 1.0
Facteur de symétrie Cs = 0.9



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est determinée visuellement

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS
Méthode de la trousse coupante, du moule et de l'immersion dans l'eau
NF P 94-053

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client /MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0192**

Mode de prélèvement :	Autre	Sondage :	E2
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélèvement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19
Méthode utilisée:	Moule	Température de salle d'essai (°C):	22.0

Résultats de l'essai

Masse volumique humide	ρ =	1850	kg/m3
Teneur en eau naturelle	W_{nat} =	3.8	%
Masse volumique sèche	ρ_d =	1780	kg/m3

Résultats à titre indicatif

Masse volumique des particules solides de sols	ρ_S (kg/m3)	=	2650 (estimée)
Masse volumique du sol saturé	ρ_{sat} (kg/m3)	=	2110
Teneur en eau naturelle de saturation	Wsat (%)	=	18.3
Porosité	n (%)	=	32.7
Indice des vides	e	=	0.486
Degré de saturation	Sr (%)	=	20.5

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client / MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon — N° 19IRE-0192

Mode de prélévement :	Autre	Sondage :	E2
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélévement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
Description :	Sable		

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	32	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	96.1	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	1.8	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	NF P94-051		%
Limite de plasticité - W_P	NF P94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	0.03	g /100 g
MV des particules solides ρ_S	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - C_{MOC}	XP P 94-047		%

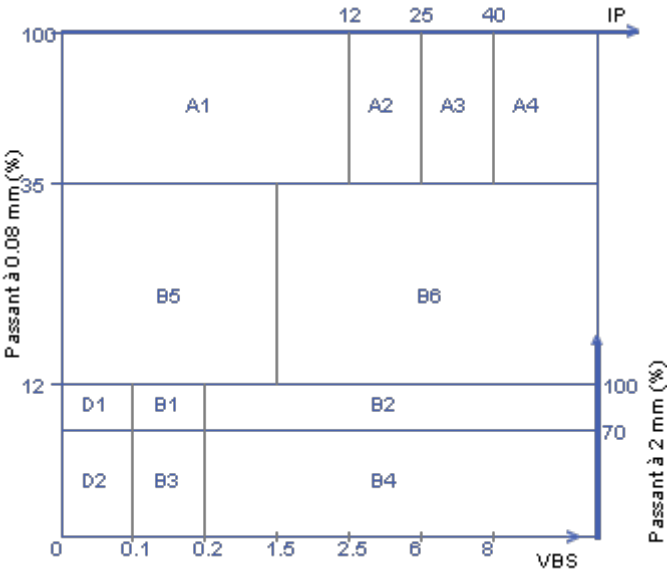
Paramètres d'état hydrique

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	3.8	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - I_C	(WL - Wn) / I_P		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - F_S	NF P18-576		

CLASSIFICATION NF P 11-300 : D1





Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

RAPPORT D' ESSAI

Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériaux rocheux par l'essai à la tâche
NF P 94-068

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client / MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0193**

Mode de prélévement :	Autre	Sondage :	E3
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélévement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
		dm (mm) :	31.5
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19

Résultats

VB = 0.04 g de bleu pour 100 g de matériaux sec (Sans correction)

VBs = 0.04 g de bleu pour 100 g de matériaux sec C = 85.7 W (%) : 7.4

C= proportion de la fraction 0/5 mm dans la fraction 0/50 mm (%) - Si dm = 5 mm, alors C=100 %

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE
Méthode par tamisage à sec après lavage
Méthode d'essai selon NF P 94-056 (norme périmée)

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Client / MO : GEOLITHE
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Demandeur / MOE : GEOLITHE
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0193**

Mode de prélèvement : Autre
Sondage : E3
Prélevé par : CLIENT
Profondeur : ( )
Date prélèvement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
dm (mm) : 31.5
Description :

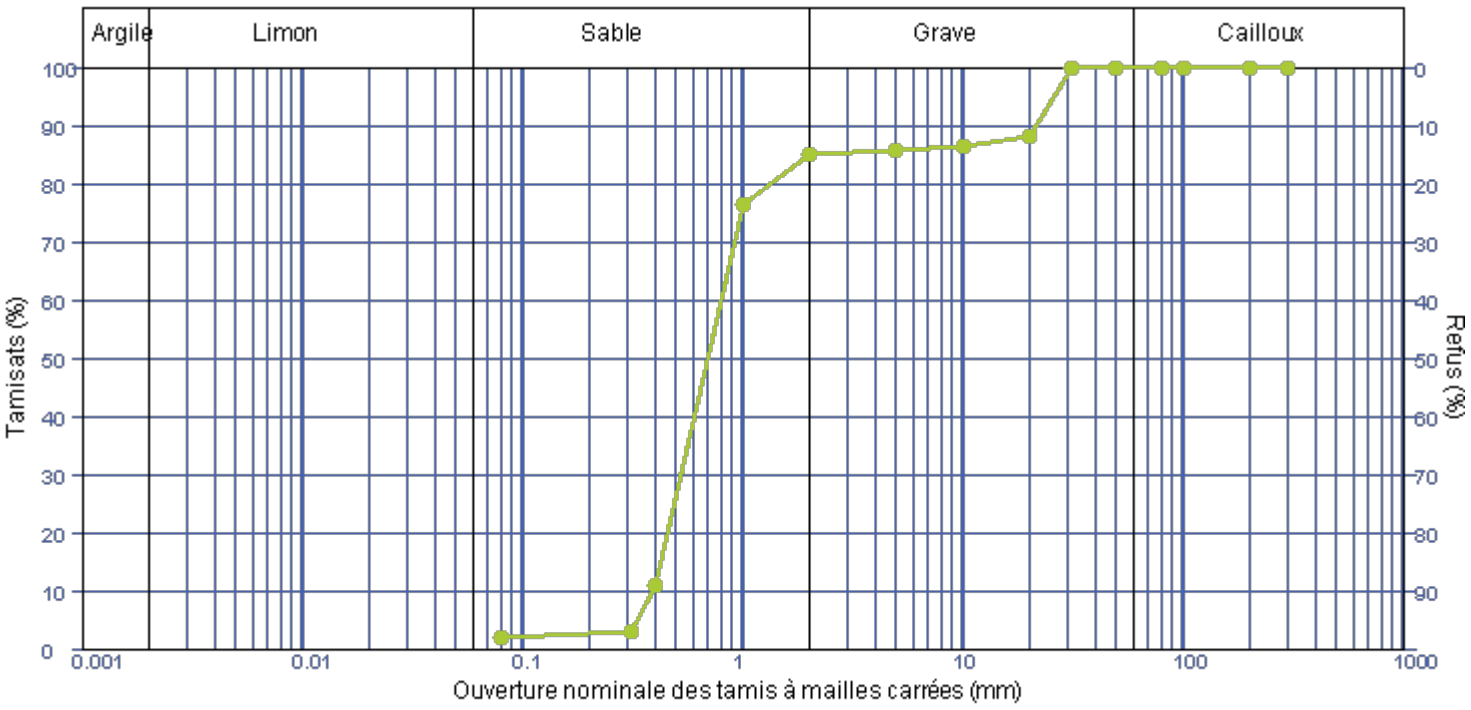
Informations sur l'essai

Mode de séchage : Etuvage
Technicien : Fabien ROBERT
Température : 105°C
Date essai : 13/08/19

Analyse granulométrique sur 0/D mm

Tamis à mailles carrées (mm)	300 mm	200 mm	100 mm	80 mm	50 mm	31.5 mm	20 mm	10 mm	5 mm	2 mm	1 mm	400 µm	315 µm	80 µm
Passant cumulé (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.0	86.5	85.7	84.9	76.5	10.9	2.9	2.0

Facteur d'uniformité Cu = 2.2
Facteur de courbure Cc = 1.0
Facteur de symétrie Cs = 0.1



Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

Dérogation à la méthode d'essai: La fin du tamisage sur chaque tamis est determinée visuellement

RAPPORT D' ESSAI

DÉTERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS
Méthode de la trousse coupante, du moule et de l'immersion dans l'eau
NF P 94-053

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier :	**IRE1.20638.0003**	Client /MO :	GEOLITHE
Désignation :	ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249		
Localité :	LA POSSESSION	Demandeur / MOE :	GEOLITHE
Chargé d'affaire :	Gaëtan BARBARIN		

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0193**

Mode de prélèvement :	Autre	Sondage :	E3
Prélevé par :	CLIENT	Profondeur :	( )
Date prélèvement :	26/07/19		
Mode de conservation :	Ech. prélevé en sac		
Date de livraison :	29/07/19		
Description :			

Informations sur l'essai

Mode de séchage :	Etuvage	Technicien :	Fabien ROBERT
Température :	105°C	Date essai :	13/08/19
Méthode utilisée:	Moule	Température de salle d'essai (°C):	22.5

Résultats de l'essai

Masse volumique humide	ρ =	1910	kg/m3
Teneur en eau naturelle	Wnat =	7.4	%
Masse volumique sèche	ρd =	1770	kg/m3

Résultats à titre indicatif

Masse volumique des particules solides de sols	ρS (kg/m3)	=	2650 (estimée)
Masse volumique du sol saturé	ρsat (kg/m3)	=	2105
Teneur en eau naturelle de saturation	Wsat (%)	=	18.6
Porosité	n (%)	=	33.0
Indice des vides	e	=	0.493
Degré de saturation	Sr (%)	=	39.6

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

RAPPORT D' ESSAI

CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISABLES DANS LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES NF P 11-300

GINGER CEBTP LA REUNION
ZA RAVINE A MARQUET
9 RUE PATRICE LUMUMBA
97419 LA POSSESSION

Informations générales

N° dossier : **IRE1.20638.0003**
Client / MO : GEOLITHE
Désignation : ESSAIS LABORATOIRE DOSSIER 19-249
Localité : LA POSSESSION
Demandeur / MOE : GEOLITHE
Chargé d'affaire : Gaëtan BARBARIN

Informations sur l'échantillon **N° 19IRE-0193**

Mode de prélévement : Autre
Sondage : E3
Prélevé par : CLIENT
Profondeur : ( )
Date prélévement : 26/07/19
Mode de conservation : Ech. prélevé en sac
Date de livraison : 29/07/19
Description : Sable

Paramètres de nature

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Dmax	ME selon NFP94-056	32	mm
Passant à 50 mm	ME selon NFP94-056	100.0	%
Passant à 2 mm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	84.9	%
Passant à 80 µm (fraction 0/50 mm)	ME selon NFP94-056	2.0	%
Passant à 2 µm	ME selon NFP94-057		%
Limite de liquidité - W_L	NF P94-051		%
Limite de plasticité - W_P	NF P94-051		%
Indice de plasticité - I_P	W_L - W_P		
VBS	NF P94-068	0.04	g /100 g
MV des particules solides ρ_S	NF P94-054		kg/m3
Propreté des sables - SE	NF EN 933-8		%
Masse volumique humide ρ	NF P94-053		kg/m3
Masse volumique sèche ρd	NF P94-064		t/m3
Teneur en carbonate	NF P94-048		%
Teneur en MO - C_{MOC}	XP P 94-047		%

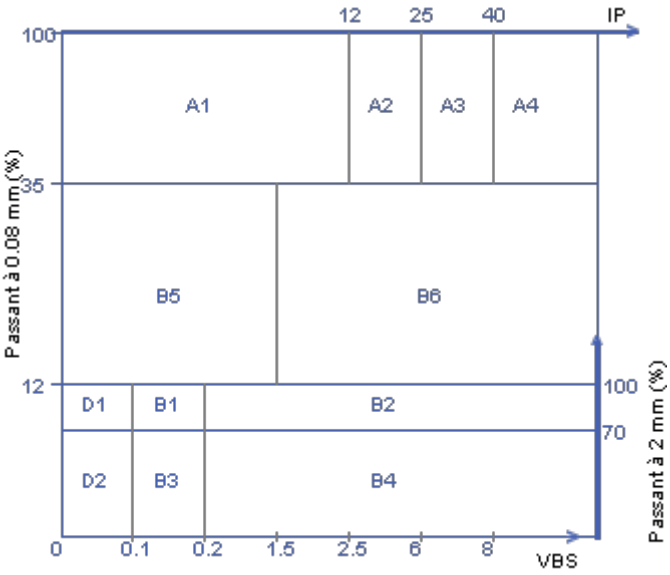
Paramètres d'état hydrique

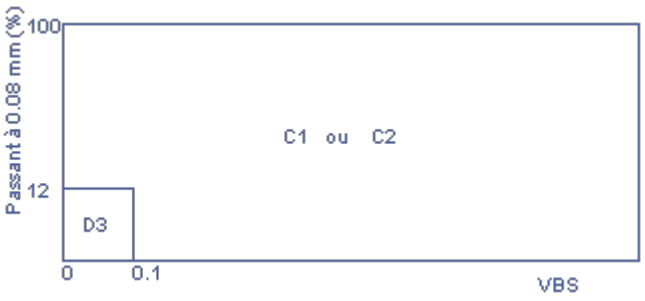
Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Teneur en eau naturelle - Wn	NF P94-050	7.4	%
Indice Portant immédiat - IPI	NF P94-078		
Indice de Consistance - I_C	(WL - Wn) / I_P		
W_n / W_{OPN}	NF P94-093		

Paramètres de comportement mécanique - Matériaux rocheux

Désignation de l'essai	Norme	Résultats	Unité
Fragmentabilité - FR	NF P94-066		
Dégradabilité - DG	NF P94-067		
micro-Deval - MDE (10/14 mm)	NF EN 1097-1		
Los Angeles - LA (10/14 mm)	NF EN 1097-2		%
Friabilité des sables - F_S	NF P18-576		

CLASSIFICATION NF P 11-300 : D1





Pour information:

Teneur en eau Optimale W_{OPN} (%) :	
Masse volumique sèche Optimale ρ_{OPN} (Mg/m3) :	

Observations :

Le Responsable du Laboratoire
BARBARIN Gaëtan

Annexe 3.6

Résultats des analyses en laboratoire sur les sédiments marins (SM1, SM2 – analyses chimiques)

Rapport d'analyse - Échantillon SM1

eurofins

EUROFINS HYDROLOGIE EST SAS

QWALILAB
LABORATOIRE Chimie
za ravine à marquet
rue patrice lumumba
97419 LA POSSESSION
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-19-IX-170402-01 Version du : 03/09/2019
Dossier N° : 19M063107 Date de réception : 23/08/2019
Référence dossier : Nom Commande : QWALILAB
N° Projet : SOL
Nom Projet : sol
Référence bon de commande : FS1V20150088

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
001	Sédiments	09-30578 /	Lixiviation : Conformément aux exigences de la norme NF EN 12457-2, votre échantillonnage n'a pas permis de fournir les 2kg requis au laboratoire.

Date de prélèvement	20/08/2019 15:00	**Prélèvement effectué par**	CLIENT
Date de réception	23/08/2019 08:39	**Température de l'air de l'enceinte**	13,9°C
Début d'analyse	28/08/2019		

Préparations

	Résultat	Unité
LSA36 : Lixiviation 1x24 heures Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Lixiviation (Ratio L/S = 10 l/kg - Broyage par concasseur à mâchoires) - NF EN 12457-2*		
Refus pondéral à 4 mm	6.0	% P.B.
Lixiviation 1x24 heures	Fait	

Paramètres physicochimiques généraux

	Résultat	Unité
LS04Y : Chlorures sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (UV/VIS) (Spectrométrie visible automatisée) - NF EN 16192 - NF ISO 15923-1*	4200	mg/kg M.S.
LSQ02 : Conductivité à 25°C sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Potentiométrie (Méthode à la sonde) - NF EN 27888 / NF EN 16192*		
Température de mesure de la conductivité	20.2	°C
Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	1980	µS/cm
LSN71 : Fluorures sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Electrométrie (Potentiométrie) - NF T 90-004 (adaptée sur sédiment,boue) - NF EN 16192*	<5.00	mg/kg M.S.
LSA07 : Matière sèche Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Gravimétrie - NF EN 12880*	79.5	% P.B.
LSQ13 : Mesure du pH sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Potentiométrie - NF EN ISO 10523 / NF EN 16192*		
Température de mesure du pH	20	°C
pH (Potentiel d'Hydrogène)	9.5	
LSM46 : Résidu sec à 105°C (Fraction soluble) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Gravimétrie - NF T 90-029 / NF EN 16192*		
Résidus secs à 105 °C	<2000	mg/kg M.S.
Résidus secs à 105°C (calcul)	<0.2	% MS
LS04Z : Sulfate (SO4) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (UV/VIS) (Spectrométrie visible automatisée) - NF EN 16192 - NF ISO 15923-1*	570	mg/kg M.S.

Oligo-éléments - Micropolluants minéraux

	Résultat	Unité
LSM97 : Antimoine (Sb) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.002	mg/kg M.S.
LSM04 : Arsenic (As) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.
LSM05 : Baryum (Ba) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSN05 : Cadmium (Cd) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.002	mg/kg M.S.

Oligo-éléments - Micropolluants minéraux

	Résultat	Unité
LSM11 : Chrome (Cr) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSM13 : Cuivre (Cu) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.
LS04W : Mercure (Hg) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.001	mg/kg M.S.
LSN26 : Molybdène (Mo) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.01	mg/kg M.S.
LSM20 : Nickel (Ni) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSM22 : Plomb (Pb) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSN41 : Sélénium (Se) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.01	mg/kg M.S.
LSM35 : Zinc (Zn) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.

Oxygènes et matières organiques

	Résultat	Unité
LSM68 : Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (IR) (Oxydation à chaud en milieu acide) - NF EN 15192 - NF EN 1484 (Sols) - Méthode interne (Hors Sols)*	<50	mg/kg M.S.
LSSKM : Carbone organique total (COT) par combustion sèche (Sédiments) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Combustion (sèche) - NF EN 13137 (Octobre 2001 Norme abrogée)*	2770	mg/kg M.S.

Composés benzéniques

	Résultat	Unité
LS0XU : Benzène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.10	mg/kg M.S.
LS0XW : Ethylbenzène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0Y5 : m+p-Xylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0Y6 : o-Xylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0IK : Somme des BTEX Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Calcul - Calcul*	0.300	mg/kg M.S.
LS0Y4 : Toluène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

	Résultat	Unité

Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Résultat	Unité
LSRHW : Acénaphtène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.0051	mg/kg M.S.
LSRHV : Acénaphthylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.012	mg/kg M.S.
LSRHK : Anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.067	mg/kg M.S.
LSRHN : Benzo-(a)-anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.24	mg/kg M.S.
LSRHH : Benzo(a)pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.11	mg/kg M.S.
LSRHQ : Benzo(b)fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.4	mg/kg M.S.
LSRHX : Benzo(ghi)Pérylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.13	mg/kg M.S.
LSRHR : Benzo(k)fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.066	mg/kg M.S.
LSRHP : Chrysène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.3	mg/kg M.S.
LSRHT : Dibenzo(a,h)anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.1	mg/kg M.S.
LSRHL : Fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.61	mg/kg M.S.
LSRHI : Fluorène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.005	mg/kg M.S.
LSRHS : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.13	mg/kg M.S.
LSRHU : Naphtalène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.04	mg/kg M.S.
LSRHJ : Phénanthrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.49	mg/kg M.S.
LSRHM : Pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	0.34	mg/kg M.S.
LSFF9 : Somme des HAP Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Calcul - Calcul*	2.9	mg/kg M.S.

Poly chloro-bromo biphényls	Résultat	Unité
LS3U7 : PCB 28 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.

Poly chloro-bromo biphényls

	Résultat	Unité
LS3UB : PCB 52 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U8 : PCB 101 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U6 : PCB 118 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U9 : PCB 138 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3UA : PCB 153 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3UC : PCB 180 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LSFEH : Somme PCB (7) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Calcul - Calcul*	<0.001	mg/kg M.S.

Dérivés phénoliques

	Résultat	Unité
LSM90 : Indice phénol sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Flux continu - NF EN ISO 14402 (adaptée sur sédiment,boue) - NF EN 16192*	<0.50	mg/kg M.S.

Hydrocarbures

	Résultat	Unité
LS919 : Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/FID (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN ISO 16703 (Sols) - NF EN 14039 (Boue, Sédiments)*		
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	<15.0	mg/kg M.S.

QWALILAB
9, Rue Patrice Lumumba
Z.A Ravine à Marquet
97419 LA POSSESSION
tél. 0262 71 23 23 - Fax. 0262 71 23 ..

Vérifié par Christelle INCAMP
le 08/09/19

Ghislaine Schmitt
Coordinateur de projets clients

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6.00 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.
Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements, des analyses terrain et des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.
Analyses effectuées par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27/10/2011.

Rapport d'analyse - Échantillon SM2

eurofins

EUROFINS HYDROLOGIE EST SAS

QWALILAB
LABORATOIRE Chimie
za ravine à marquet
rue patrice lumumba
97419 LA POSSESSION
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-19-IX-170403-01 Version du : 03/09/2019
Dossier N° : 19M063107 Date de réception : 23/08/2019
Référence dossier : Nom Commande : QWALILAB
N° Projet : SOL
Nom Projet : sol
Référence bon de commande : FS1V20150088

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
002	Sédiments	08-30579 /	Lixiviation : Conformément aux exigences de la norme NF EN 12457-2, votre échantillonnage n'a pas permis de fournir les 2kg requis au laboratoire.

Date de prélèvement	20/08/2019 15:00	**Prélèvement effectué par**	CLIENT
Date de réception	23/08/2019 08:39	**Température de l'air de l'enceinte**	13,9°C
Début d'analyse	28/08/2019		

Préparations

	Résultat	Unité
LSA36 : Lixiviation 1x24 heures Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Lixiviation (Ratio L/S = 10 l/kg - Broyage par concasseur à mâchoires) - NF EN 12457-2*		
Refus pondéral à 4 mm	1.0	% P.B.
Lixiviation 1x24 heures	Fait	

Paramètres physicochimiques généraux

	Résultat	Unité
LS04Y : Chlorures sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (UV/VIS) (Spectrométrie visible automatisée) - NF EN 16192 - NF ISO 15923-1*	4100	mg/kg M.S.
LSQ02 : Conductivité à 25°C sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Potentiométrie (Méthode à la sonde) - NF EN 27888 / NF EN 16192*		
Température de mesure de la conductivité	21.2	°C
Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	1580	µS/cm
LSN71 : Fluorures sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Electrométrie (Potentiométrie) - NF T 90-004 (adaptée sur sédiment, boue) - NF EN 16192*	<5.00	mg/kg M.S.
LSA07 : Matière sèche Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Gravimétrie - NF EN 12880*	79.3	% P.B.
LSQ13 : Mesure du pH sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Potentiométrie - NF EN ISO 10523 / NF EN 16192*		
Température de mesure du pH	21	°C
pH (Potentiel d'Hydrogène)	9.7	
LSM46 : Résidu sec à 105°C (Fraction soluble) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Gravimétrie - NF T 90-029 / NF EN 16192*		
Résidus secs à 105 °C	9940	mg/kg M.S.
Résidus secs à 105°C (calcul)	1.0	% MS
LS04Z : Sulfate (SO4) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (UV/VIS) (Spectrométrie visible automatisée) - NF EN 16192 - NF ISO 15923-1*	576	mg/kg M.S.

Oligo-éléments - Micropolluants minéraux

	Résultat	Unité
LSM97 : Antimoine (Sb) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.002	mg/kg M.S.
LSM04 : Arsenic (As) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.
LSM05 : Baryum (Ba) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSN05 : Cadmium (Cd) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.002	mg/kg M.S.

Oligo-éléments - Micropolluants minéraux

	Résultat	Unité
LSM11 : Chrome (Cr) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSM13 : Cuivre (Cu) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.
LS04W : Mercure (Hg) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.001	mg/kg M.S.
LSN26 : Molybdène (Mo) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.01	mg/kg M.S.
LSM20 : Nickel (Ni) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSM22 : Plomb (Pb) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.10	mg/kg M.S.
LSN41 : Sélénium (Se) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 / NF EN 16192*	<0.01	mg/kg M.S.
LSM35 : Zinc (Zn) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *ICP/AES - NF EN ISO 11885 / NF EN 16192*	<0.20	mg/kg M.S.

Oxygènes et matières organiques

	Résultat	Unité
LSM68 : Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Spectrophotométrie (IR) (Oxydation à chaud en milieu acide) - NF EN 16192 - NF EN 1484 (Sols) - Méthode interne (Hors Sols)*	<50	mg/kg M.S.
LSSKM : Carbone organique total (COT) par combustion sèche (Sédiments) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Combustion (sèche) - NF EN 13137 (Octobre 2001 Norme abrogée)*	1350	mg/kg M.S.

Composés benzéniques

	Résultat	Unité
LS0XU : Benzène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.10	mg/kg M.S.
LS0XW : Ethylbenzène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0Y5 : m+p-Xylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0Y6 : o-Xylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.
LS0IK : Somme des BTEX Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Calcul - Calcul*	0.300	mg/kg M.S.
LS0Y4 : Toluène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *HS - GC/MS (Extraction méthanolique) - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,sédi)*	<0.20	mg/kg M.S.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

	Résultat	Unité

Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Resultat	Unité
LSRHW : Acénaphtène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	<0.0022	mg/kg M.S.
LSRHV : Acénaphthylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0033	mg/kg M.S.
LSRHK : Anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0035	mg/kg M.S.
LSRHN : Benzo-(a)-anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.016	mg/kg M.S.
LSRHH : Benzo(a)pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.011	mg/kg M.S.
LSRHQ : Benzo(b)fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.023	mg/kg M.S.
LSRHX : Benzo(ghi)Pérylène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0039	mg/kg M.S.
LSRHR : Benzo(k)fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0047	mg/kg M.S.
LSRHP : Chrysène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.022	mg/kg M.S.
LSRHT : Dibenzo(a,h)anthracène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0074	mg/kg M.S.
LSRHL : Fluoranthène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.04	mg/kg M.S.
LSRHI : Fluorène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0024	mg/kg M.S.
LSRHS : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.0065	mg/kg M.S.
LSRHU : Naphtalène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	<0.0022	mg/kg M.S.
LSRHJ : Phénanthrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.026	mg/kg M.S.
LSRHM : Pyrène Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	0.026	mg/kg M.S.
LSFF9 : Somme des HAP Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) Calcul - Calcul	0.19	mg/kg M.S.

Poly chloro-bromo biphényls	Resultat	Unité
LS3U7 : PCB 28 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)	<0.001	mg/kg M.S.

Poly chloro-bromo biphényls

	Résultat	Unité
LS3UB : PCB 52 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U8 : PCB 101 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U6 : PCB 118 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3U9 : PCB 138 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3UA : PCB 153 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LS3UC : PCB 180 Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/MS/MS (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (Boue, sédiment)*	<0.001	mg/kg M.S.
LSFEH : Somme PCB (7) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) Calcul - Calcul	<0.001	mg/kg M.S.

Dérivés phénoliques

	Résultat	Unité
LSM90 : Indice phénol sur éluat Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *Flux continu - NF EN ISO 14402 (adaptée sur sédiment,boue) - NF EN 16192*	<0.50	mg/kg M.S.

Hydrocarbures

	Résultat	Unité
LS919 : Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40) Analyse sous-traitée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) *GC/FID (Extraction Hexane / Acétone) - NF EN ISO 16703 (Sols) - NF EN 14039 (Boue, Sédiments)*		
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	-	mg/kg M.S.
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	<15.0	mg/kg M.S.

Ghislaine Schmitt
Coordinateur de projets clients

QWALIT
9, Rue Patrice Lumumba
Z.A Ravine à Marquet
97419 LA POSSESSION
Tél. 0262 71 23 23 - Fax [illegible]
SIRET 482 980 698 [illegible]
Vérifié par Christelle MICANO
le 04/09/19

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6.00 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.
Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements, des analyses terrain et des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.
Analyses effectuées par un laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement dans les conditions de l'arrêté du 27/10/2011.

ANNEXE 5: PHASE 1- DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE FAUNE ET FLORE BIOTOPE



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 françoismoutoui) (© 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 coralienne 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 coraliennes petites et dispersées - A droite, exemple d'une petite colonie coralienne du genre Galaxea 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 Halimeda 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 coraliennes plus grandes et moins dispersées - A droite, exemple de colonies coraliennes très proches les unes des autres, avec dominance du genre Acropora 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 coraliennes 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 coraliennes 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 (Diadema savigny) (© 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 : Echinopora gemmacea ; Au centre : Favia pentagona (© Biotope, 2021) 101
Figure 73 : Individu de Eucidaris metularia observé de jour dissimulé dans une anfractuosité. © Biotope, 2021..... 102
Figure 74 : Individu de Carpilius convexus observé de nuit. © Biotope, 2021..... 102
Figure 75 : Individu de Tridacna 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 (Kelonia, 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 µmol/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

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.

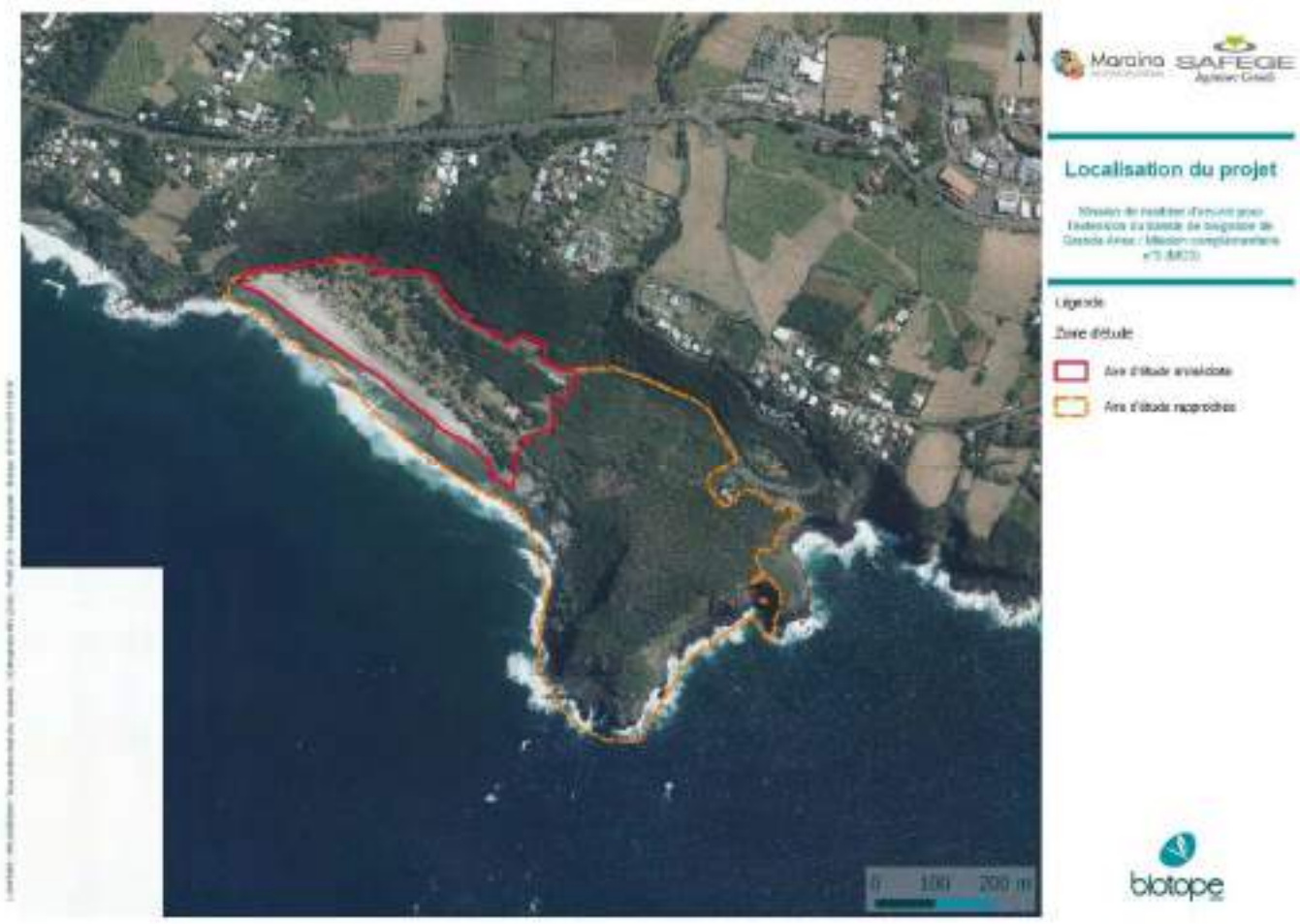


Figure 2 – Cartographie des zones d'étude pour les expertises du milieu terrestre littoral

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

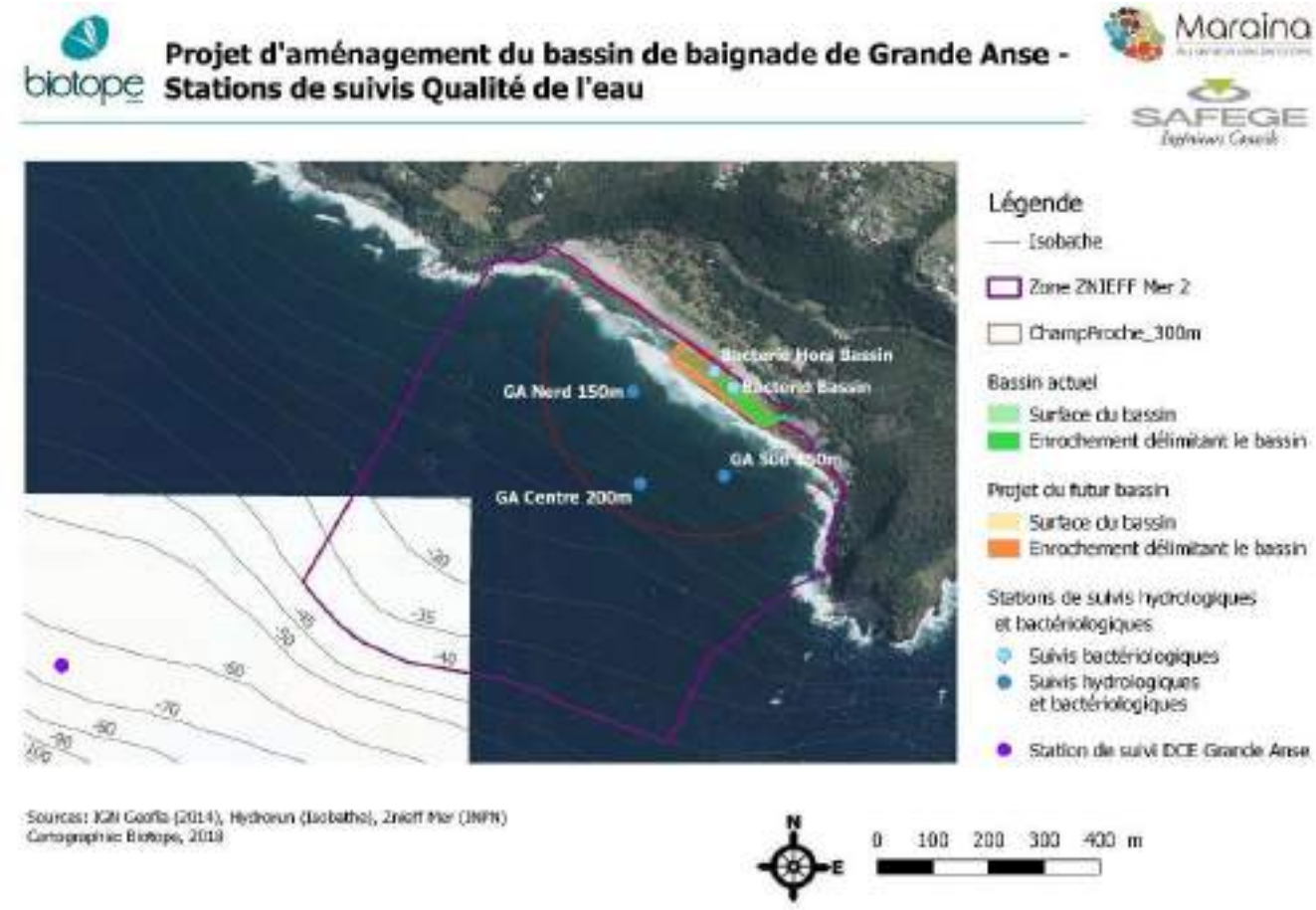


Figure 3 : Localisation des stations pour l'étude hydrologique dans le cadre du projet d'agrandissement du bassin de Grande Anse.

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

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

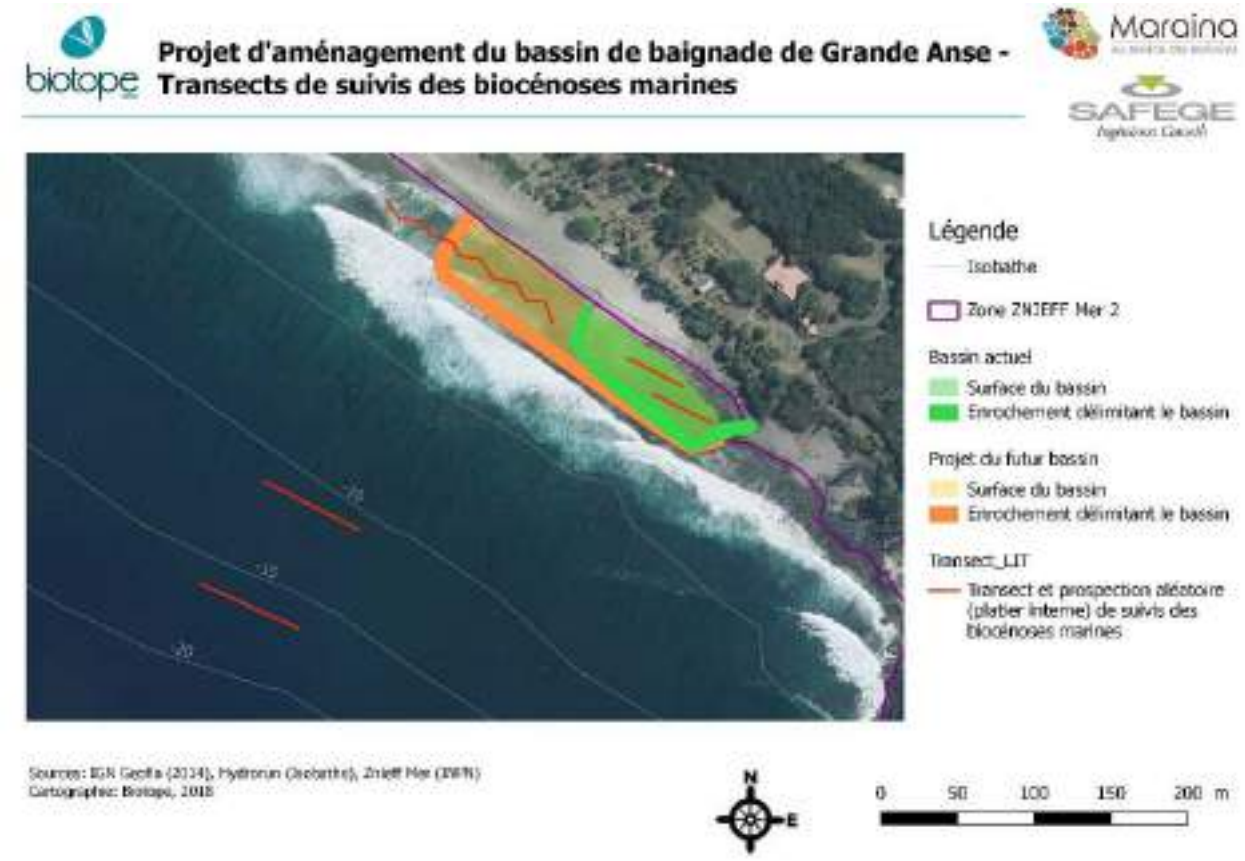


Figure 5 : Localisation des transects réalisés pour l'étude des peuplements marins, au niveau de la pente externe, du bassin de baignade et du platier interne (prospection aléatoire). *Les profondeurs données par les isobathes ne sont pas suffisamment précises. Les profondeurs de terrains ont été retenues.*

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.

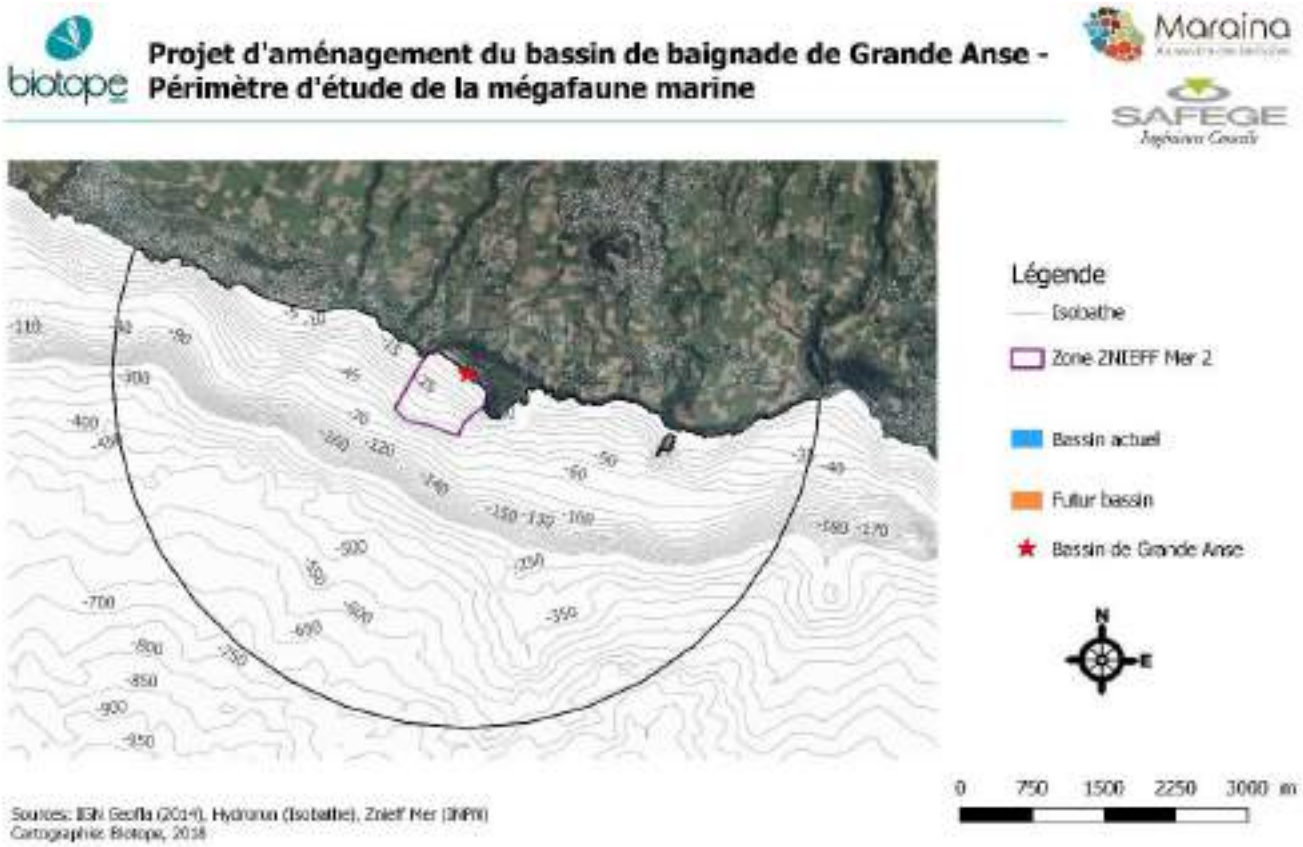


Figure 6 : Aire d'étude prise en compte pour l'étude de la mégafaune marine (cétacés et tortues). Le rayon de la zone est de 2 miles nautiques.

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

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.

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 Grande 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).

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 Lézard 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 Lézard 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 « 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.

2.3 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 étude[1] 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)*

- 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 situé 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 :

    - 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 ;

    - 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.

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 baraui*) 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 imbricat*a). 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 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 parcoure 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.

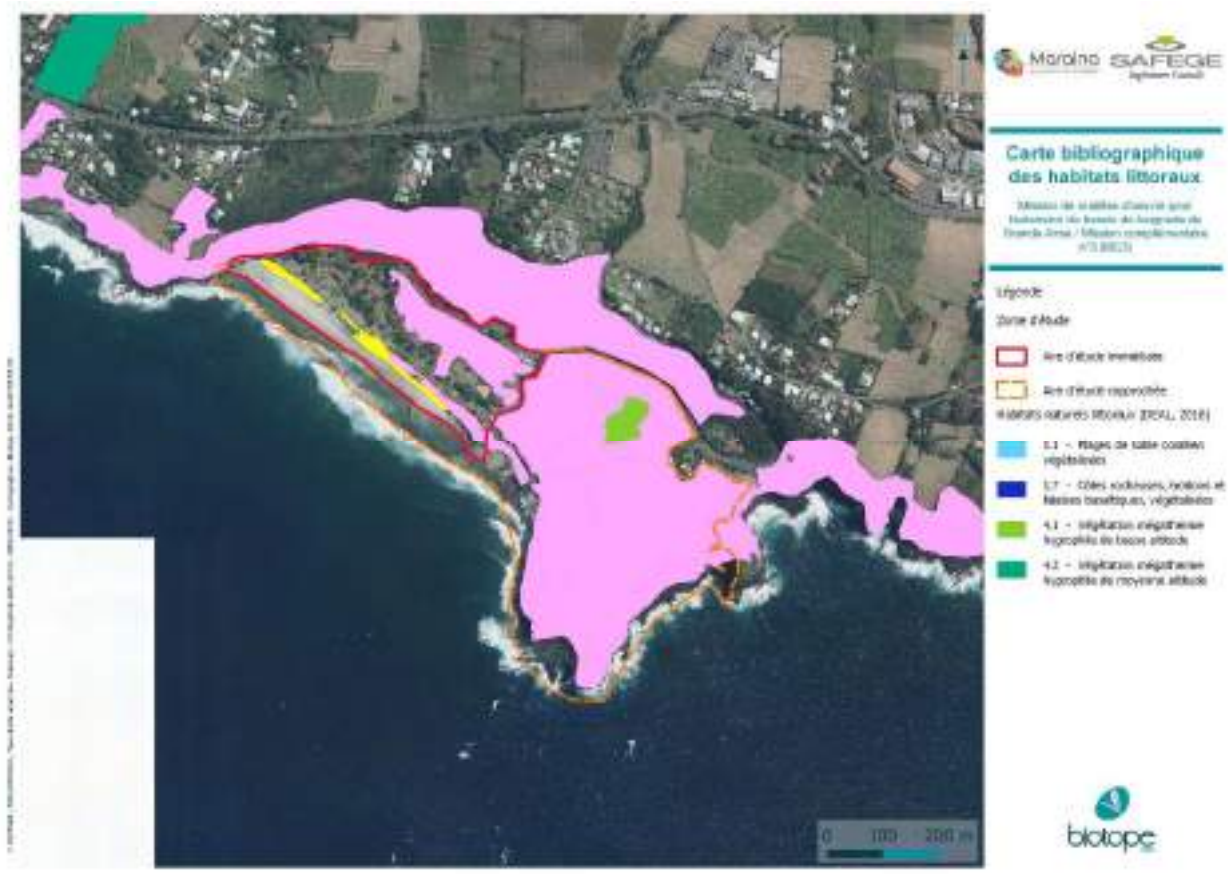


Figure 9 - Cartographie simplifiée des habitats littoraux réalisée en 2016 (Source : DEAL, 2016)

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

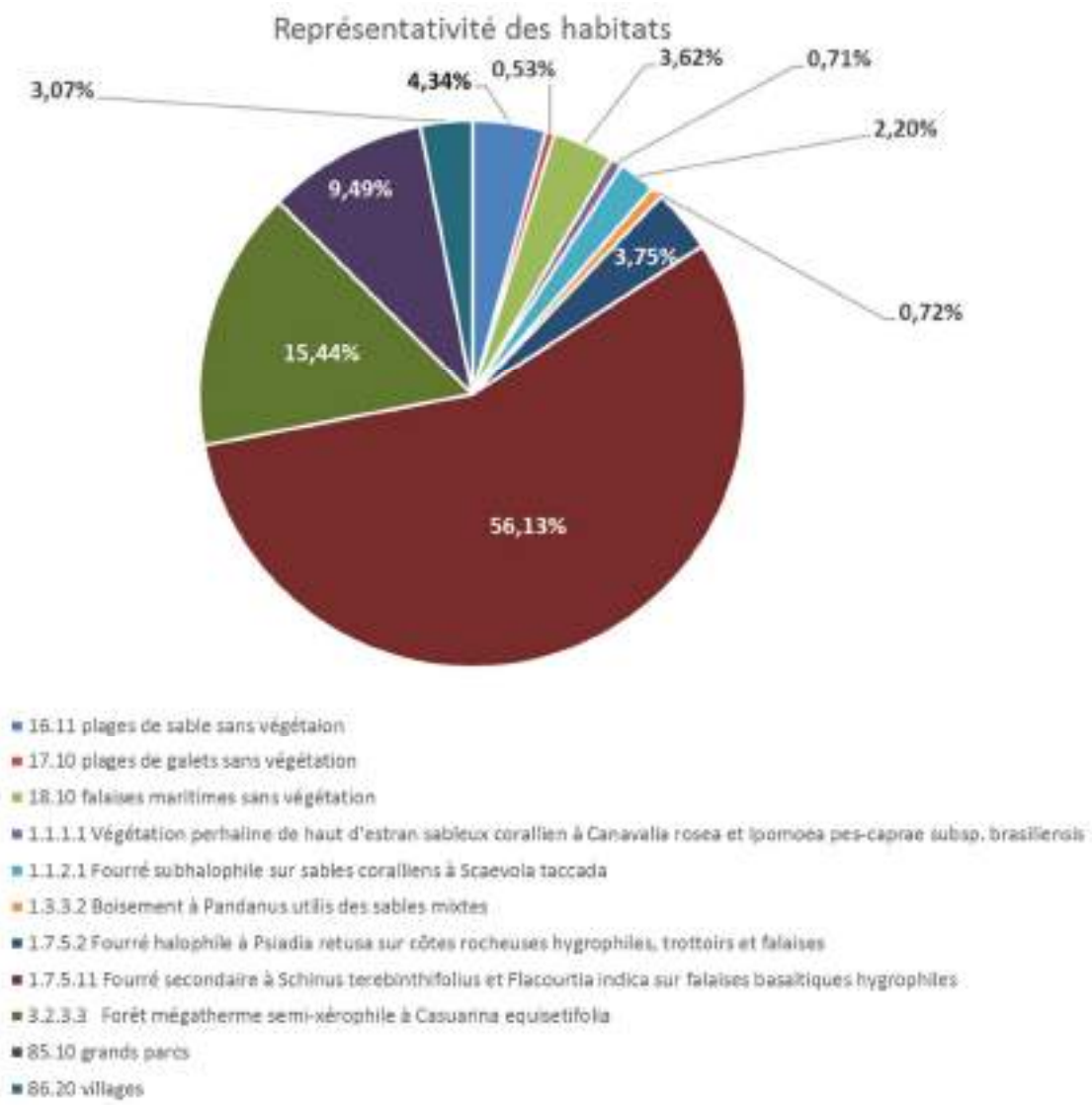


Figure 10 – Proportion des formations végétales au sein de la zone d'étude (Biotope, 2018).

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 Canavalia rosea et Ipomoea pes-caprae subsp. brasiliensis	0,28	0,00	0,28	0,71%
TDHR. 1.1.2.1 Fourré subhalophile sur sables coralliens à Scaevola taccada	0,20	0,65	0,85	2,20%
TDHR. 1.3.3.2 Boisement à Pandanus utilis des sables mixtes	0,28	0,00	0,28	0,72%
TDHR. 1.7.5.2 Fourré halophile à Psiadia retusa sur côtes rocheuses hygrophiles, trottoirs et falaises	0,00	1,46	1,46	3,75%
TDHR. 1.7.5.11 Fourré secondaire à Schinus terebinthifolius et Flacourtia indica 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 Casuarina equisetifolia	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).

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 (*Scavaeloa 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 terebenthifolia*-) 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-spontanées (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

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'ile.

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 *Canavalia rosea et Ipomoea pes-caprae subsp. brasiliensis*	CB 16.1911 Groupement à *Ipomea pes-caprae et/ ou Canavalia maritima* 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 *Scaevola taccada*	CB 16.1921 groupement à *Scaevola taccada* 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 *Pandanus utilis* 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 *Psiadia retusa* sur côtes rocheuses hygrophiles, trottoirs et falaises	CB 18.2923 groupement à *Psiadia retusa* 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 *Schinus terebinthifolius et Flacourtia indica* sur falaises basaltiques hygrophiles	CB 87.1935 fourrés secondaires à *Schinus terebinthifolius*	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 *Casuarina equisetifolia*	CB 87.1942 boisement à *Casuarina equisetifolia*	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

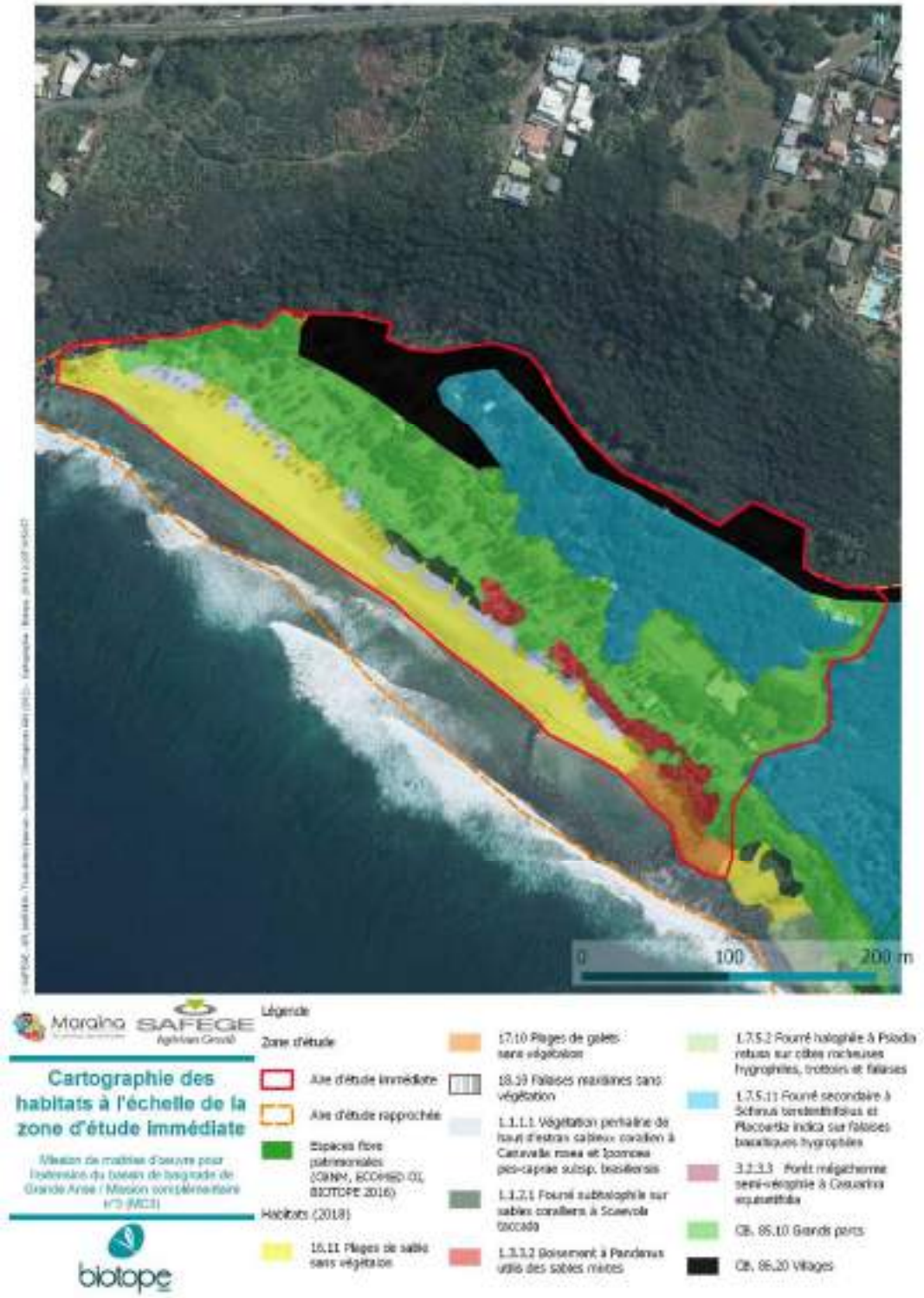


Figure 11 – Cartographie des habitats de la zone d'étude immédiate (Biotope, 2018)

3.2 La flore

3.2.1 Généralités

Cf. Annexe 2 Liste de la flore recensée au droit de la zone d'étude.

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.

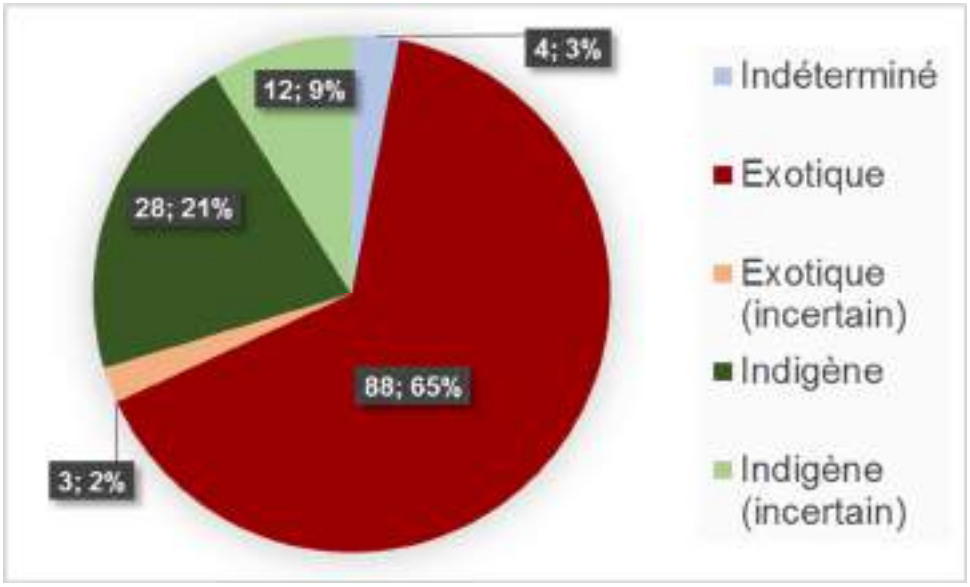


Figure 12 - Diagramme de représentativité des espèces végétales recensées dans la zone d'étude (Biotope, 2018) [xx ; xx % : nombre d'espèce et pourcentage]

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.

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 paysagesr 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 ammoxylum*), 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 protégée[2]

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] *[Arrêté ministériel du 27 octobre 2017 (JO du 03/12/2017) protégeant les espèces végétales à La Réunion]*

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
Delosperma napiforme (N.E. Br.) Schwantes Lavangère	Réunion	Taxon protégé	Taxon quasi menacé	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
Euphorbia goliana Lam.	Réunion	Taxon protégé	Taxon en danger critique	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
Euphorbia viridula Cordem. ex Radcl.-Sm.	Réunion	Taxon protégé	Taxon en danger	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
Gladiolus luteus Lam.	Madagascar et Mascareignes	Taxon protégé	Taxon en danger	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
Indigofera diversifolia DC.	Madagascar et Mascareignes	Taxon protégé	Taxon en danger critique	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort
Latania lontaroides (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
Obetia ficifolia (Poir.) Gaudich. Bois d'ortie	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon protégé	Taxon en danger	Déterminant	Spontané (aire d'étude rapprochée)	Fort

NOM BOTANIQUE / VERNACULAIRE	ENDÉMICITÉ	PROTECTION RÉGIONALE	LISTE ROUGE France IUCN 2010	DÉTERMINATION ZNIEFF	STATUT (AIRE D'ETUDE)	ENJEU
Adiantum rhizophorum Sw.	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	**Moyen**
Canavalia rosea (Sw.) DC. Patate cochon		Taxon non protégé	Taxon quasi menacé		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	**Moyen**
Lepturus repens (G. Forst.) R. Br.		Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	**Moyen**
Lobelia serpens Lam.	Madagascar et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	**Moyen**
Lycium mascarenense A.M. Venter et A.J. Scott Souveraine de mer		Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	**Moyen**
Lysimachia mauritiana Lam.		Taxon non protégé	Taxon quasi menacé	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	**Moyen**
Psiadia retusa (Lam.) DC. La salière	Réunion	Taxon non protégé	Taxon vulnérable	Complémentaire	Spontané (aire d'étude rapprochée)	**Moyen**
Ficus reflexa Thunb. Ti l'affouche	Madagascar, Seychelles et Mascareignes	Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	**Faible**
Fimbristylis cymosa R. Br.		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	**Faible**
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br. Patate à Durand		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	**Faible**
Nephrolepis biserrata (Sw.) Schott Fougère rivière		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	**Faible**
Portulaca oleracea L. Pourpier rouge		Taxon non protégé	Taxon de préoccupation mineure		Spontané (aire d'étude immédiate et rapprochée)	**Faible**
Scaevola taccada (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 (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 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 Filaos (*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		
Casuarina equisetifolia L.	Filao pays	Casuarinaceae
Furcraea foetida (L.) Haw.	Choca vert	Asparagaceae
Lantana camara L.	Galabert	Verbenaceae
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	Cassi	Fabaceae
Litsea glutinosa (Lour.) C. Rob.	Avocat marron	Lauraceae
Schinus terebinthifolia Raddi	Faux poivrier	Anacardiaceae
Solanum mauritianum Scop.	Bringellier marron	Solanaceae
Flacourtia indica (Burm. f.) Merr.	Prune malgache	Salicaceae
Stenotaphrum dimidiatum (L.) Brongn.	Herbe bourrique	Poaceae
Espèce invasive		
Albizia lebbeck (L.) Benth.	Bois noir	Fabaceae
Asystasia gangetica (L.) T. Anderson	Herbe le rail	Acanthaceae
Breynia retusa (Dennst.) Alston	Mourongue marron	Phyllanthaceae
Colocasia esculenta (L.) Schott	Songe	Araceae
Desmodium intortum (Mill.) Urb.		Fabaceae
Livistona chinensis (Jacq.) R. Br. ex Mart.	Palmier fontaine	Arecaceae
Merremia tuberosa (L.) Rendle	Rose de bois	Convolvulaceae
Murraya paniculata (L.) Jack	Rameau	Rutaceae
Rivina humilis L.	Groseille	Phytolaccaceae
Syzygium cumini (L.) Skeels	Jamblon	Myrtaceae
Tetragonia tetragonoides (Pall.) Kuntze	Épinard	Aizoaceae

NOM BOTANIQUE	NOM VERNACULAIRE PRINCIPAL (Réunion)	FAMILLE
Urochloa maxima (Jacq.) R.D. Webster	Fataque	Poaceae
Espèce émergente		
Ageratum conyzoides L.	Herbe à bouc	Asteraceae
Barleria prionitis L.	Madame Gustave	Acanthaceae
Bidens pilosa L.	Piquant	Asteraceae
Catharanthus roseus (L.) G. Don	Rose amère	Apocynaceae
Coccinia grandis (L.) Voigt		Cucurbitaceae
Desmodium incanum (G. Mey.) DC.	Colle-colle	Fabaceae
Drymaria cordata (L.) Willd. ex Schult.		Caryophyllaceae
Melinis repens (Willd.) Zizka	Herbe rose	Poaceae
Oxalis corniculata L.	Ti trèfle	Oxalidaceae
Passiflora foetida L.	Ti grenadelle	Passifloraceae
Phytolacca americana L.	Faux vin	Phytolaccaceae
Plantago lanceolata L.	Petit plantain	Plantaginaceae
Spathodea campanulata P. Beauv.	Tulipier du Gabon	Bignoniaceae
Stachytarpheta jamaicensis (L.) Vahl	Épi bleu	Verbenaceae
Stachytarpheta urticifolia Sims	Herbe à chenilles	Verbenaceae
Tridax procumbens L.	Casse-tout-seul	Asteraceae
Risque invasion fort		
Duranta erecta L.	Fleurs i sentent la vanille	Verbenaceae
Eucalyptus robusta Sm.	Eucalyptus rouge	Myrtaceae
Phlebodium aureum (L.) J Sm.	Patte de lièvre	Polypodiaceae
Tradescantia spathacea 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

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 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 demodecus*. 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 poivrer (*Schinus terebenthifolia*).

Les lépidoptéres 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 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.

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*
Henotesia narcissus borbonica	**Présence avérée** (vol) Habitat/altitude : habitats variés, <1500m Présence de plantes-hôtes (*Stenotaphrum dimidiatum* 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**
Salamis augustina	**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 (*Obetia ficifolia*) 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**
Antanartia borbonica	**Présence potentielle en vol sur la zone d'étude immédiate** Habitat/altitude : basse et moyenne altitude en forêt primaire Présence de plantes-hôtes (*Obetia ficifolia*) 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.

3.3.2 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 (*Phesuma 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 tâche 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 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

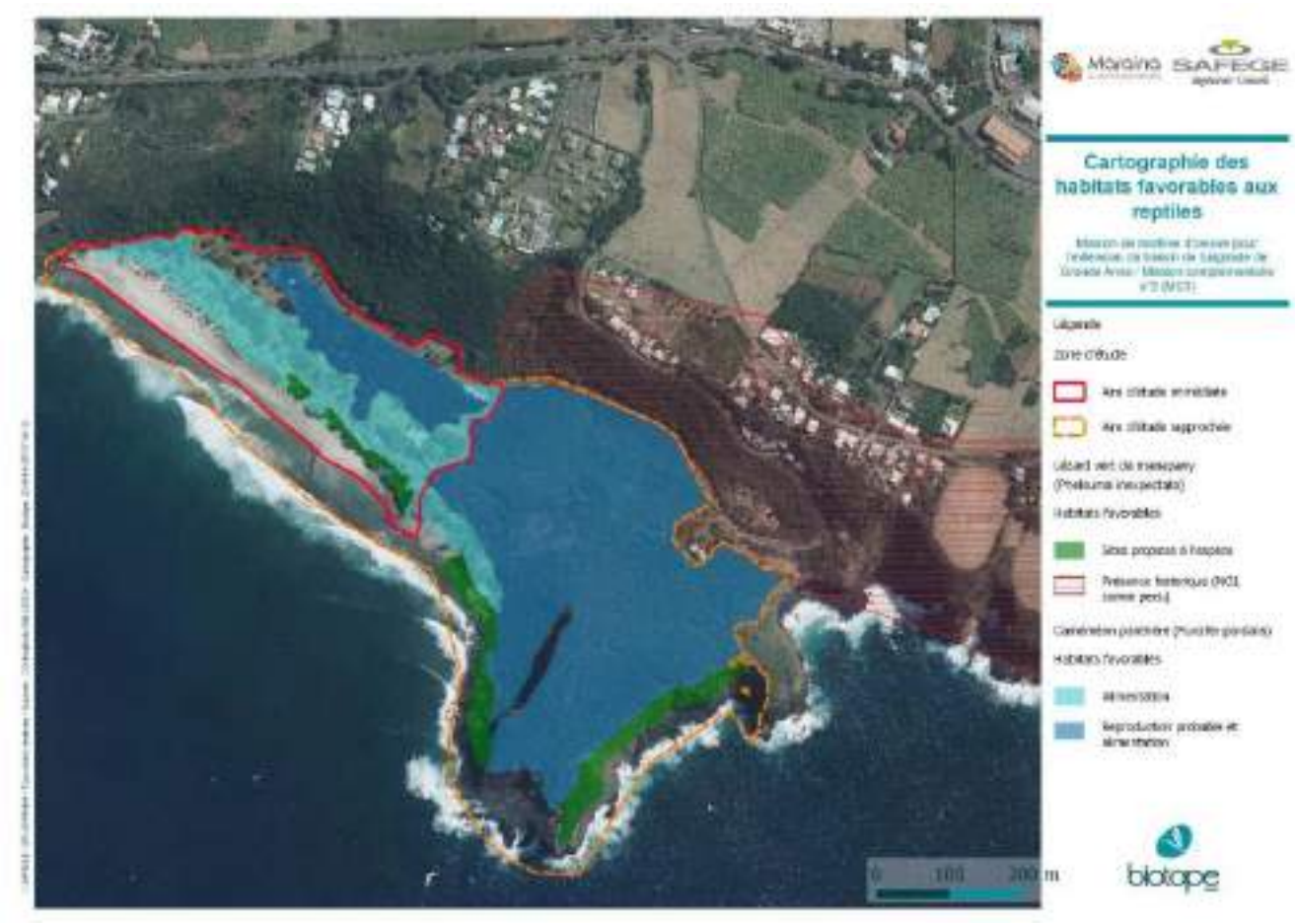


Figure 16 : Localisation des observations et des habitats favorables aux reptiles

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

Nom scientifique	*Présence dans la zone d'étude*	*Statuts de rareté*	*Enjeu*
Caméléon panthère *(Furcifer pardalis)*	**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 *(Phelsuma inexpectata)*	**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)

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		
Aerodramus francicus (Gmelin, 1789)	*Salangane des Mascareignes*	Nicheur à proximité/Alimentation
Anous stolidus (Linnaeus, 1758)	*Noddi brun*	Nicheur à proximité/Transit à proximité
Circus maillardi J. Verreaux, 1862	*Busard de Maillard*	Non nicheur/Alimentation
Nesoenas picturata (Temminck, 1813)	*Tourterelle malgache*	Reproduction possible/Alimentation
Phaethon lepturus Daudin, 1802	*Phaéton à bec jaune*	Nicheur à proximité/Transit
Phedina borbonica (J. F. Gmelin, 1789)	*Hirondelle des Mascareignes*	Non nicheur/Alimentation
Pterodroma baraui (Jouanin, 1964)	*Pétrel de Barau*	Non nicheur/Transit
Puffinus bailloni Bonaparte, 1857	*Puffin tropical*	Non nicheur/Transit
Puffinus pacificus (Gmelin, 1789)	*Puffin du Pacifique*	Nicheur à proximité/Transit à proximité
Zosterops borbonicus (Forster, 1781)	*Zostérops des Mascareignes*	Reproduction possible/Alimentation
Espèces exotiques observées sur l'aire d'étude : 8 espèces		
Acridotheres tristis (Linnaeus, 1758)	*Martin triste*	Reproduction possible/Alimentation
Columba livia Gmelin, 1789	*Pigeon biset*	Reproduction certaine/Alimentation
Estrilda astrild (Linnaeus, 1758)	*Astrild ondulé*	Reproduction possible/Alimentation
Foudia madagascariensis (Linnaeus, 1766)	*Foudi rouge*	Reproduction possible/Alimentation
Geopelia striata (Linnaeus, 1766)	*Géopélie zébrée*	Reproduction possible/Alimentation
Passer domesticus (Linnaeus, 1758)	*Moineau domestique*	Reproduction certaine/Alimentation
Ploceus cucullatus (Mûller, 1776)	*Tisserin gendarme*	Reproduction certaine/Alimentation
Pycnonotus jocosus (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

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) ;

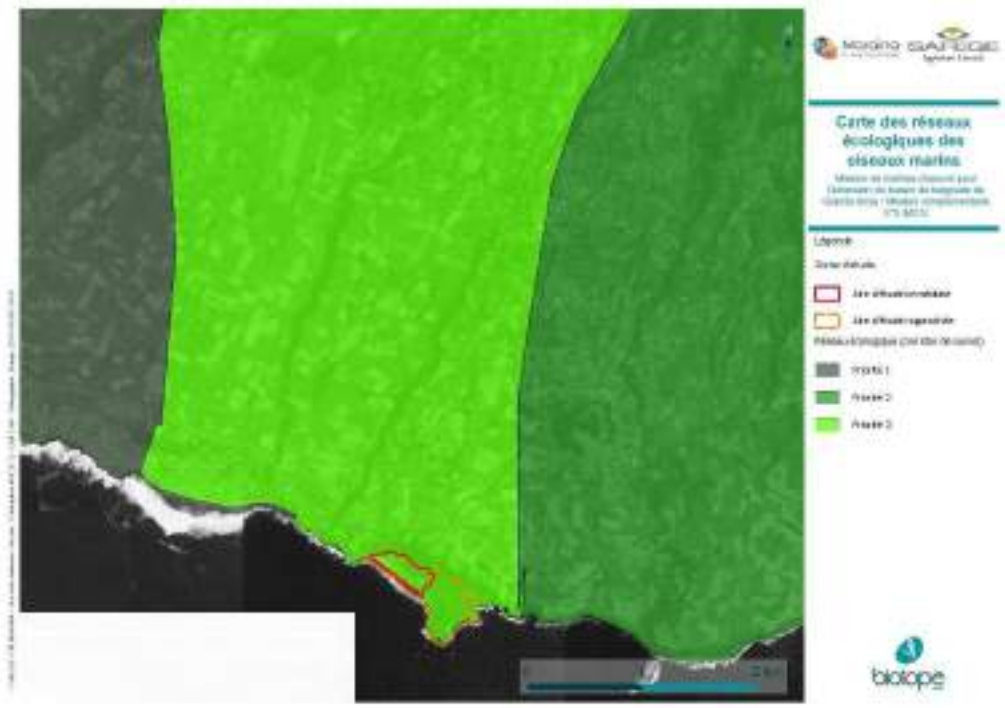


Figure 17 - Cartographie des réseaux écologiques des oiseaux marins (DEAl, 2014) (Biotope, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

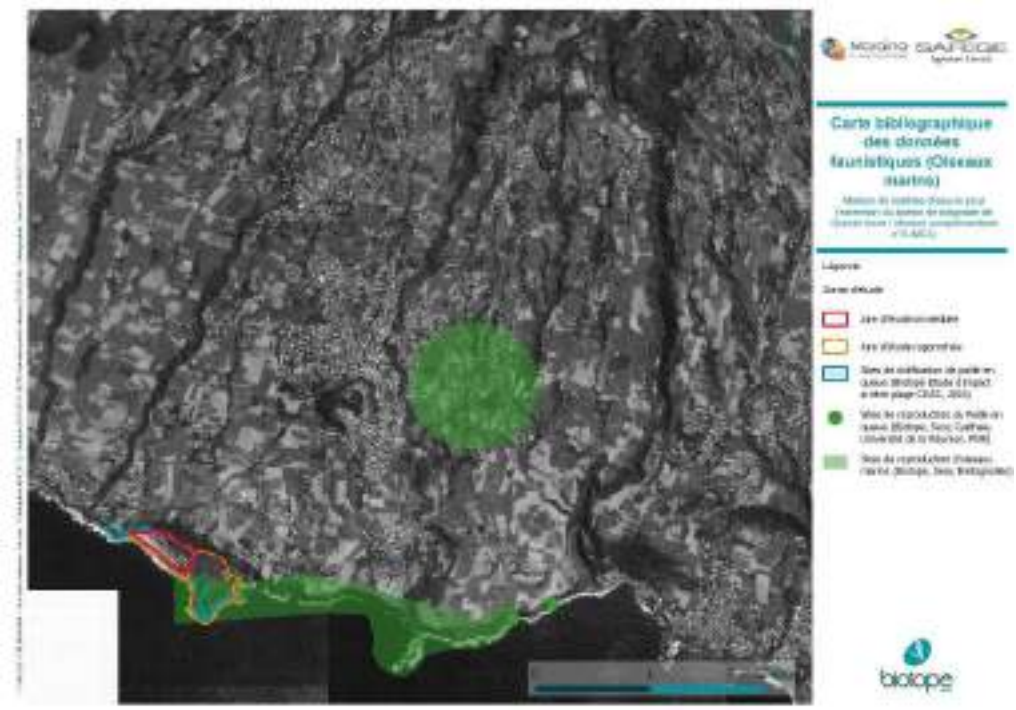


Figure 18 - Cartographie des données d'oiseaux marins selon la bibliographie (Biotope, 2018)

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).

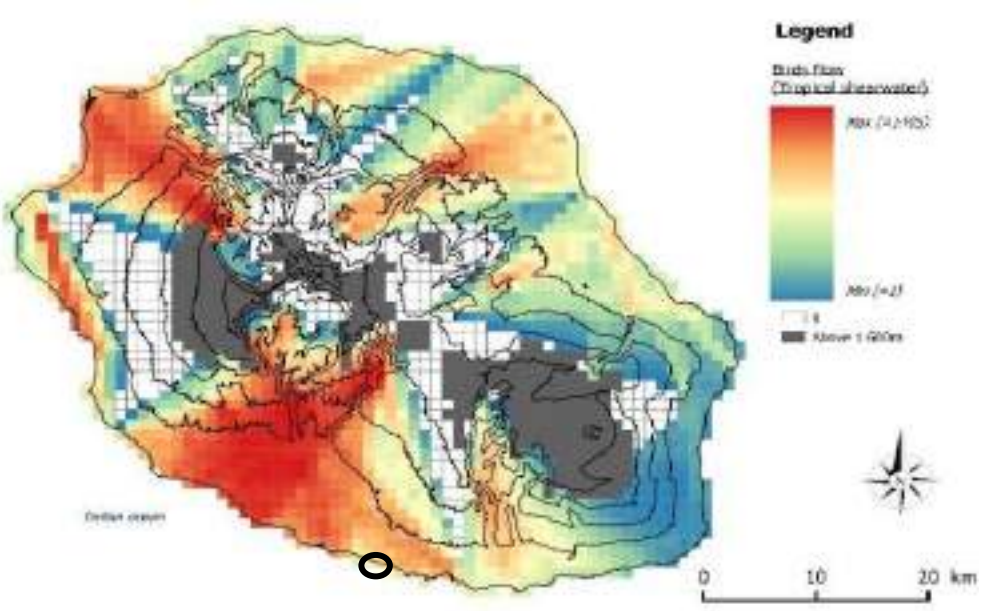


Figure 19 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Puffin tropical (Gineste 2016) et zone d'étude (en noir).

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,

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

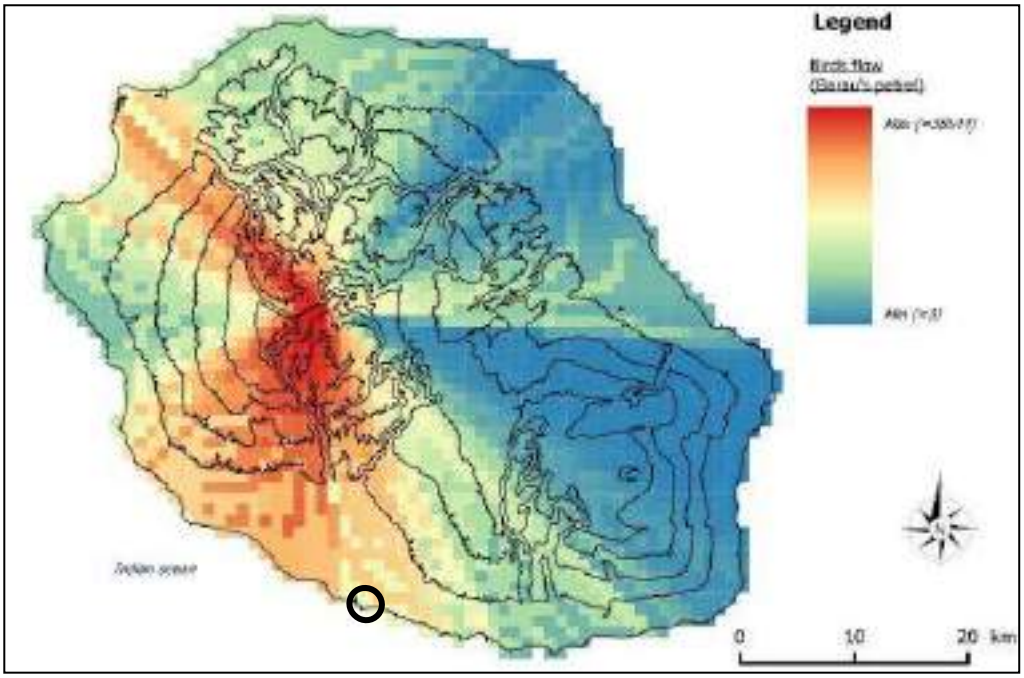


Figure 20 - Distribution spatiale des flux de vols sortants du Pétrel de Barau (Gineste 2016, thèse Biotope-Entropie) et zone d'étude réduite (en noir).

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.

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).

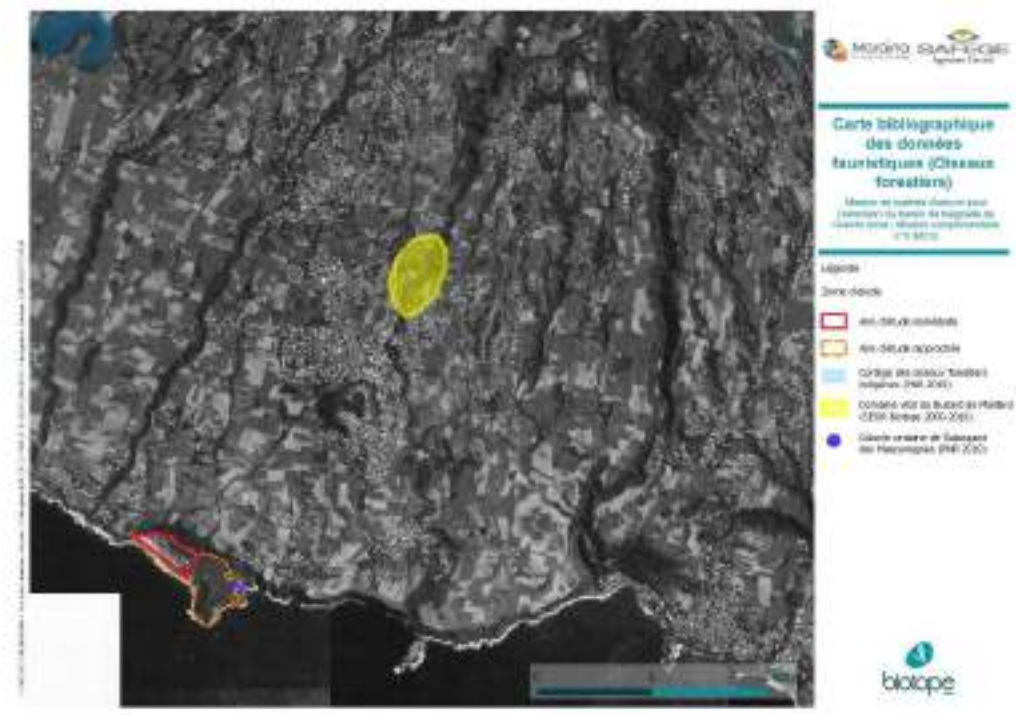


Figure 21 - Cartographie des données concernant l'avifaune selon la bibliographie (PNR, SEOR, OMAIR, BIOTOPE)

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 (Hypsipe*tes 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≤75% = très commun
- 25%<F≤50% = commun
- F≤25% = rare

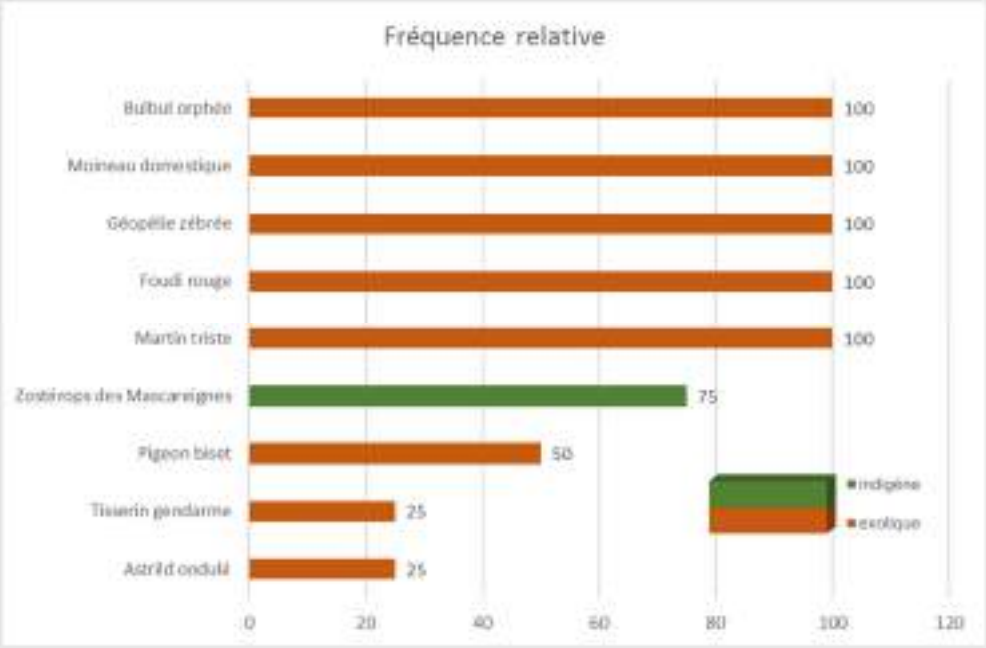


Figure 22 - Fréquence relative des espèces sur l'aire d'étude (Biotope, 2018)

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 représentés 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 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.

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 *Anous stolidus (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 *Phaethon lepturus 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 *Puffinus pacificus (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 *Circus maillardi 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**

3 Etat initial de l'environnement

Nom scientifique	*Présence dans l'aire d'étude*	*Statuts de rareté Enjeu de conservation*
Salangane des Mascareignes *Aerodramus francicus (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 *Zosterops borbonicus (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 *Nesoenas picturata (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 *Phedina borbonica (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 *Pterodroma baraui (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 *Puffinus bailloni 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 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 gites 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 francoismoutoui*) et le Taphien à ventre blanc (*Taphozous mauritianus*).

3 Etat initial de l'environnement

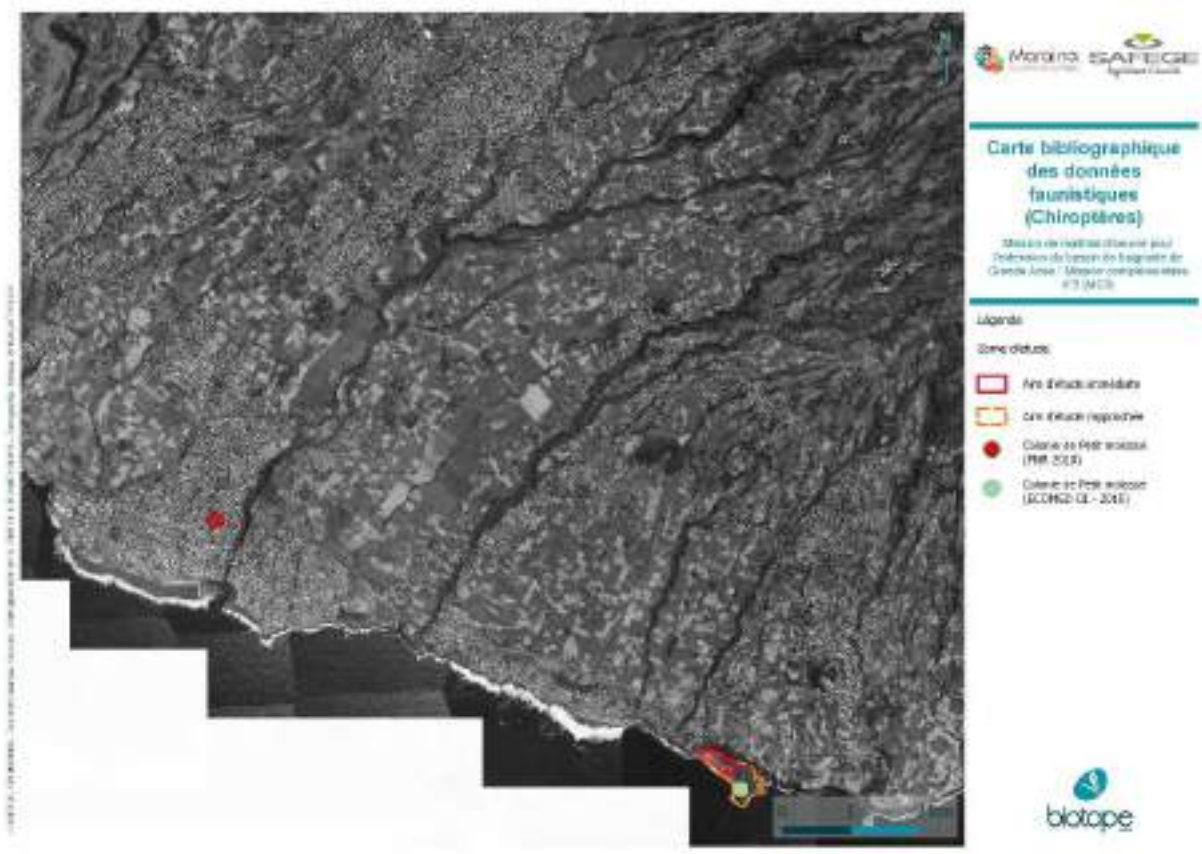


Figure 25 : Données bibliographiques concernant les chiroptères (Source : PNR, 2010 et Ecomed, 2016)

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 françoismoutoui*) (© Biotope 2018)

Un gîte est connu au niveau du Piton Grande Anse au niveau du flanc droit (Ecomed, 2015).

Taphien de Maurice (*Taphozous mauritianus*)

Le Taphien de Maurice (*Taphozous mauritianus*), 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 *(Mormopterus francoismoutoui)*	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 (*Taphozous mauritianus*)	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



Figure 27 - Cartographie des habitats favorables aux chiroptères (Biotope, 2018)

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 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 apparait 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 campgne 2 (12/2018). Ce taux reste donc bas et ne révèle pas d'anomalies particulières.

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 facies 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 inexistants 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 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 facies de méga-blocs basaltiques et beach rock (grés de plage) colonisés par la faune corallienne mais également des facies 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 réalisées[3] et de la bibliographie disponible.

[3] *Le front récifal n'a pas pu être exploré du fait des conditions hydrodynamiques dangereuses*

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

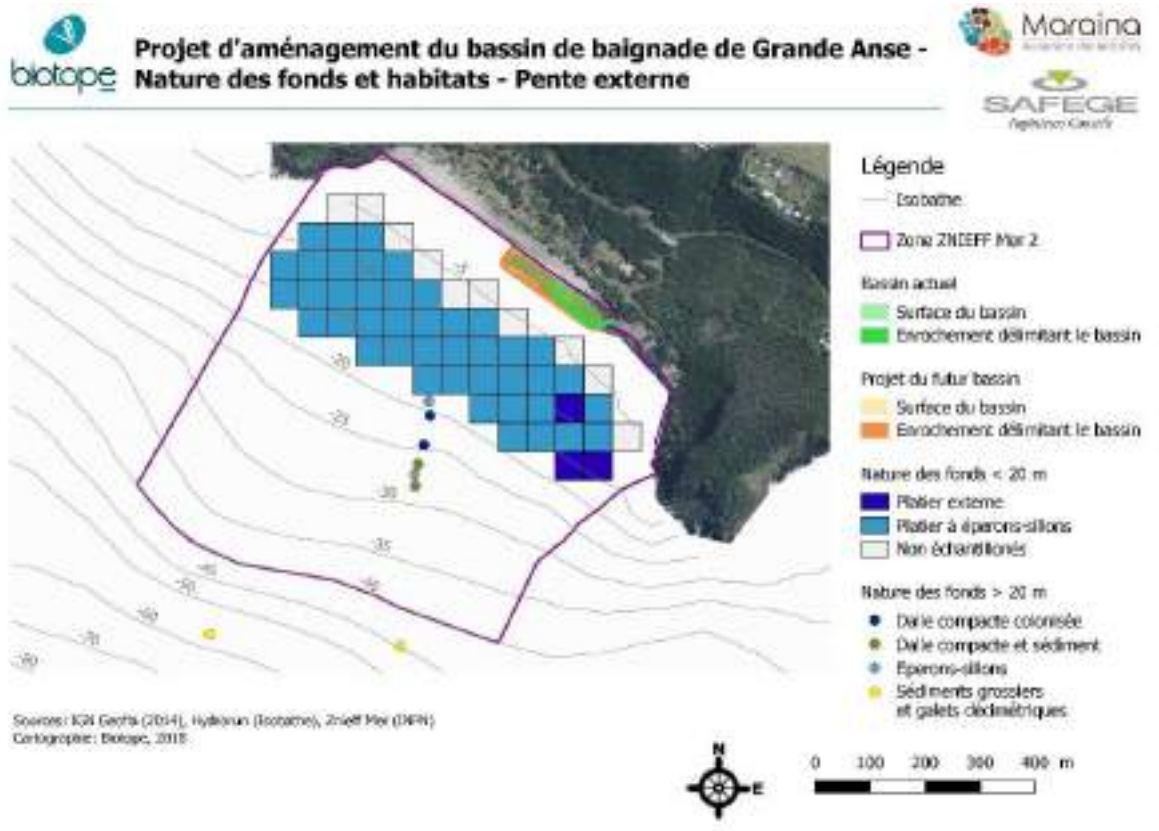


Figure 30 : Résultats des reconnaissances vidéo sur la pente externe entre 4 et 14 mètres et au-delà de 15 mètres.

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 coralienne 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

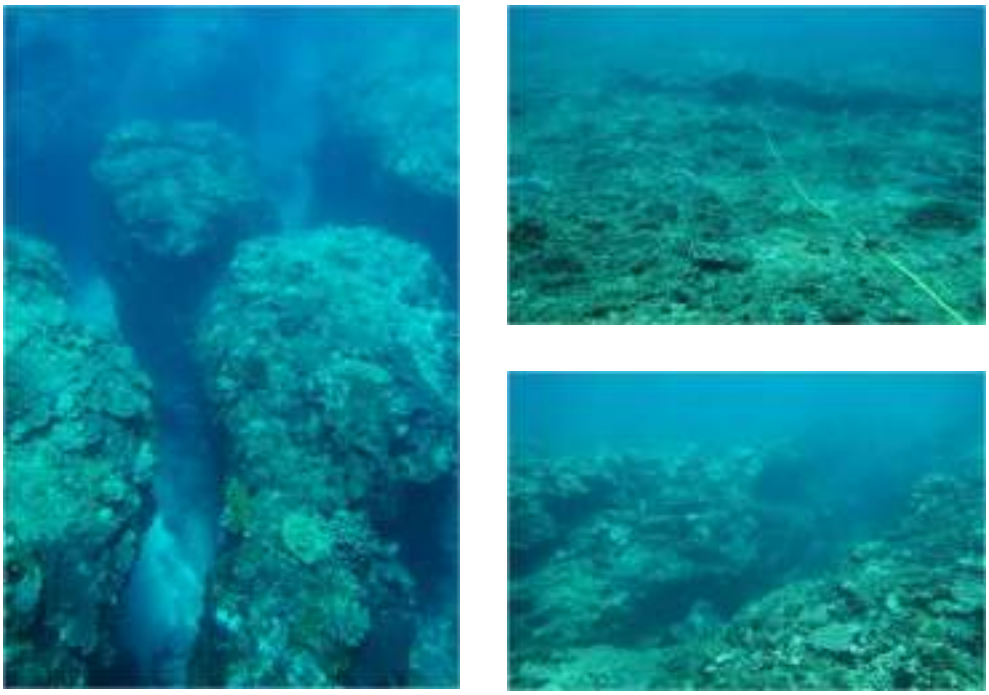


Figure 31 : Éperons-sillons très marqués dans la zone des 8-9 mètres de profondeur (© Biotope, 2018).

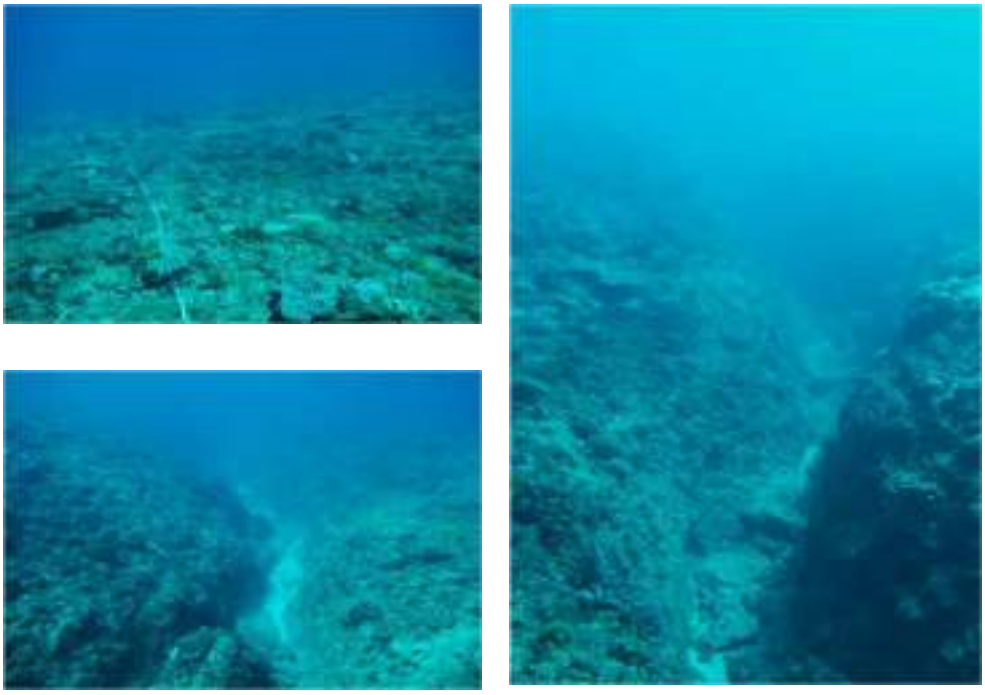


Figure 32 : Éperons-sillons moins marqués dans la zone des 12-13 mètres (© Biotope, 2018)

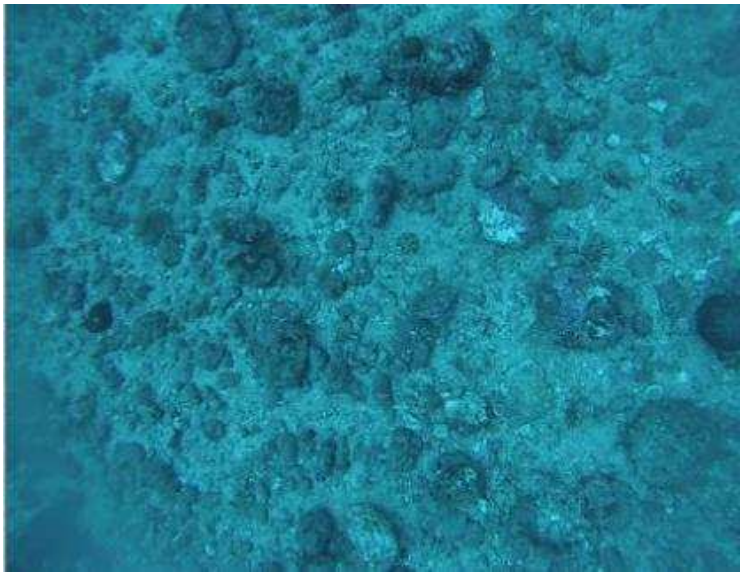


Figure 33 : Fonds à sédiments grossiers associés à des galets décimétriques (© Biotope, 2018)

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 coralienne semble assez faible excepté exceptée pour certaines zones où les colonies coraliennes 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

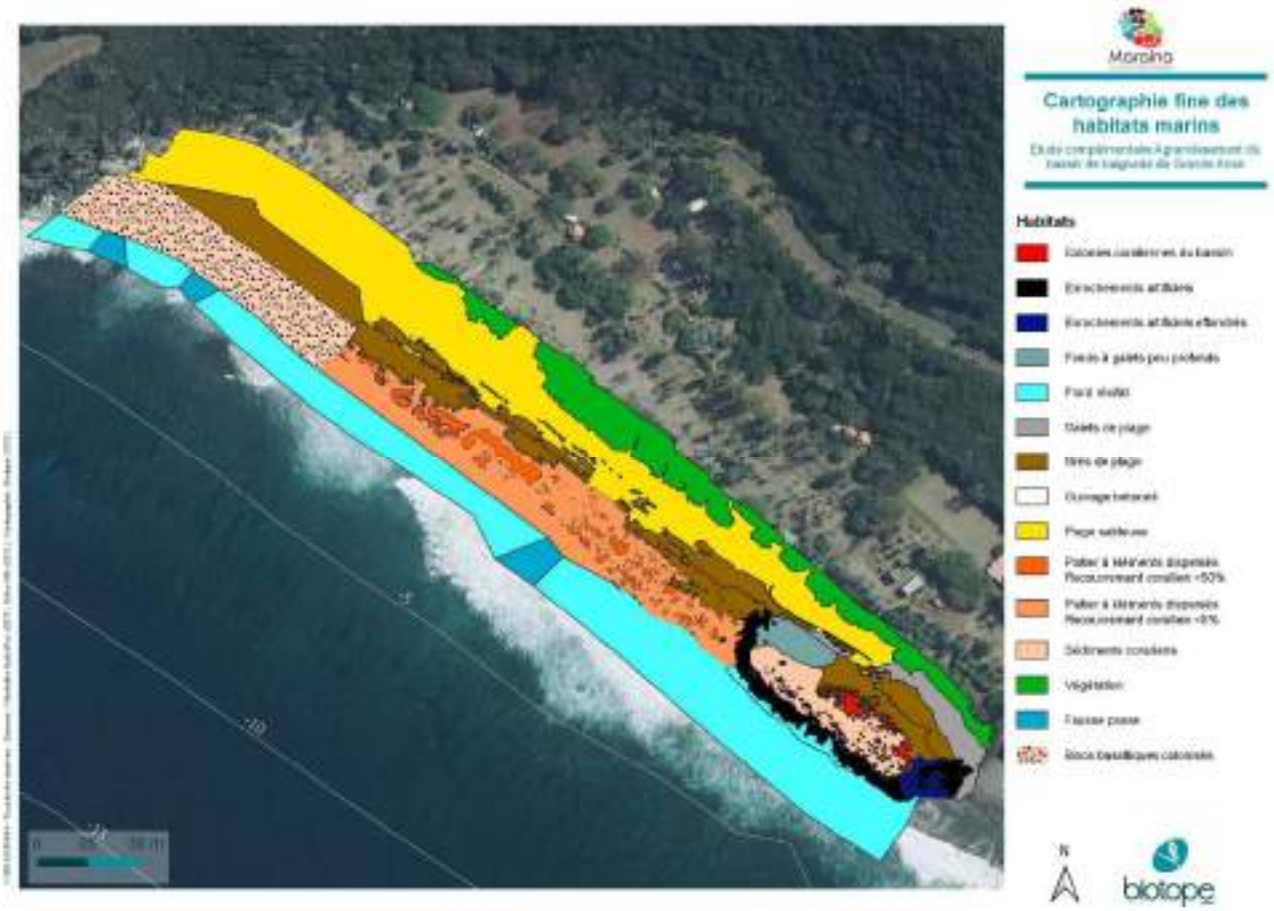


Figure 34 : Habitats et géomorphologie du platier interne de Grande Anse. Cartographie combinant les analyses de terrain,données bibliographiques et imageries aérienne par drone (d'après Carex et Arvam, 2005 ;Pareto, BCEOM, 2004 et Biotope/Ocean Obs, 2021).

3 Etat initial de l'environnement

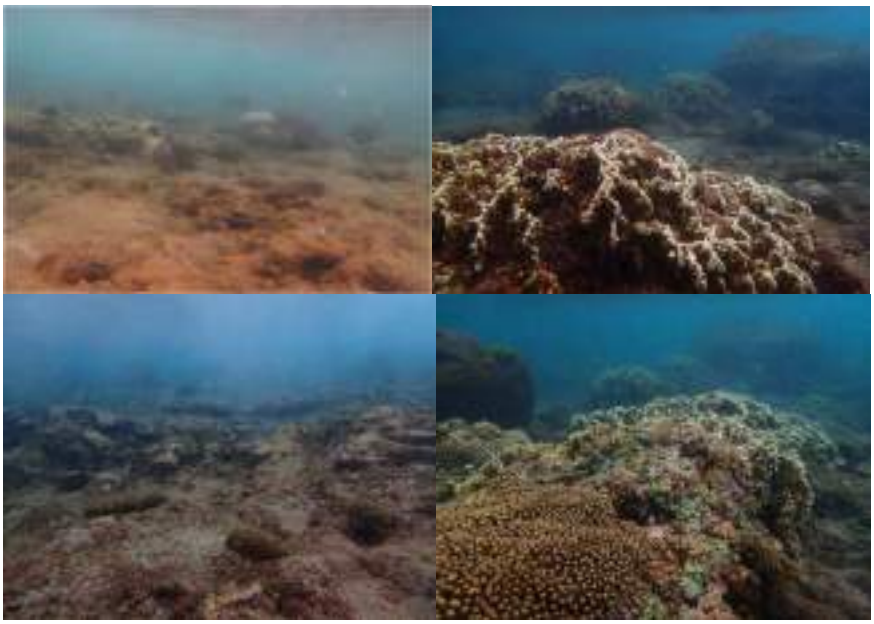


Figure 35 : A gauche, couverture coralienne faible voire nulle à proximité du bassin de baignade, à droite couverture plus importante dans la zone sud-ouest du bassin (© Biotope, 2018).

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 grés 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 grés (Carex et Arvam, 2005).

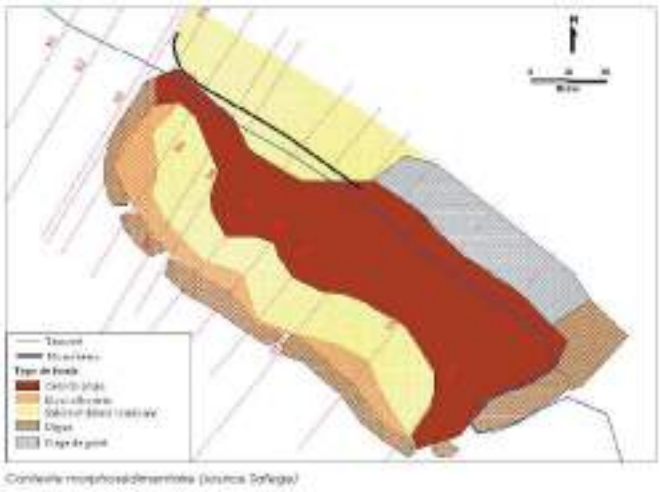


Figure 36 : Contexte morpho-sédimentaire du bassin de baignade (d'après SPL MARAINA, 2016).

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).

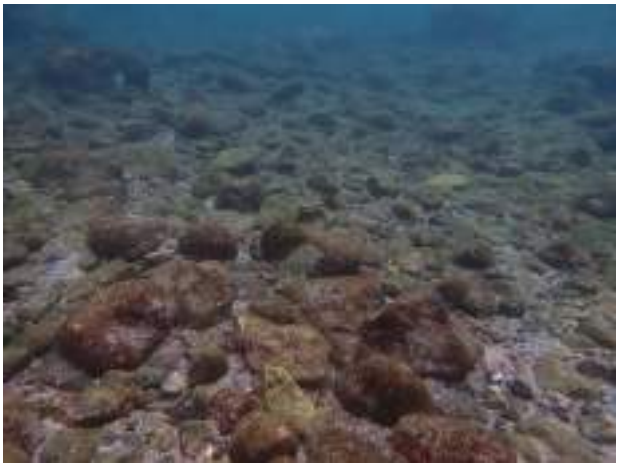


Figure 38 : Fonds à galets à l'entrée du nord du bassin. © Biotope, 2021.

- 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 coraliennes.



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.

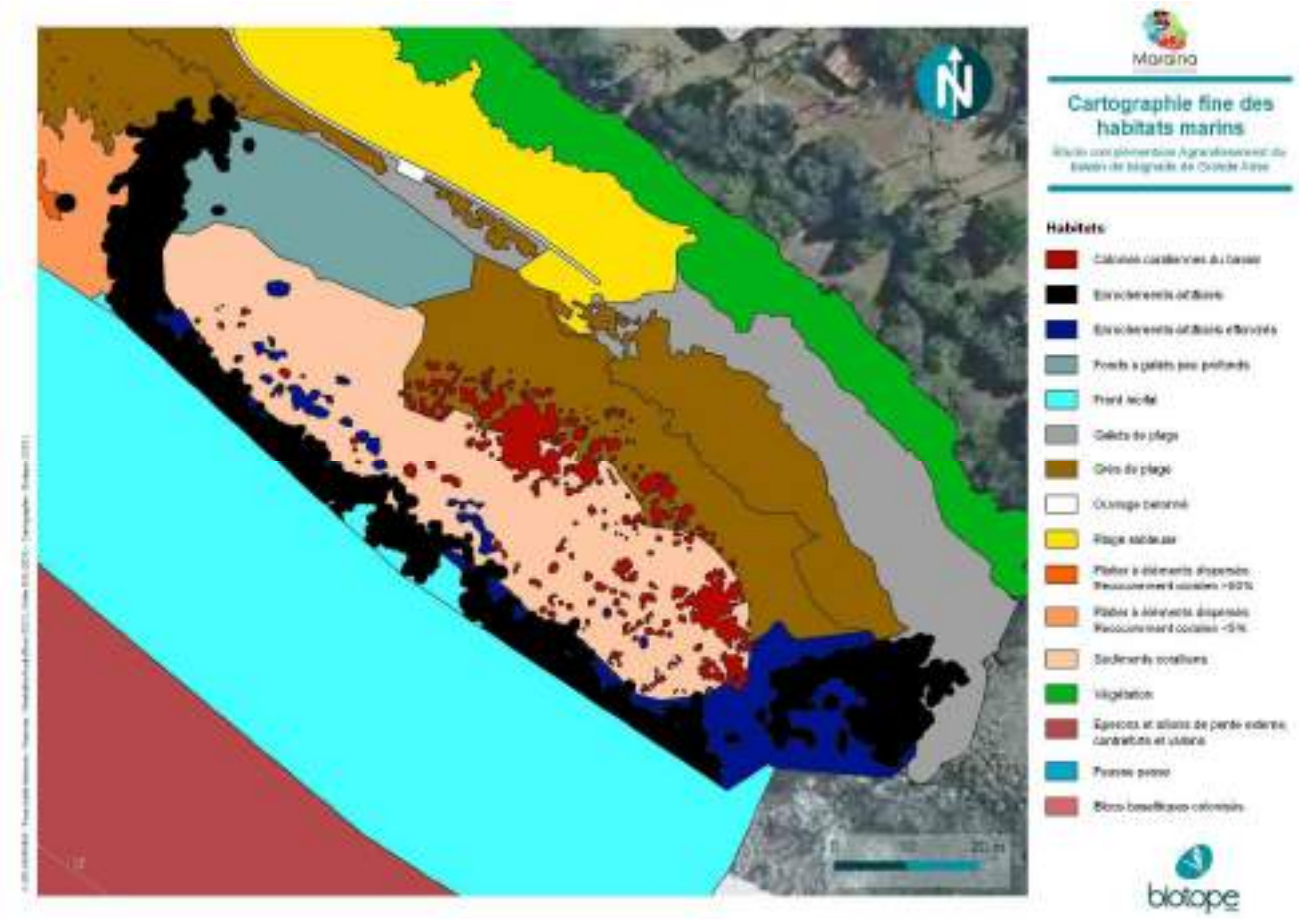


Figure 42 : Cartographie fine des habitats du bassin de baignade de Grande Anse (actualisation 2021)

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 coraliennes 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 coralienne pour les éperons-sillons). A titre de comparaisons, la majorité des formations coralliennes de La Réunion présente une couverture coralienne 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 coraliennes petites et dispersées - A droite, exemple d'une petite colonie coralienne du genre *Galaxea sp (© Biotope, 2018)*

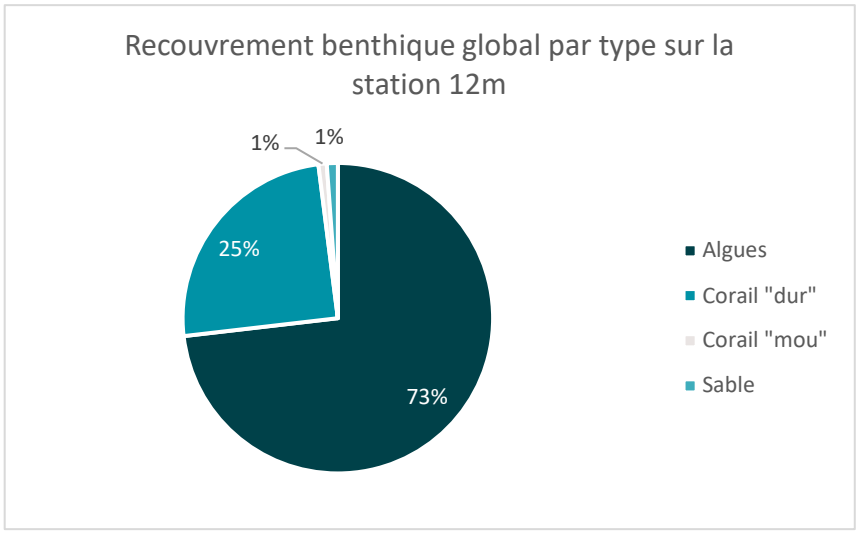


Figure 44 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 12m de profondeur.

3 Etat initial de l'environnement



Figure 45 : Présence importante des algues calcaires *Halimeda sp* (cercles rouges).

Les **communautés coraliennes** 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.

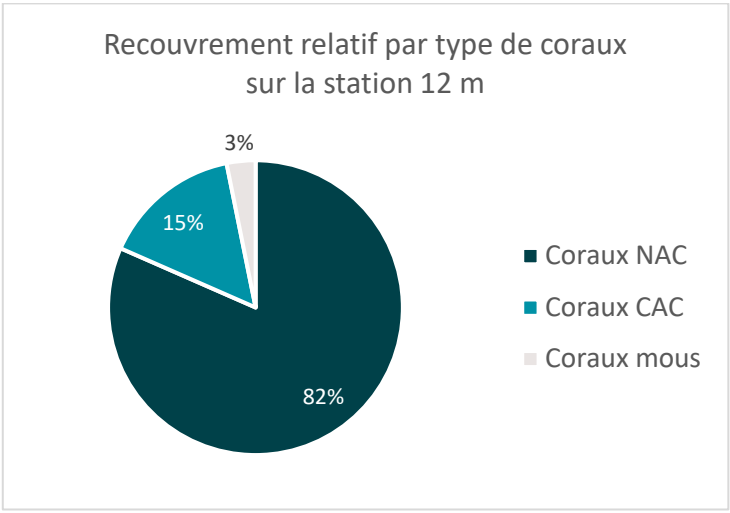


Figure 46 : Recouvrement relatif des grands types de coraux au niveau de la pente externe, à 12 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores]

3 Etat initial de l'environnement

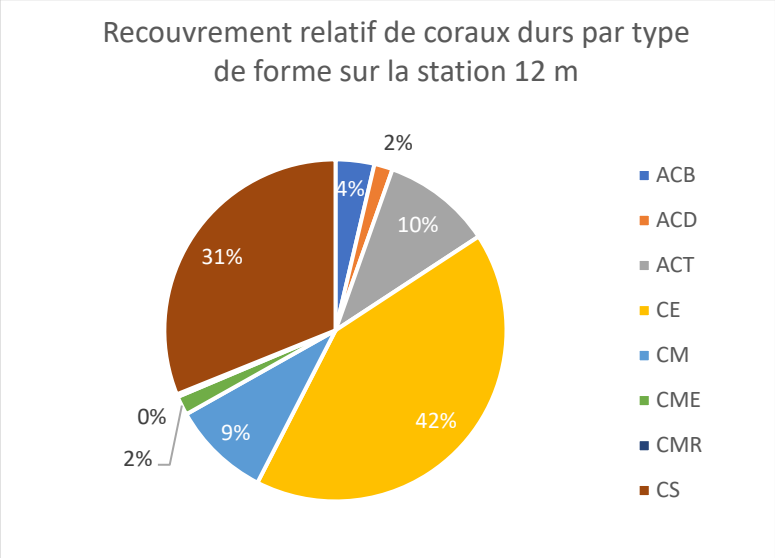


Figure 47 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe (profondeur de 12 m).ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroutant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CMR : Corail champignon ; CS : Corail Submassif.

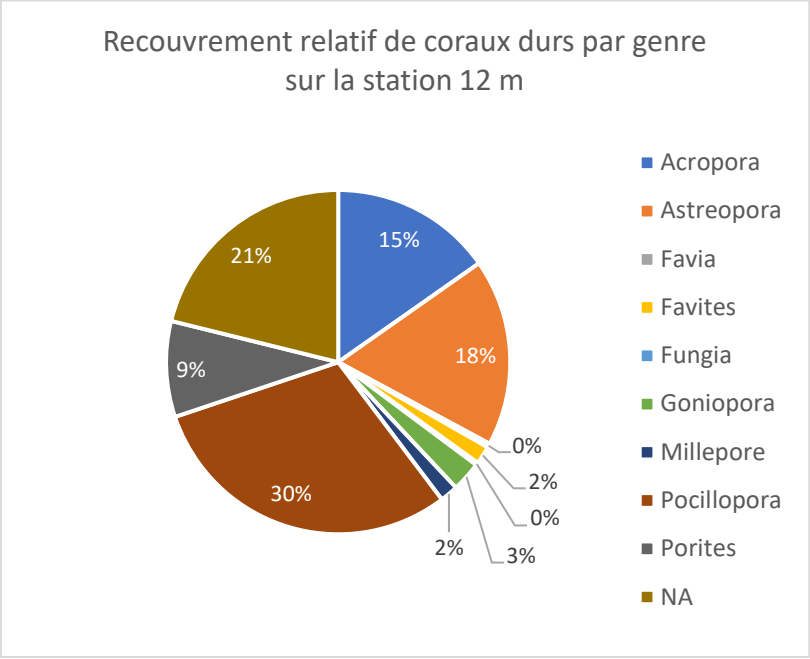


Figure 48 : Répartition des genres pour les coraux durs présents au niveau de la pente externe à 8 mètres de profondeur.

- [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 coraliennes plus denses et moins dispersées (Figure 49). 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 coralienne pour les éperons-sillons). Pour rappel, la majorité des formations coralliennes de la Réunion présentent une couverture coralienne 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 coraliennes plus grandes et moins dispersées - A droite, exemple de colonies coraliennes très proches les unes des autres, avec dominance du genre *Acropora sp (© Biotope, 2018)*

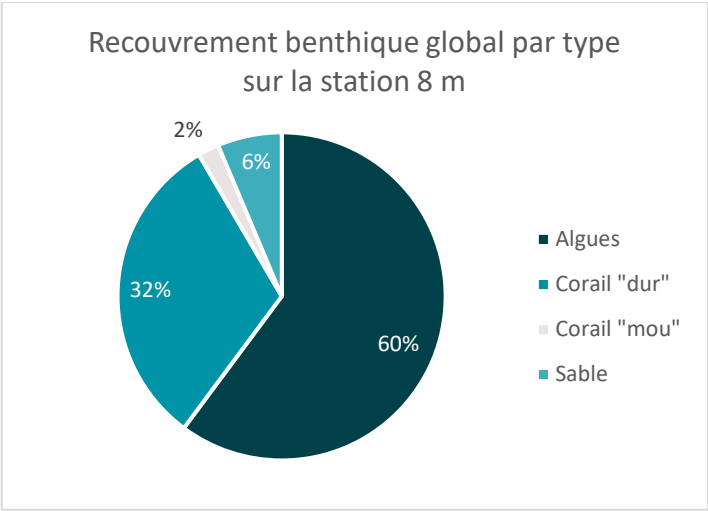


Figure 50 : Recouvrement benthique global au niveau de la pente externe à 8m de profondeur.

Les **communautés coraliennes** 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

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.

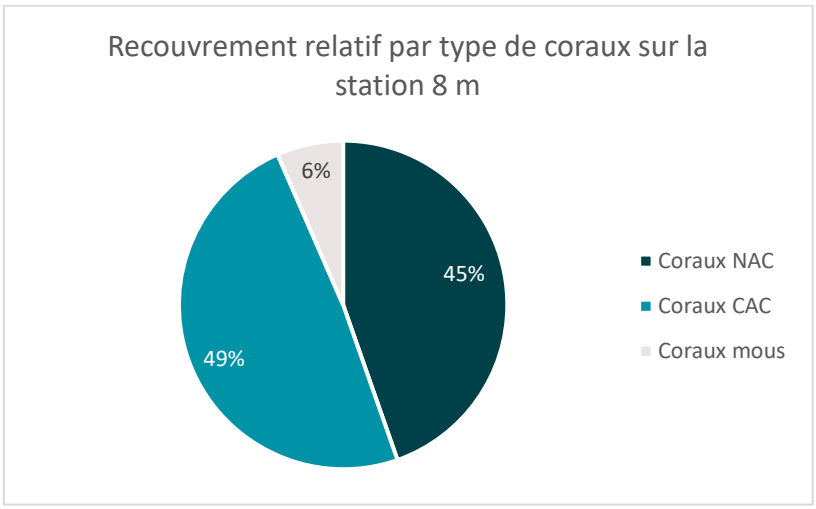


Figure 51 : Recouvrement relatif par type de coraux au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [NAC : Non Acropores ; CA : Coraux Acropores].

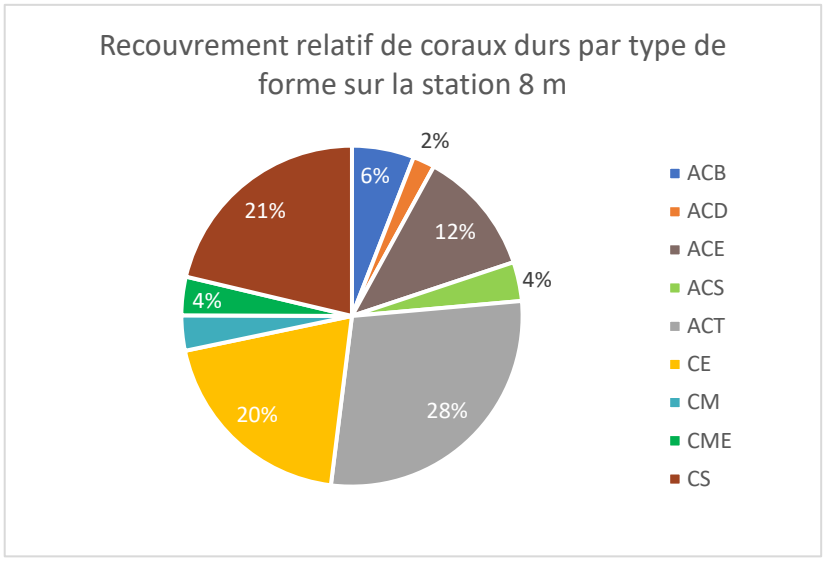


Figure 52 : Recouvrement relatif par type de forme pour les coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur [ACB : Acropore Branchu ; ACD : Acropore digité ; ACE : Acropore encroutant ;ACS : Acropore submassif ; ACT : Acropore tabulaire ; CE : Corail encroutant ; CM : Corail massif ; CME : Millepore ; CS : Corail Submassif].

3 Etat initial de l'environnement

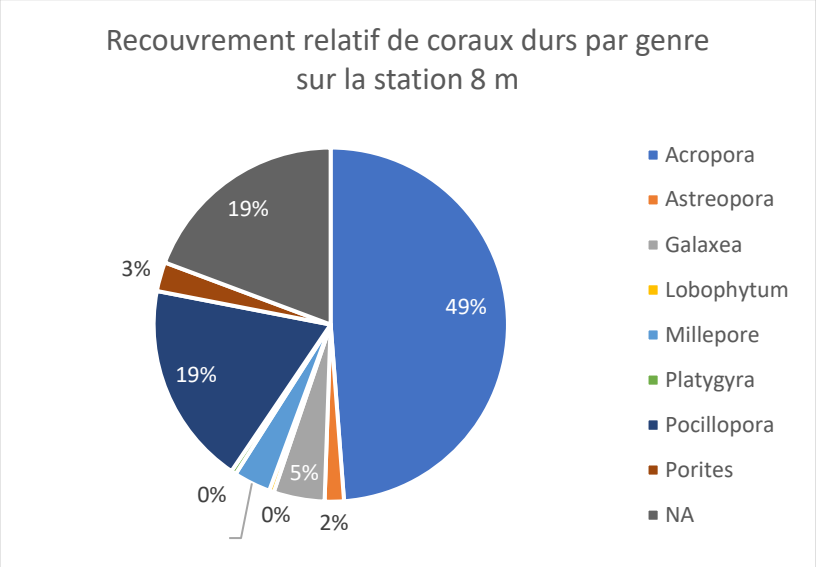


Figure 53 : Répartition des genres des coraux durs au niveau de la pente externe à 8 m de profondeur.

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 prospectée 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 apparait que la zone a proximité directe du bassin ne ne semble plus présenter une couverture coralienne aussi importante qu'en 2004. Les enrochements ne sont pas colonisés et les colonies coraliennes sur le platier sont très rares. En s'éloignant quelques peu du bassin, les colonies coralliennes redeviennent denses avec une couverture coralienne estimées à 30% (estimation visuelle). La zone à enjeux semble donc s'être réduit 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

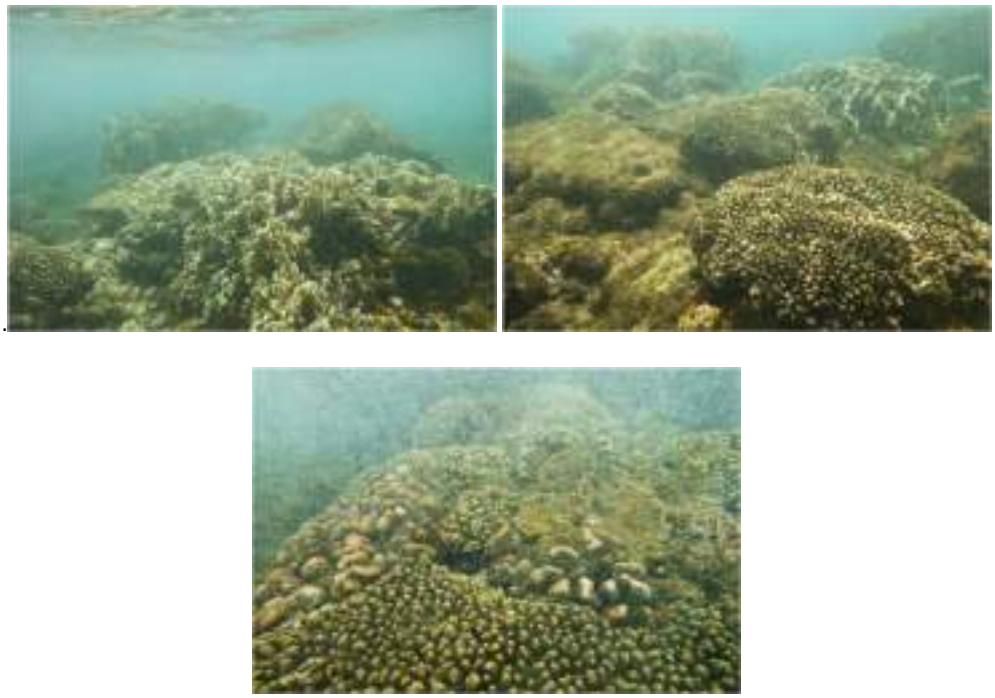


Figure 54 : Colonies coraliennes rencontrées au niveau du platier interne (prospection aléatoire). Colonies de Millépores (en haut à gauche), Acropores (en haut à droite) et formes massives et submassives (en bas).

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 évènements naturels ont pu influencer l'état du milieu (évènements climatiques intenses, fréquentation humaine, pollution…).

Ainsi, depuis 2004, il apparait 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 coraliennes se développent tout le long, et notamment sur des enrochements effondrés dû aux nombreuses houles (Figure 56).



Figure 56 : Colonies coraliennes 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 facies présente un recouvrement important au niveau des enrochements effondrés et blocs basaltiques diminuant au centre du bassin (Figure 57). La couverture coralienne 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).

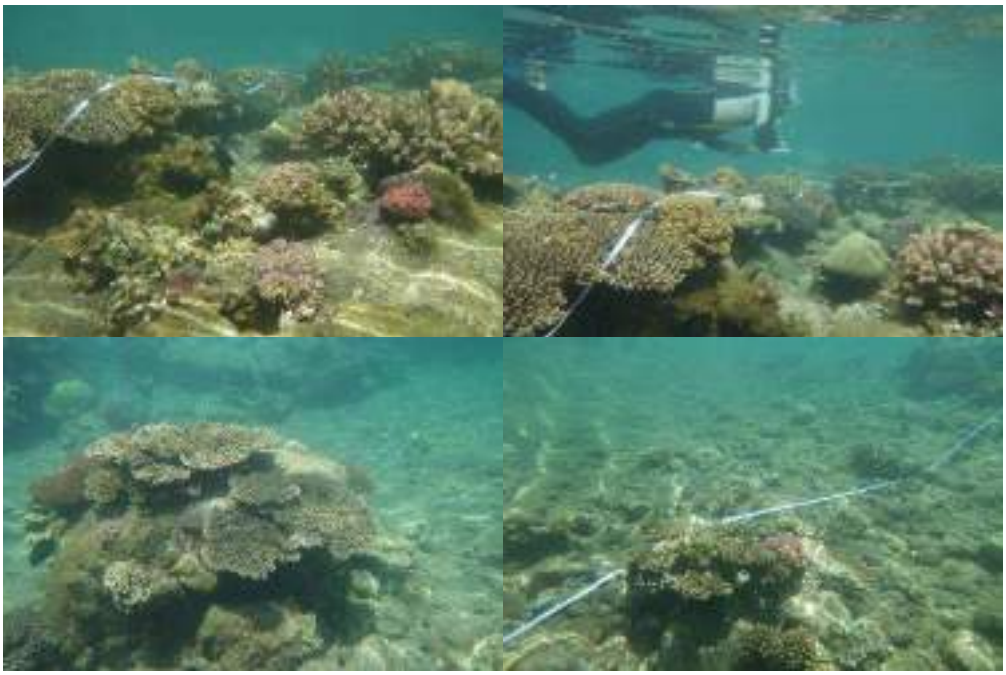


Figure 57 : Colonies coralliennes observées sur le secteur sud-est du bassin de baignade. En haut, couverture corallienne importante en début de transect (à proximité des enrochements), en bas couverture corallienne plus faible (à proximité du centre du bassin) (© Biotope, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

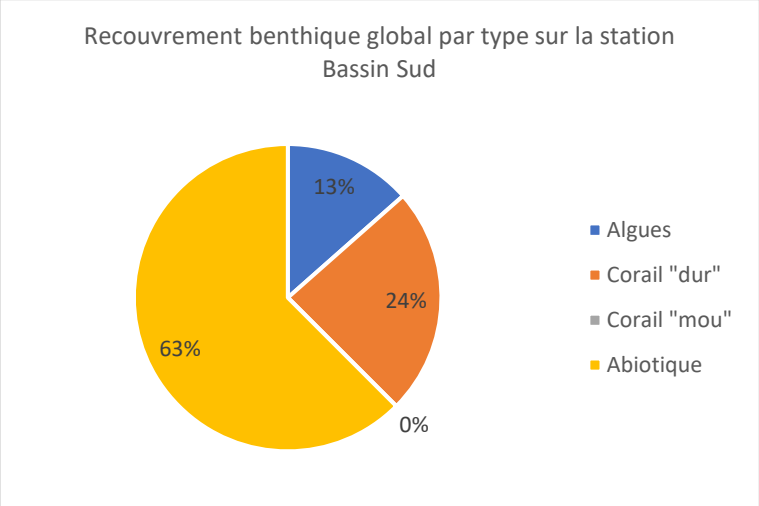


Figure 58 : Recouvrement benthique sur la station située au sud-est du bassin de baignade.



Figure 59 : Le bassin de baignade accueille localement le développement important des oursins (*Diadema savigny*) (© Biotope, 2018)

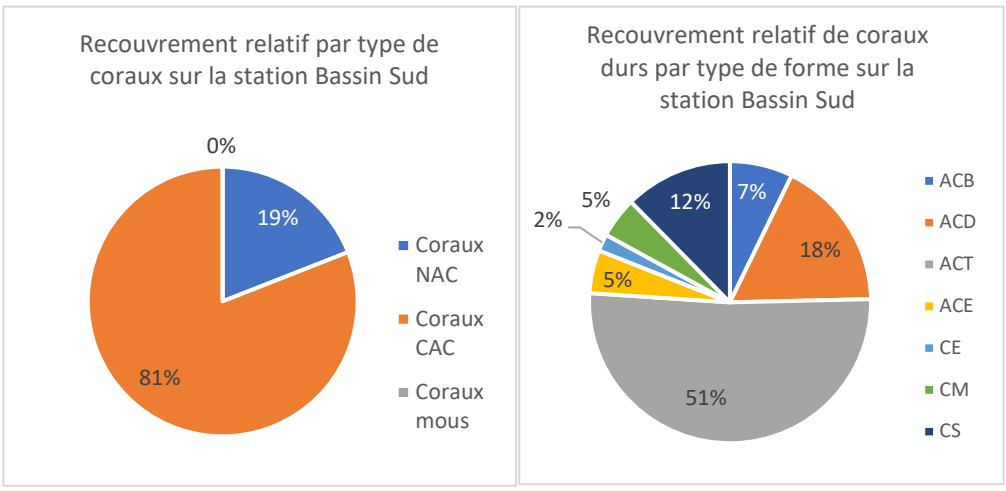


Figure 60 : Recouvrement par type de coraux (à gauche) et par type de forme (à droite) sur la station sud-est du bassin de baignade. NAC : Non Acropore ; CAC : Coraux Acropores.

3 Etat initial de l'environnement

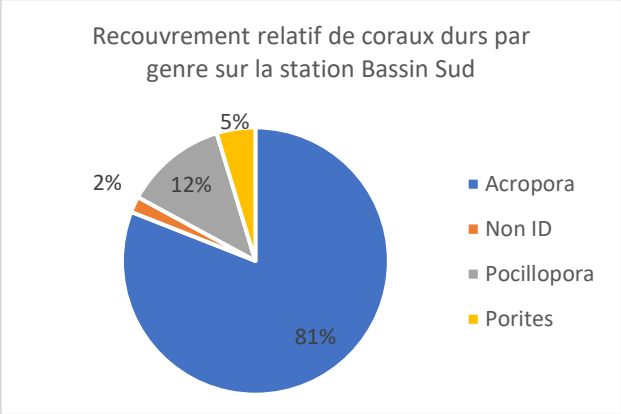


Figure 61 : Diversité des genres coralliens au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.

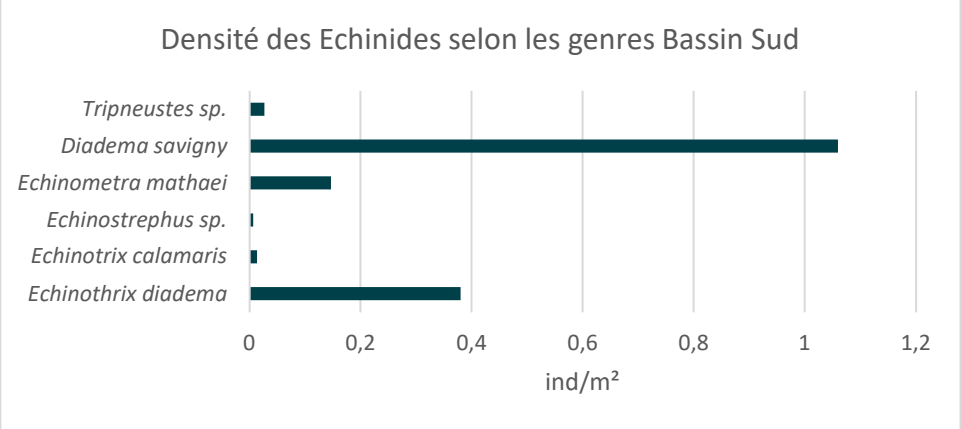


Figure 62 : Densité des échinidés au niveau de la station sud-est du bassin de baignade.

- Zone corallienne centrale : ce facies (Figure 63) présente une couverture coralienne 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

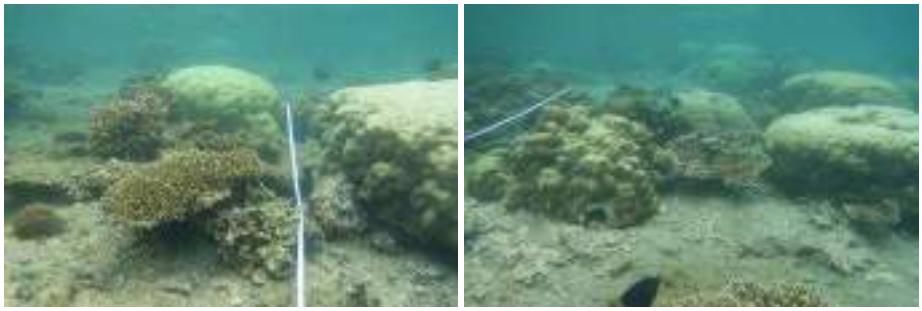


Figure 63 : Formations coralliennes observées au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade (© Biotope, 2018).



Figure 64 : Zone où se concentrent les oursins diadèmes. © Ocean Obs, 2021.

3 Etat initial de l'environnement

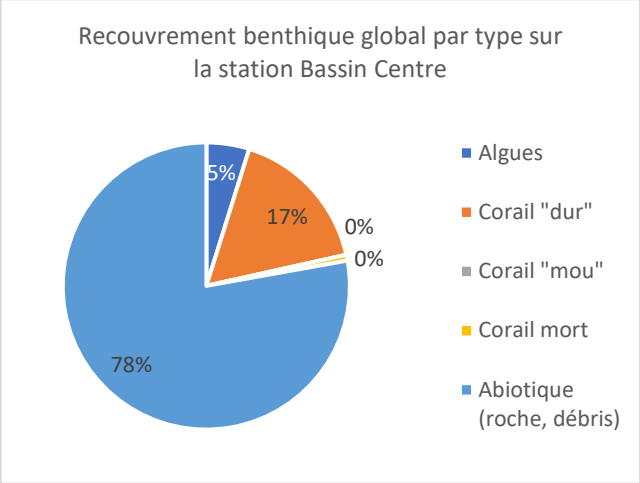


Figure 65 : Recouvrement benthique au niveau de la station centre-ouest du bassin de baignade.

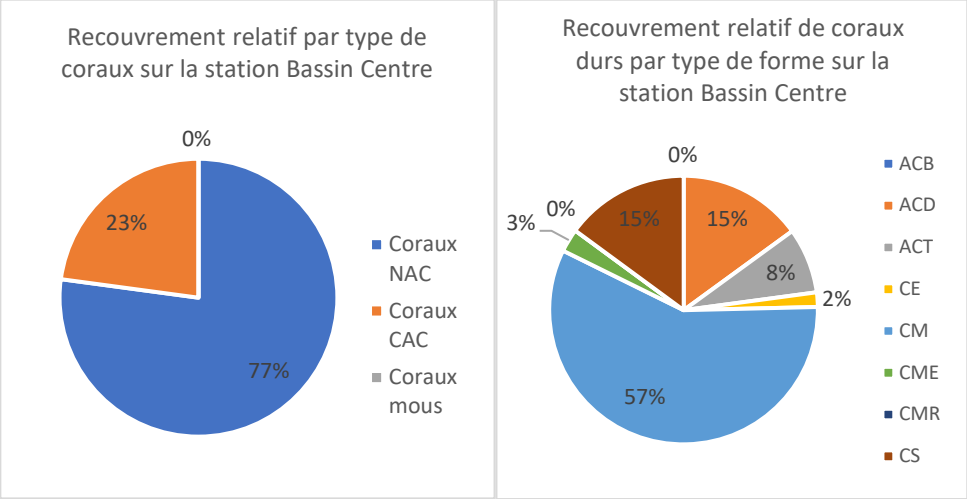


Figure 66 : Type de coraux (à gauche) et type de formes (à droite) des colonies coralliennes sur la station centre-ouest du bassin de baignade.

3 Etat initial de l'environnement

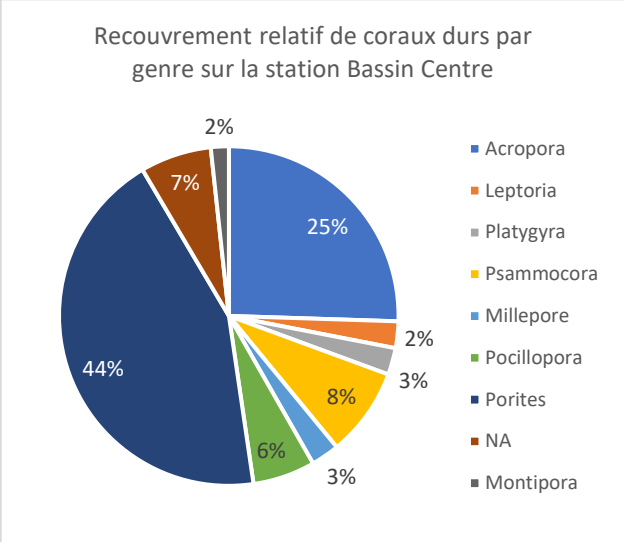


Figure 67 : Répartition des genres de coraux observés au niveau de la station centre-ouest.

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).

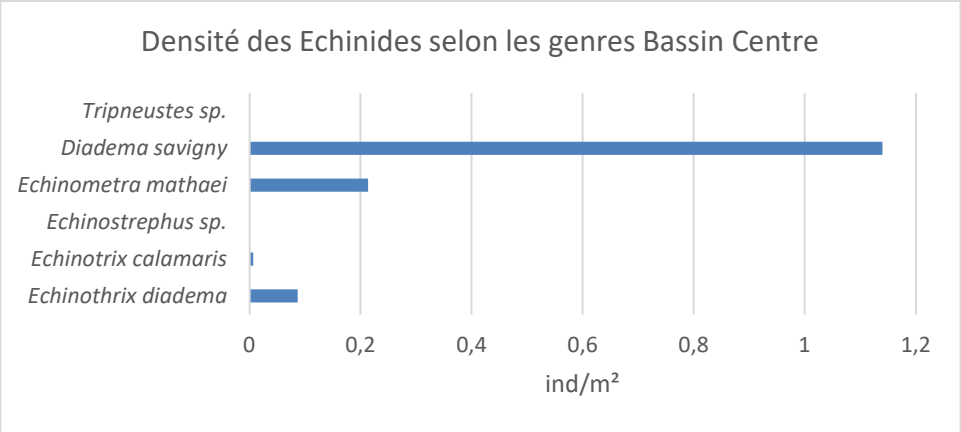


Figure 68 : Densité des différents Échinides observés au niveau de la station centre-ouest du bassin.

Le bassin accueille donc des formations coralliennes, qui présentent cependant 2 facies différents. Cela s'explique notamment par les conditions environnementales qui semblent suffisamment différentes sur ces 2 zones pour entrainer 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) …

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.

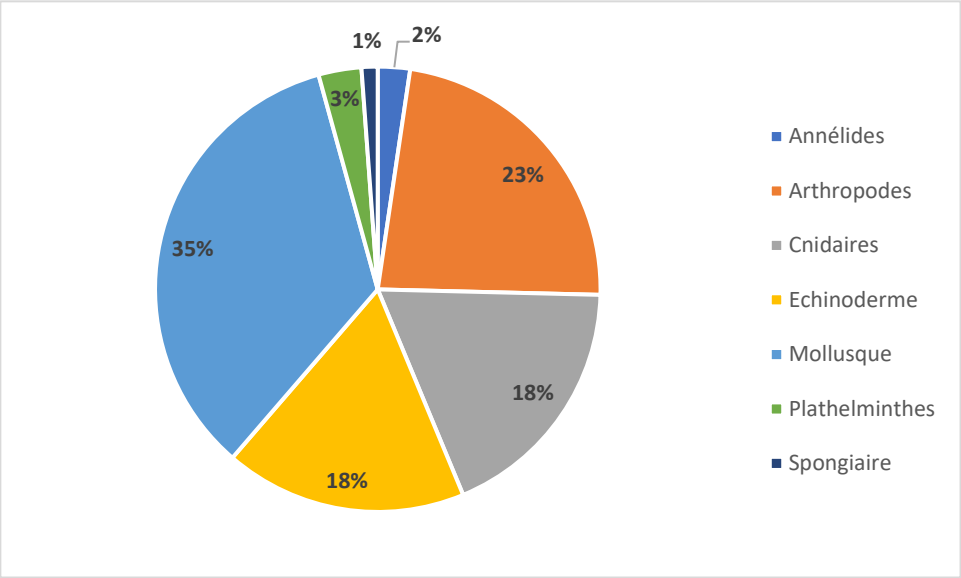


Figure 69 : Répartition des 256 espèces potentiellement identifiées au sein des embranchements. Annélides (6 espèces), Arthropodes (59), Cnidaires (47), Echinoderme (45), Mollusque (88), Plathelminthes (8) et Spongiaire (3).

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.

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).

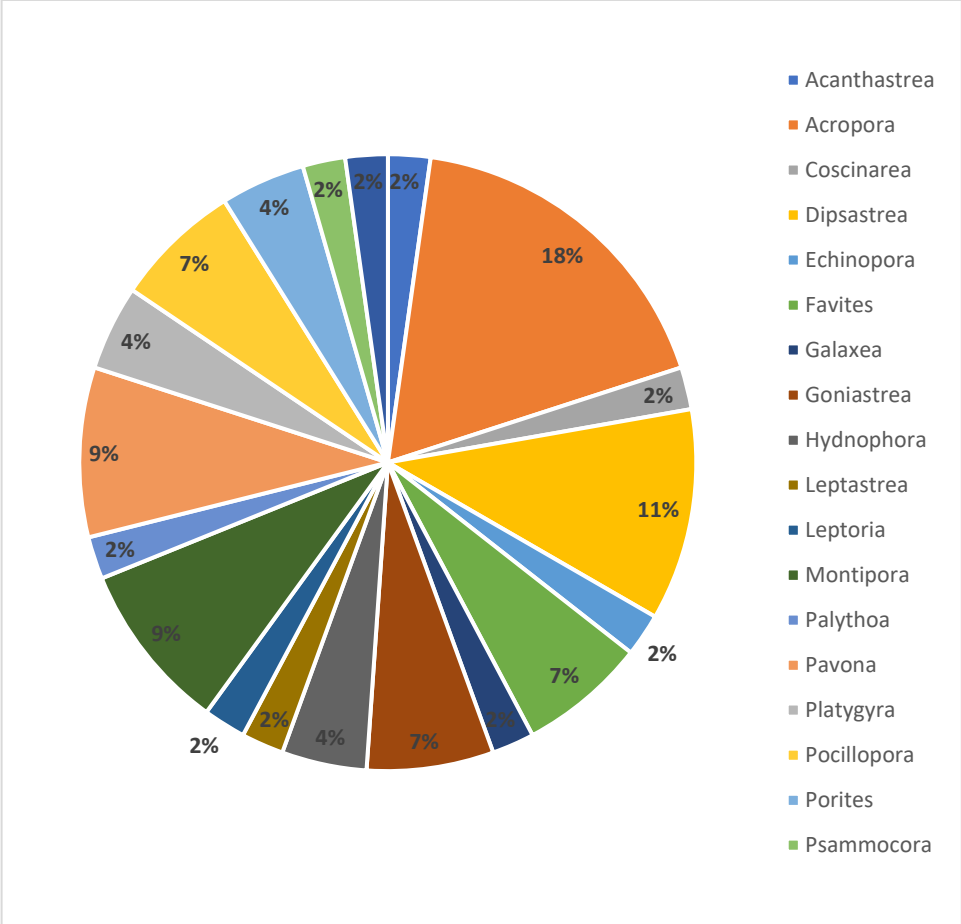


Figure 70 : Dominance des genres de coraux au sein du bassin de baignade.

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
Holothuria (Microthele) nobilis	*Echinoderme*	Oui	En danger	Biotope, 2021
Acropora abrotanoides	*Cnidaires*	Oui	En danger (Réunion)	Vie Océane, 2021
Arctides regalis	*Arthropodes*	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
Enoplometopus occidentalis	*Arthropodes*	Oui	Préoccupation mineure	Biotope, 2021
Panulirus penicillatus	*Arthropodes*	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
Coscinaraea monile	*Cnidaires*	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
Echinopora gemmacea	*Cnidaires*	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
Favites pentagona	*Cnidaires*	Oui	Préoccupation mineure	Vie Océane, 2021
Acropora digitifera	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
Acropora humilis	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
Acropora tenuis	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
Galaxea fascicularis	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
Montipora sp aff undata	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
Porites lobata	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
Leptoria phrygia	*Cnidaires*	Oui	Quasi-menacé	Vie Océane, 2021
Pavona decussata	*Cnidaires*	-	Vulnérable	Vie Océane, 2021
Turbinaria mesenterina	*Cnidaires*	-	Vulnérable	Vie Océane, 2021
Pavona cactus	*Cnidaires*	Oui	Vulnérable	Vie Océane, 2021
Actinopyga mauritiana	*Echinoderme*	Oui	Vulnérable	Biotope, 2021
Carpilius convexus	*Arthropodes*	Oui	-	Biotope, 2021
Pinctada imbricata	*Mollusque*	(Non id. ?)	-	Vie Océane, 2021
Carpilius maculatus	*Arthropodes*	Oui	-	Vie Océane, 2021
Acropora granulosa	*Cnidaires*	Oui	-	Vie Océane, 2021
Colobocentrotus atratus	*Echinoderme*	Oui	-	Biotope, 2021
Eucidaris metularia	*Echinoderme*	Oui	-	Biotope, 2021
Heterocentrotus mamillatus	*Echinoderme*	Oui	-	Biotope, 2021
Tridacna maxima	*Mollusque*	Oui	-	Vie Océane, 2021
Tridacna squamosa	*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.

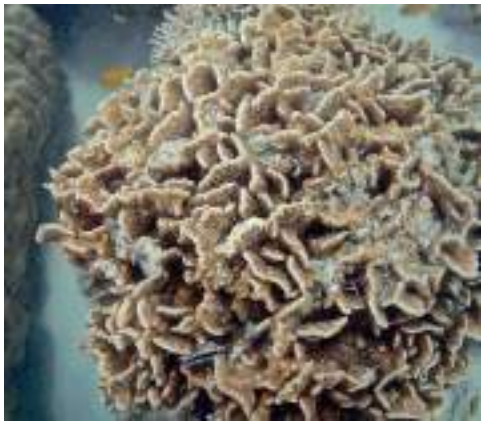


Acropora abrotanoides (Liste Rouge Réunion) © coralsoftheworld.org

Vulnérable (VU)



Pavona cactus (Liste rouge mondiale et Réunion) © coralsoftheworld.org



Pavona decussata © coralsoftheworld.org

3 Etat initial de l'environnement



Turbinaria mesenterina © coralsoftheworld.org

Quasi menacée (NT)



Acropora digitifera © coralsoftheworld.org



Acropora humilis © coralsoftheworld.org





3 Etat initial de l'environnement

Acropora tenuis © coralsoftheworld.org

Galaxea fascicularis © *Biotope, 2021*





Montipora sp aff undata © coralsoftheworld.org

Porites lobata © coralsoftheworld.org

Figure 71 : Planche d'illustrations d'invertébrés remarquables et menacées

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.

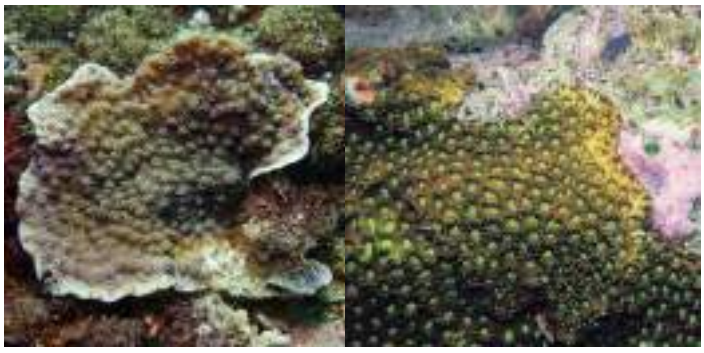


Figure 72 : A gauche : Echinopora gemmacea ; Au centre : Favia pentagona (© Biotope, 2021)

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.



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 ichtyologiques

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 ichtyologique. 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.

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 Oceane, 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)

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 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.

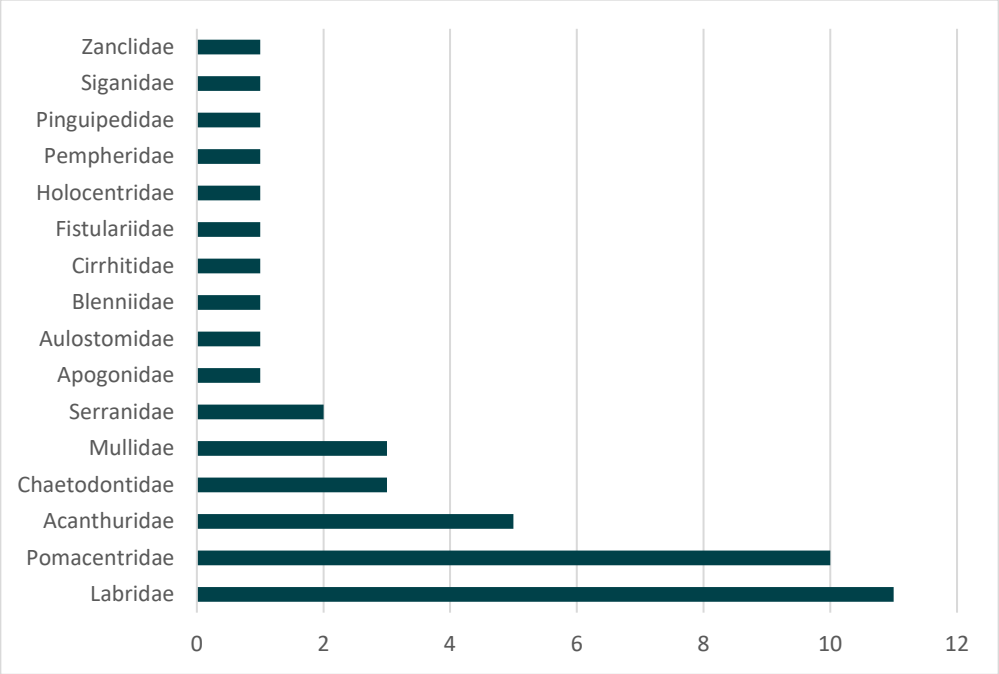


Figure 77 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage

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).

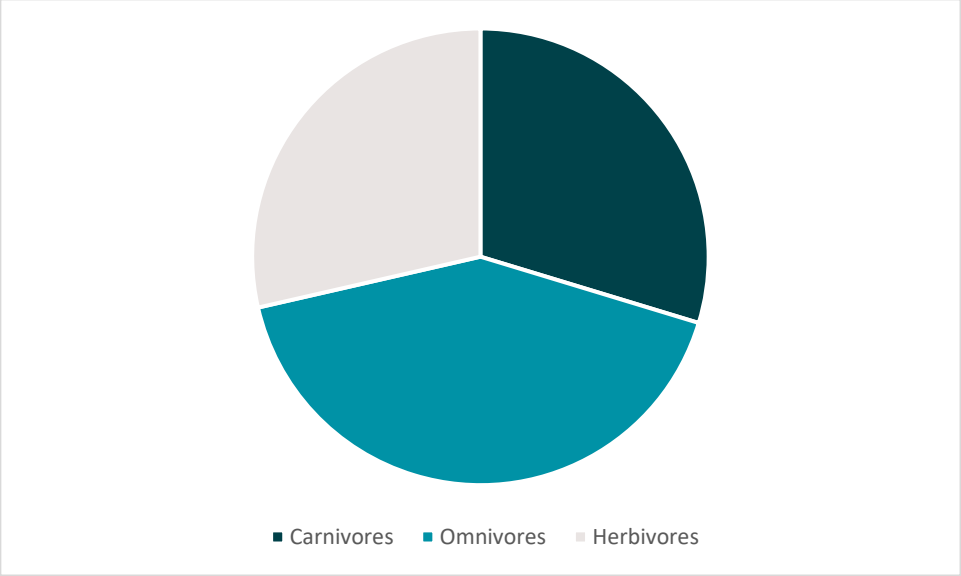


Figure 78 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)

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 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*.

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 ichtyologique 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

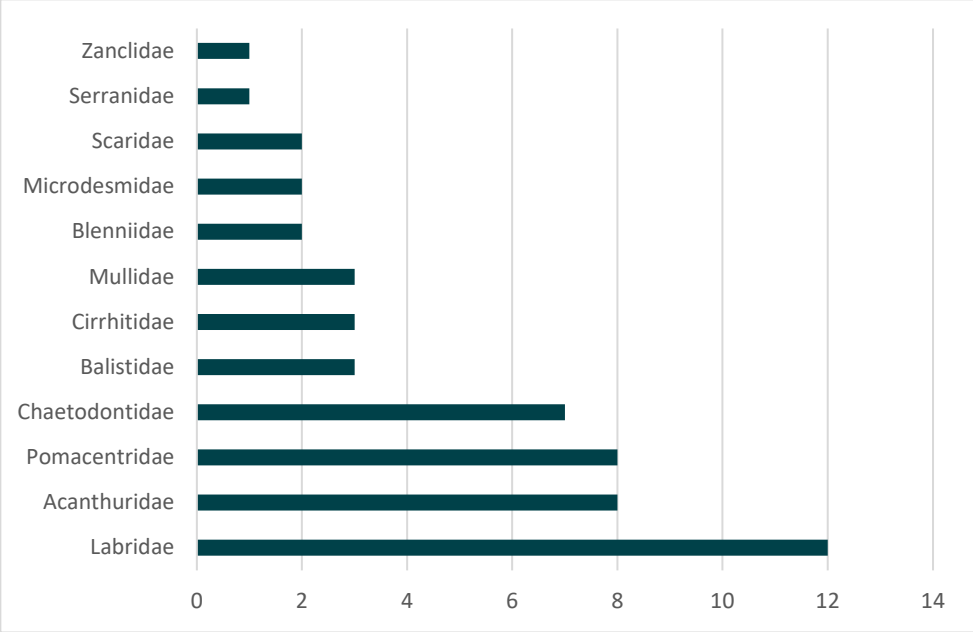


Figure 80 : Répartition des familles inventoriées en fonction des espèces sur la totalité de l'échantillonnage

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.

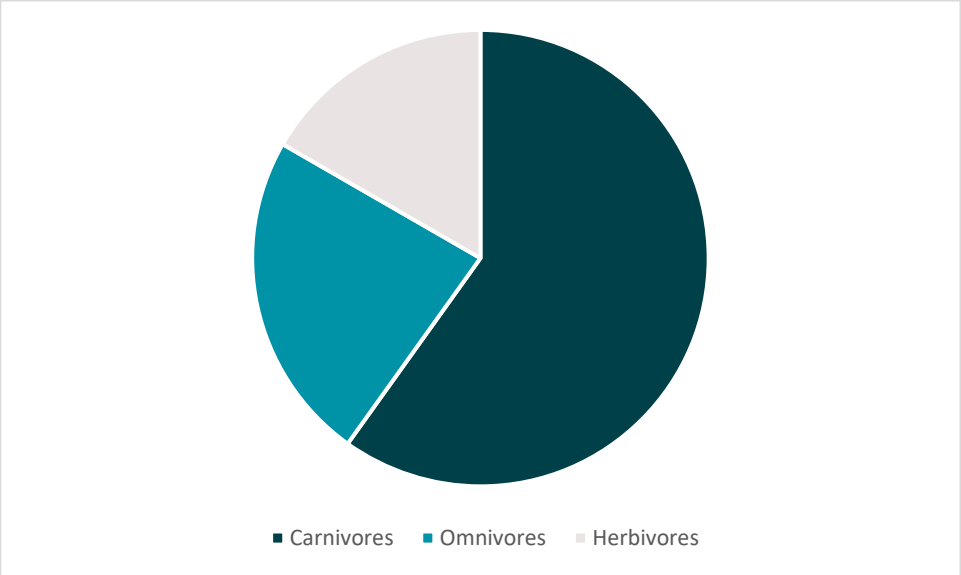


Figure 81 : Répartition des régimes trophiques (en fonction de l'abondance)

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*).

Tableau 18 : Tableau de synthèse des espèces remarquables pour la zone d'étude

FAMILLE	NOM (Genres – Espèces)			PRESENCE ZONE D'ETUDE	
		Red List Réunion (Fricke & al., 2009) ZNIEFF Réunion (2018)	Intérêt commercial	Platier	Pente externe
Cirrhitidae	*Paracirrhites forsteri (Schneider in Bloch & Schneider, 1801)*	CR			x
Chaetodontidae	*Chaetodon guttatissimus Bennett, 1833*	CR			x
Cirrhitidae	*Paracirrhites arcatus (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1829)*	CR		x	x
Cirrhitidae	*Cirrhitops fasciatus (Bennett, 1828)*	CR			x
Chaetodontidae	*Chaetodon meyeri Schneider in Bloch & Schneider, 1801*	CR			x
Syngnathidae	*Hippocampus jayakari*	EN / DET-Znieff		x	
Labridae	*Thalassoma hardwicke (Bennett, 1830)*	EN		x	x
Pomacentridae	*Plectroglyphidodon dickii (Liénard, 1839)*	EN		x	x
Pomacentridae	*Plectroglyphidodon imparipennis (Sauvage in Vaillant & Sauvage, 1875)*	EN			x
Blenniidae	*Ecsenius lineatus Klausewitz, 1962*	EN			x
Acanthuridae	*Zebrasoma scopas (Cuvier, 1829)*	EN		x	x
Blenniidae	*Exallias brevis (Kner, 1868)*	EN		x	
Labridae	*Gomphosus caeruleus Lacepède, 1801*	EN		x	
Labridae	*Cheilinus trilobatus Lacepède, 1801*	EN		x	
Pomacentridae	*Chromis nigrura Smith, 1960*	VU			x
Chaetodontidae	*Chaetodon auriga Forsskål in Niebuhr, 1775*	VU			x
Chaetodontidae	*Chaetodon kleinii Bloch, 1790*	VU			x
Chaetodontidae	*Heniochus acuminatus (Linnaeus, 1758)*	VU		x	x
Chaetodontidae	*Chaetodon vagabundus Linnaeus, 1758*	VU		x	
Acanthuridae	*Acanthurus polyzona (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 coralienne 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'arrières-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 ichtyologiques	**Pente externe**	Éperons-sillons	Couverture coralienne > 25%, dominance de non-acropores, 13 espèces déterminantes (données ZNIEFF). La couverture coralienne 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	**Fort**
			Densité importante d'oursins (>1 indivu/m²; Diadema savigny)	
		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.	**Fort**
			Densité importante d'oursins (>1 indivu/m²; Diadema savigny)	
		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

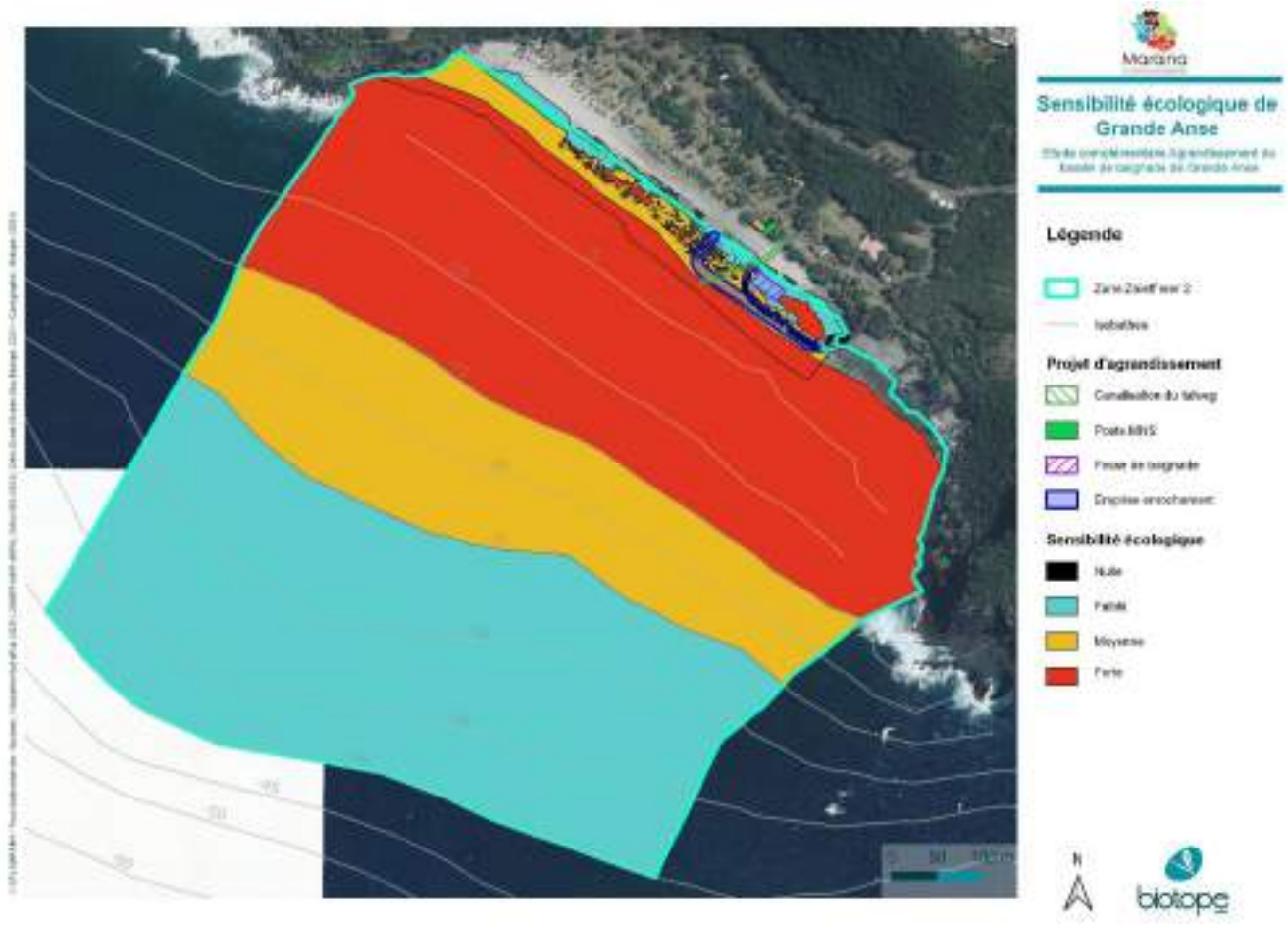


Figure 82 : Cartographie des enjeux pour le milieu marin dans le cadre de ce projet (Biotope, 2021)

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 ***Megaptera novaeangliae***	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 ***Tursiops aduncus***			
Grand dauphin commun ***Tursiops truncatus***	3	128	42,7
Dauphin d'électre ***Peponocephala electra***	2	Minimum 100	Minimum 50
Dauphin tacheté Pantropical ***Stenella attenuata***	1	NA	NA
Dauphin de Fraser ***Lagenodelphis hosei***	1	NA	NA

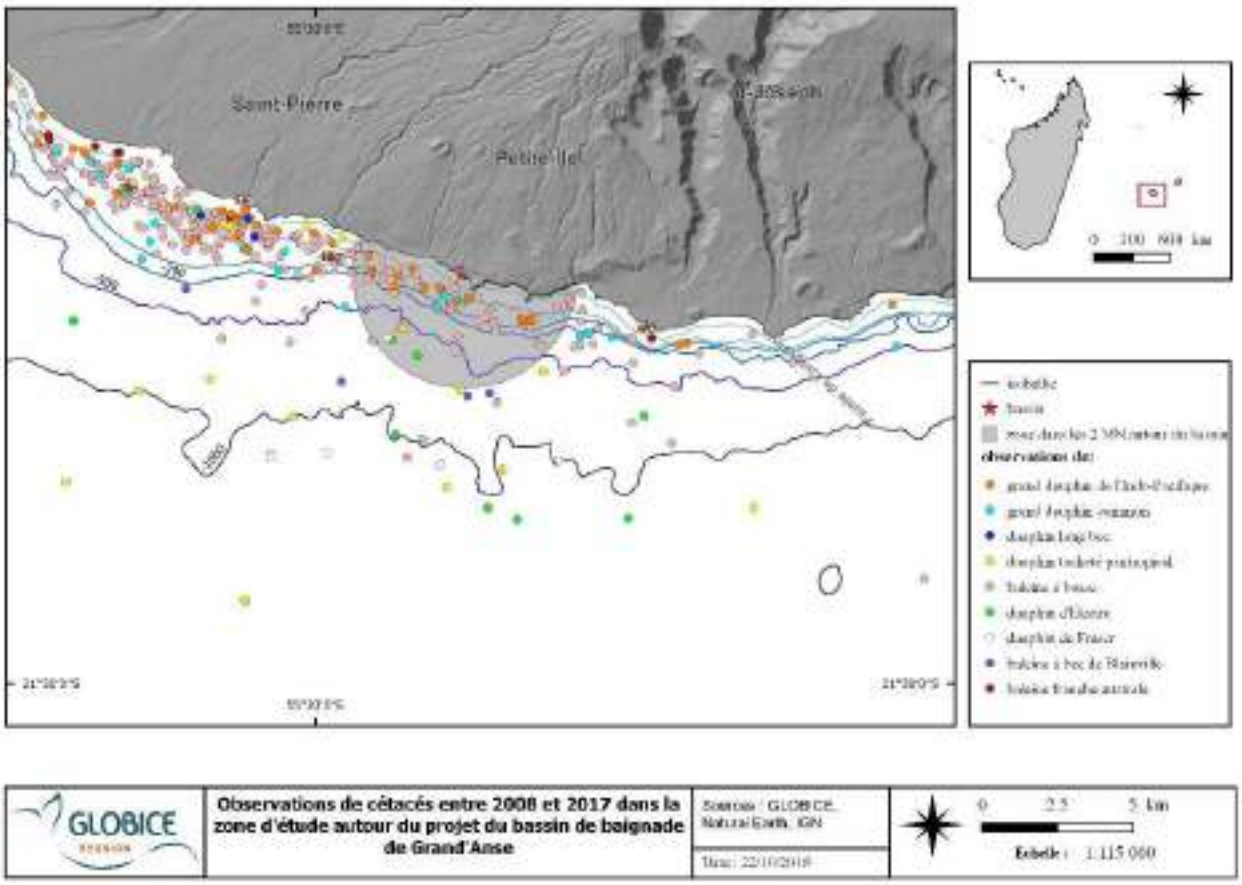


Figure 83 : Synthèse cartographique des observations de cétacés dans le Sud-Ouest de l'île entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

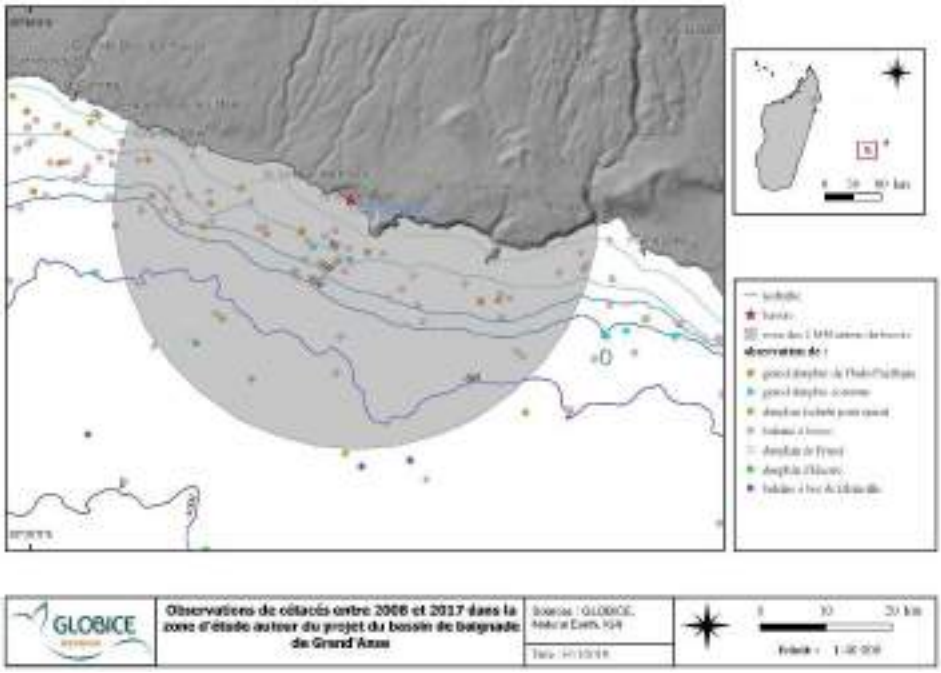


Figure 84 : Synthèse des observations de cétacés dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018).

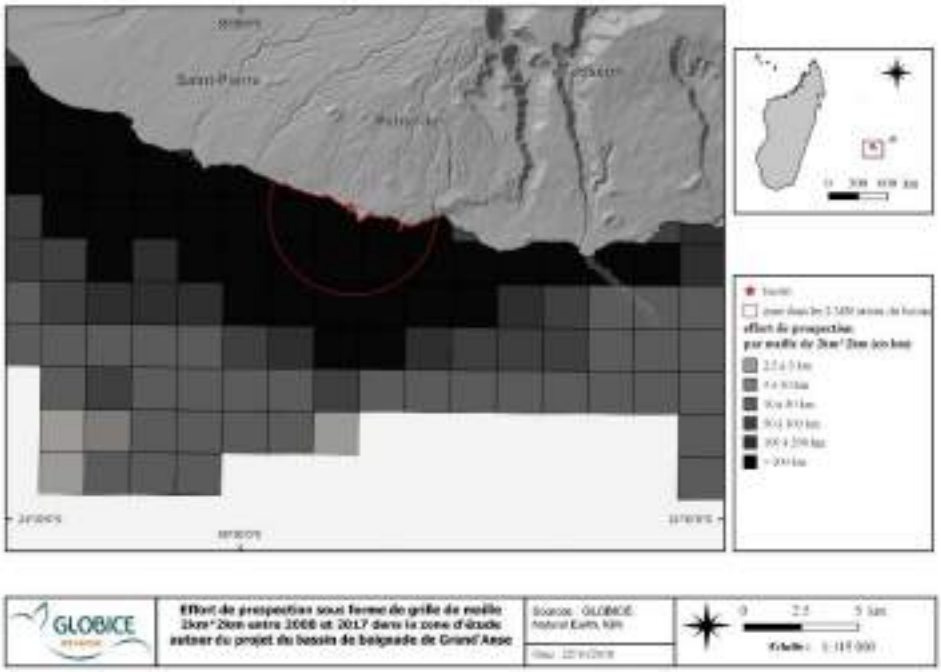


Figure 85 : Effort de prospection réalisé dans la zone d'étude entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

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 corréler 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.

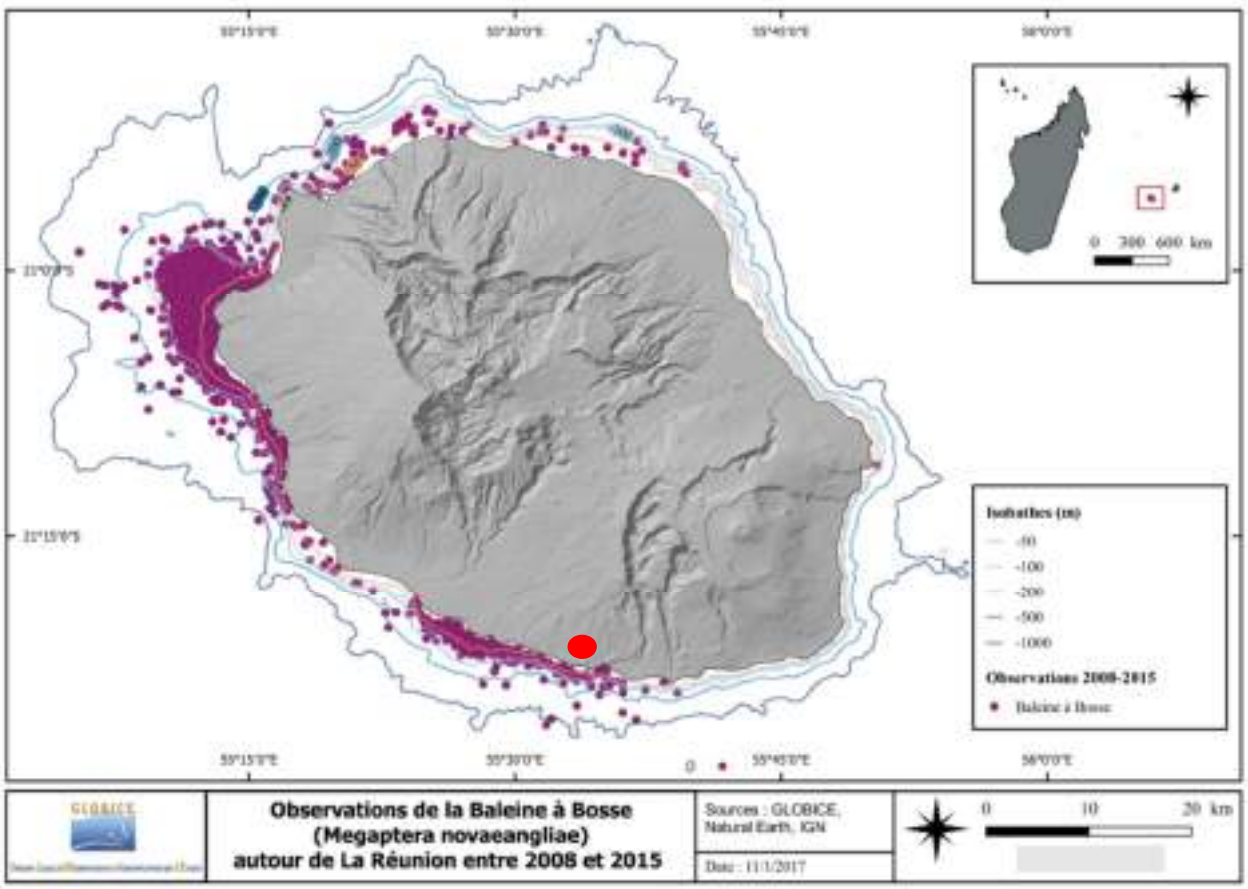


Figure 86 : Distribution des observations de Baleine à bosse autour de la Réunion entre 2008 et 2015 (Cottarel et al., 2018) *[Point rouge : bassin de Grand Anse]*

3 Etat initial de l'environnement

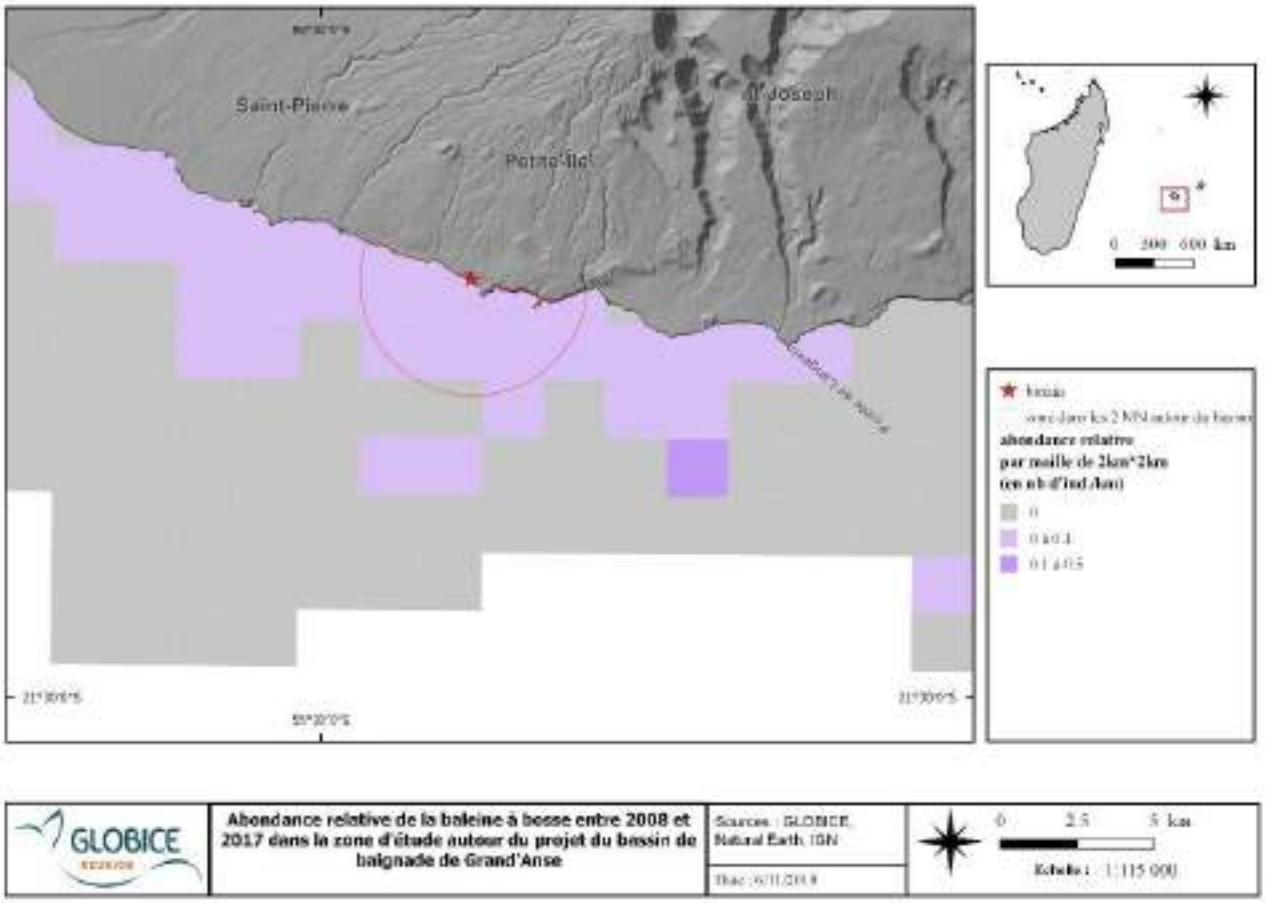


Figure 87 : Abondance relative de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

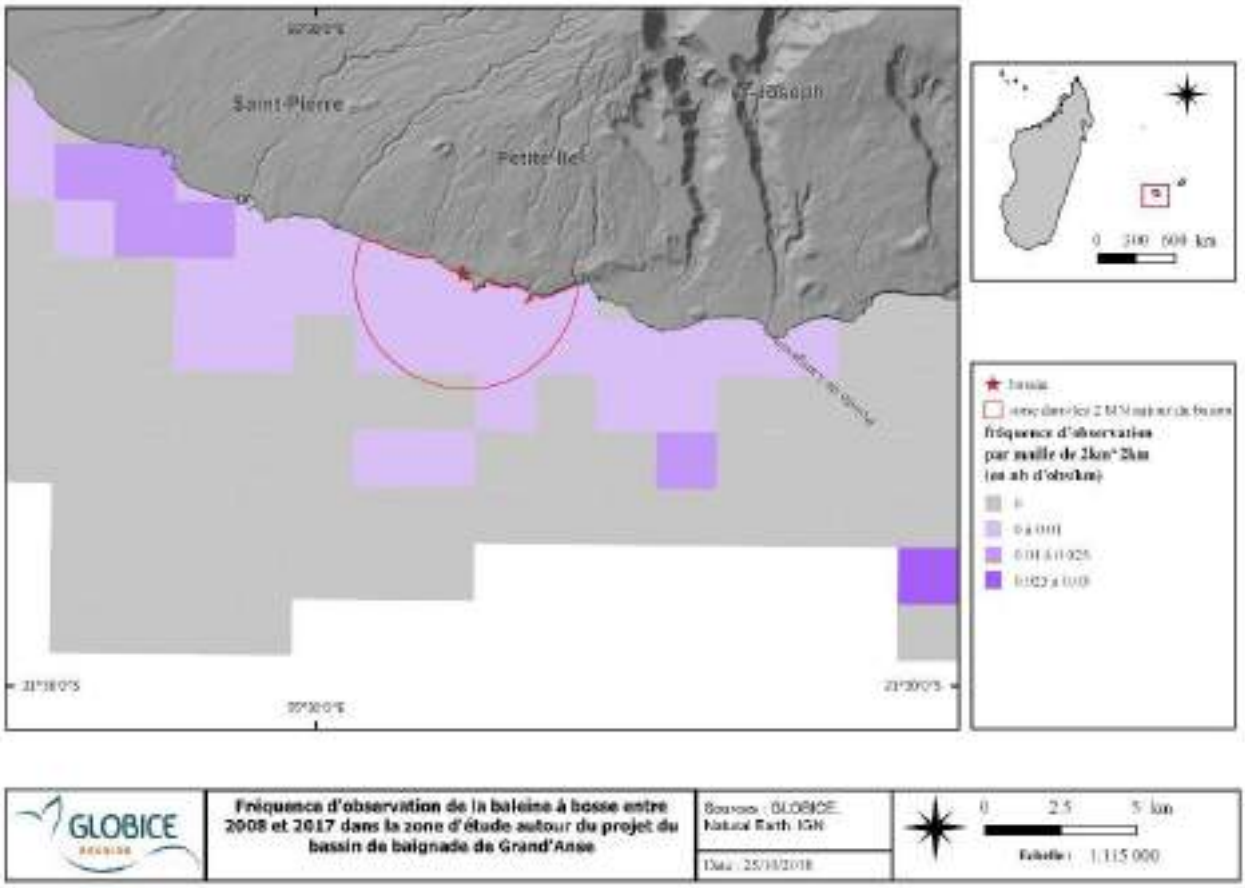


Figure 88 : Fréquence d'observation de la Baleine à bosse entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

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'ile. 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

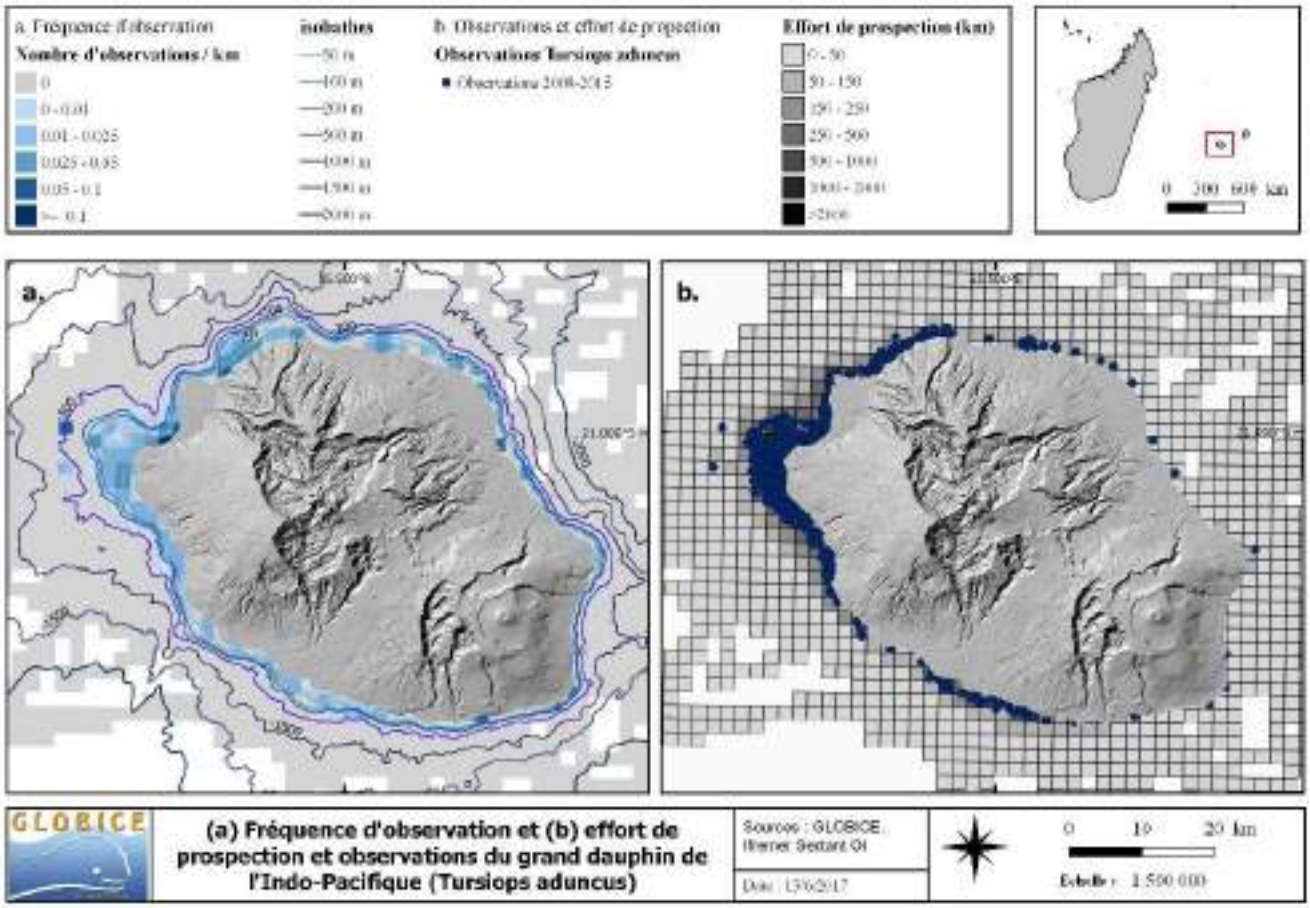


Figure 89 : Fréquence d'observation et observation du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2015. D'après Cottarel et al. 2018.

3 Etat initial de l'environnement

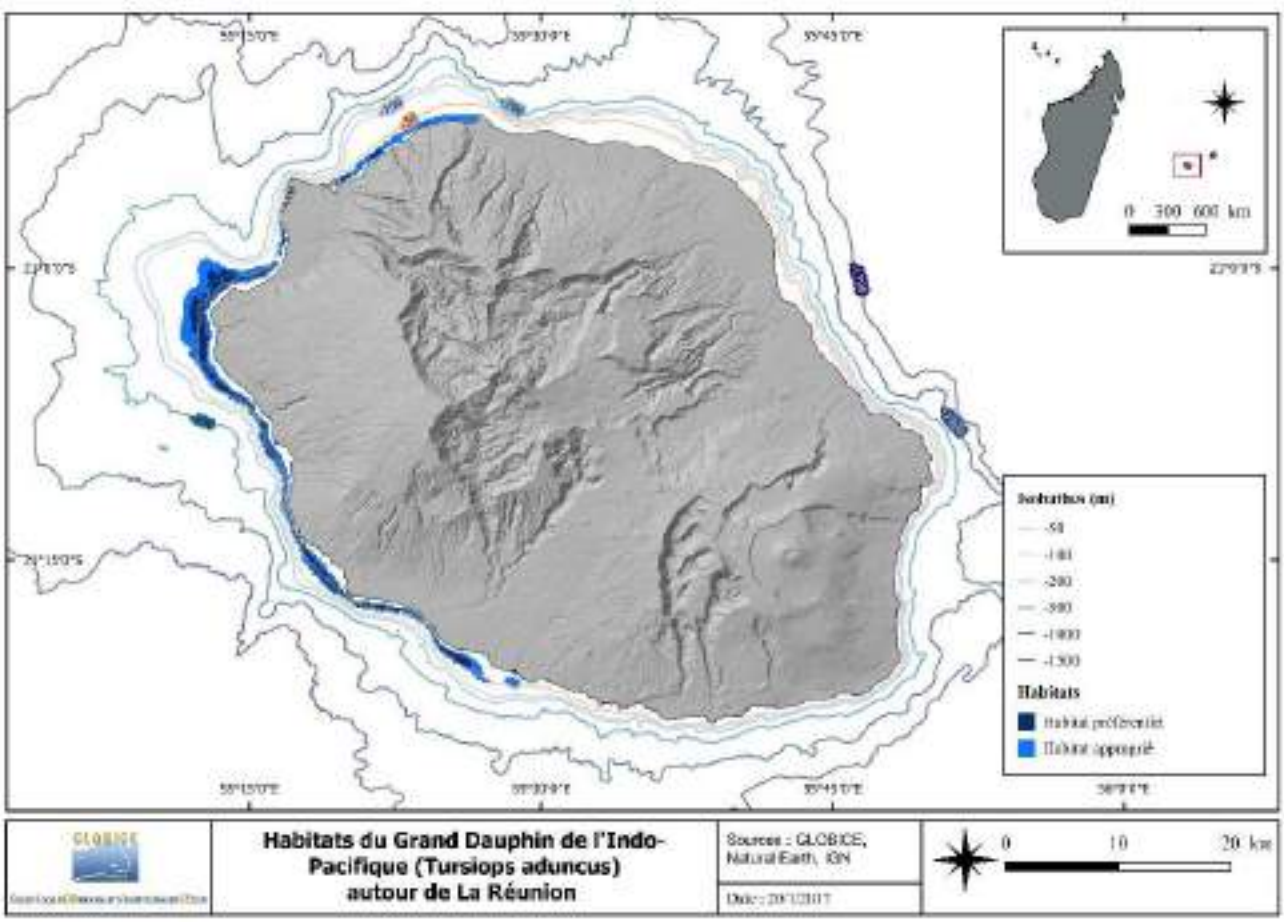


Figure 90 : Modélisation de l'habitat du Grand Dauphin de l'Indo-Pacifique à la Réunion. D'après Cottarel et al., 2018.

3 Etat initial de l'environnement

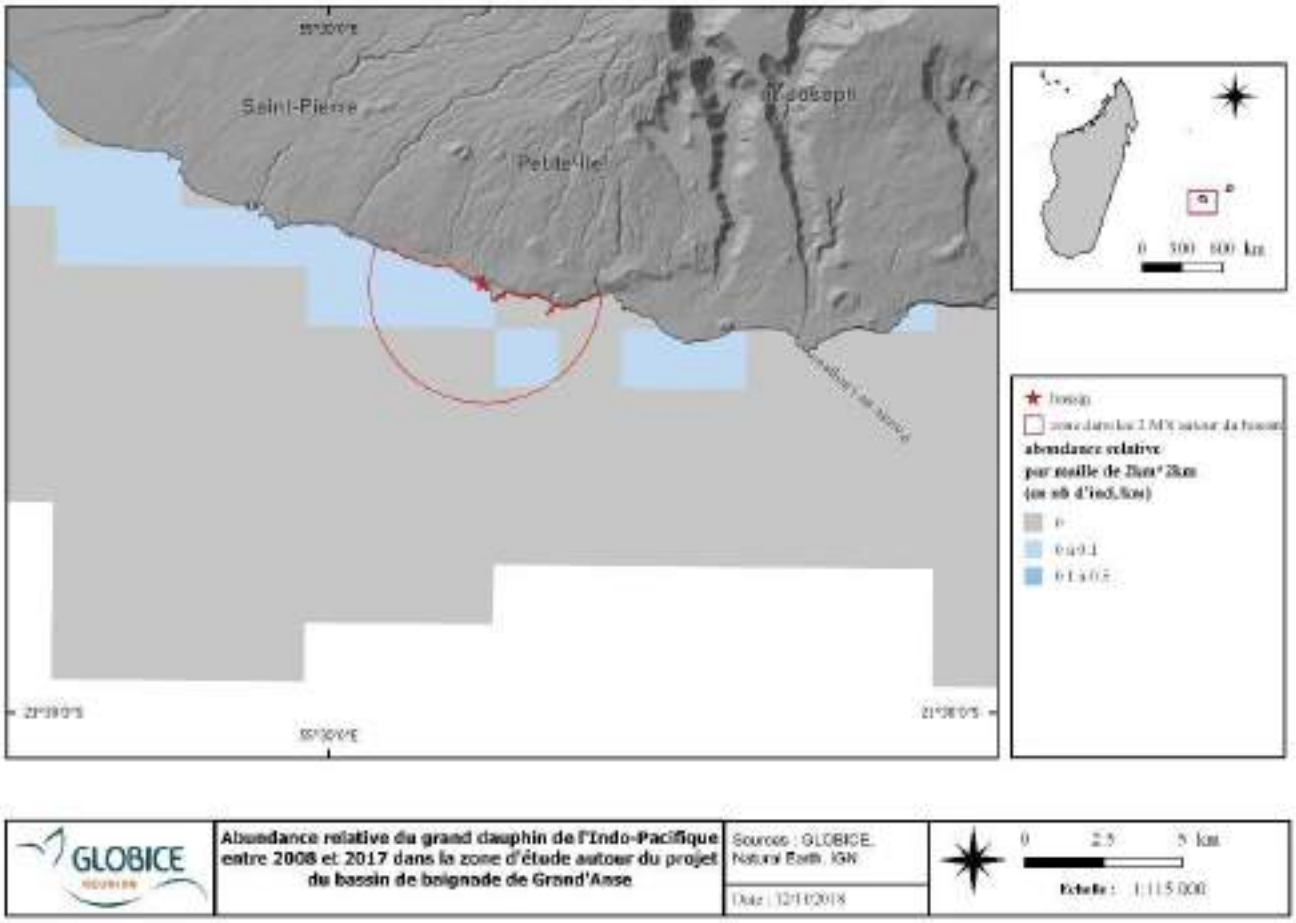


Figure 91 : Abondance relative du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

3 Etat initial de l'environnement

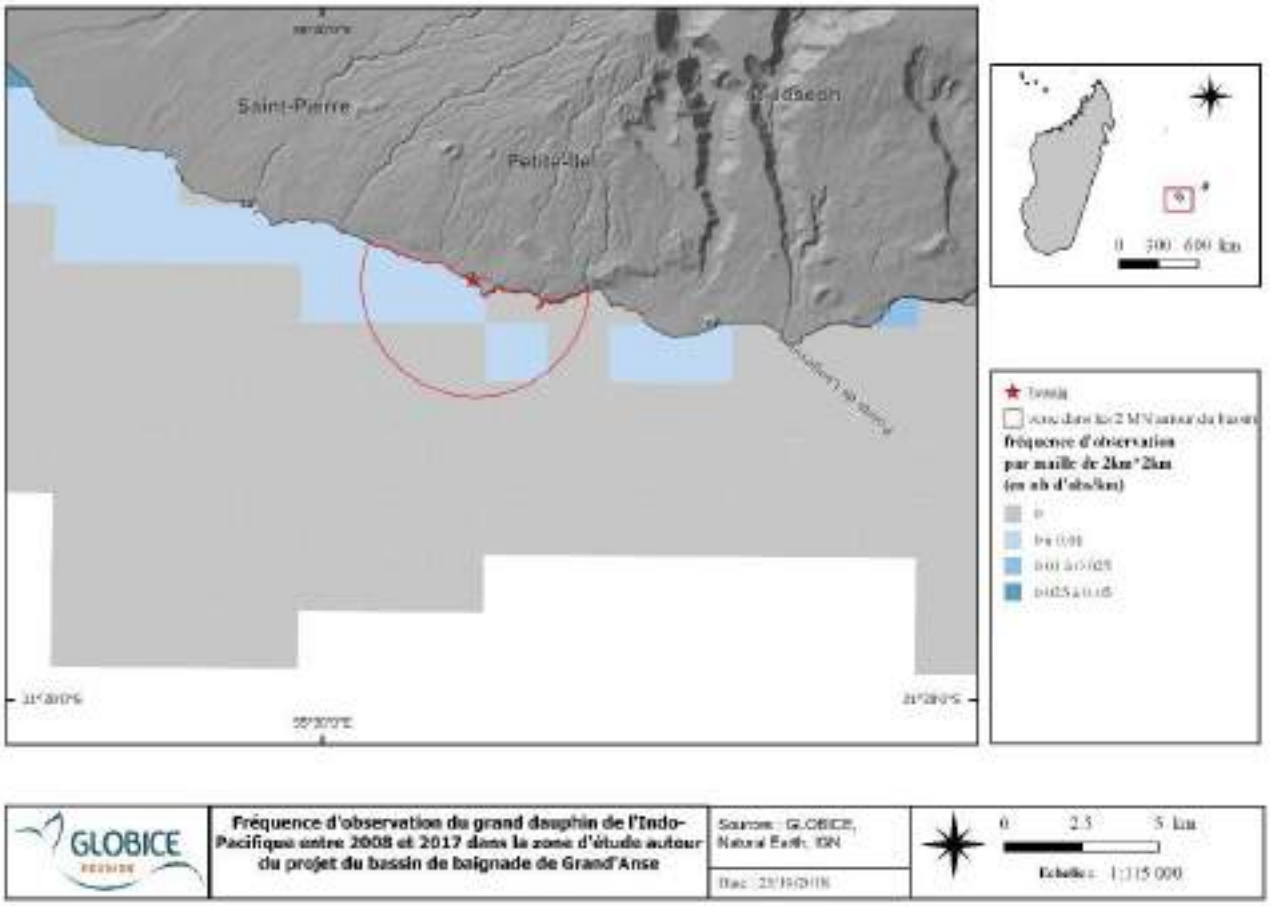


Figure 92 : Fréquence d'observation du Grand dauphin de l'Indo-Pacifique entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

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*

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 fréquence 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 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 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 *Megaptera novaeangliae*	Oui	Vulnérable	Présence variable, migratrice (présence entre juin et novembre) Habitat préférentiel : côtier (reproduction, juvénile) et large	**FORT**
Grand dauphin de l'Indo-Pacifique *Tursiops aduncus*	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 *Tursiops truncatus*	Oui	Données insuffisantes	Espèce fréquente, présente à l'année Habitat préférentiel : mixte (côtier et > 80m)	**FAIBLE**
Dauphin tacheté pantropical *Stenella attenuata*	Oui	Préoccupation mineure	Espèce fréquente, présente à l'année Habitat préférentiel : large (> 200m)	**FAIBLE**
Dauphins de Fraser *Lagenodelphis hosei*	Oui	Données insuffisantes	Présence occasionnelle dans la zone d'étude Habitat préférentiel : large	**FAIBLE**
Dauphin d'Electre *Peponocephala electra*	Oui	Données insuffisantes	Présence occasionnelle dans la zone d'étude Habitat préférentiel : large	**FAIBLE**

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 (Kelonia, 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 (Kelonia, 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 (Kelonia, 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
Chelonia mydas	Faible/résiduel	Zone littorale	Grands juvéniles (40 cm) à adultes	très forte diminution	Diminution	Augmentation
Eretmochelys imbricata	Faible	Zone Littorale	Grands juvéniles (40 cm) à adultes	Inconnu	Diminution	Légère augmentation
Caretta caretta	Inconnu	Au large	Sub-adultes	Inconnu	Inconnu	Inconnu
Lepidochelys olivacea	Inconnu	Au large	Sub-adultes	Inconnu	Inconnu	Inconnu
Dermochelys coriacea	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).

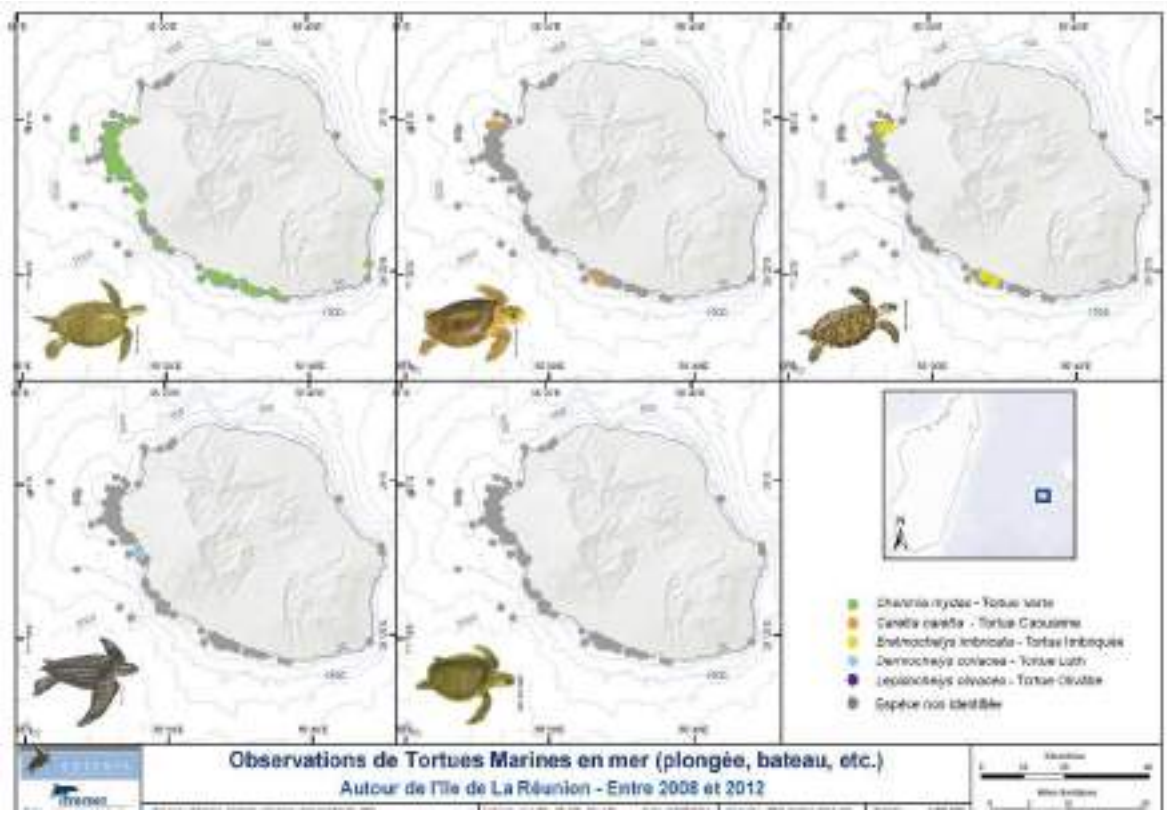


Figure 94 : Bilan des observations de tortues marines à la Réunion (Kelonia, Ifremer, Natural Earth, Globice, IGN). D'après Philippe et al., 2014.

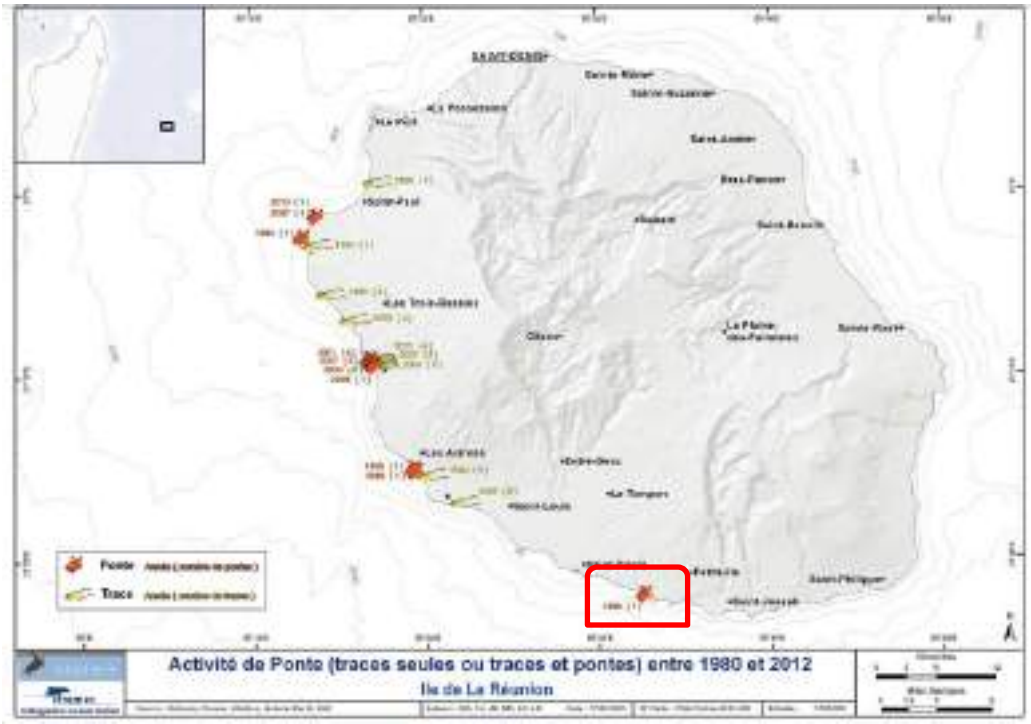


Figure 95 : Activité de ponte (traces seules ou traces et pontes) entre 1980 et 2012. D'après Philippe et al., 2014.

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 imbrique, 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.

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 *Chelonia mydas*	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 *Eretmochelys imbricata*	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). L**es 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 Lézard 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 facies 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 ou 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 cepenant un intérêt faible (abondance limitée et petites tailles des individu).

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).

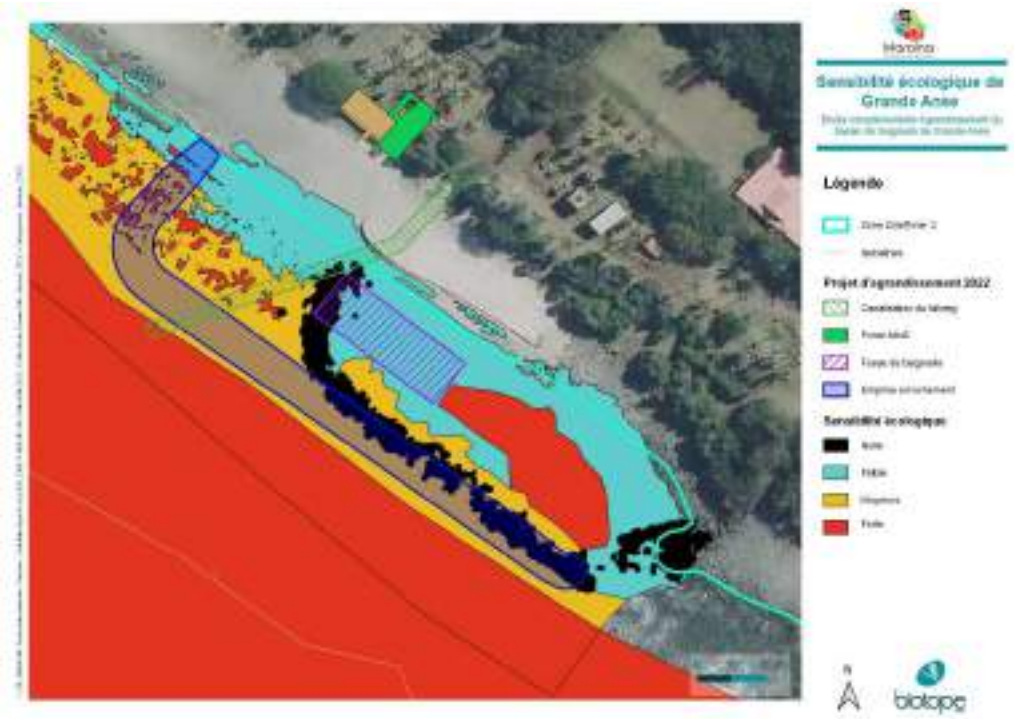


Figure 97 : Carte de synthèse des enjeux pour les biocénoses marines

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
biotope	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 PHILIPE 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 Pâture (*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.

5 Annexes



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.

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 ichtyologique (absence, observations éparses, 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 prospecter 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 (λ < 20cm)	SED COURT
Sédiments à ripple-mark longs (λ > 20cm)	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 hydraire <5%	HYD
Présence hydraire 5-50%	HYD 5
Présence hydraire >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 éparses	1
Observation nombreuses	2

5 Annexes

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

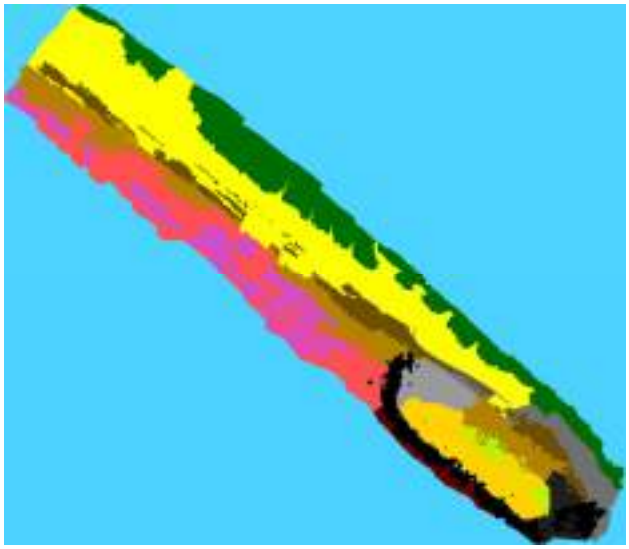


Figure 99 : Précartographie réalisée sous le logiciel Photoshop.

- Caractérisation et évaluation des biocénoses marines

Dans le bassin : le suivi est un suivi classique GCRMN LIT/BELT dans la zone a 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 coordonnés 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 DCE[5]). 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	
HC Corail Dur	HAC - Acropore	ACB	Acropore Branchu
		ACD	Acropore Digité
		ACE	Acropore Encroûtant
		ACS	Acropore Submassif
		ACT	Acropore Tabulaire
	HAC - Non Acropore	CB	Corail Branchu
		CE	Corail Encroûtant
		CF	Corail Foliacé
		CM	Corail Massif
		CME	Millepore
		CMR	Corail Champignon
		CS	Corail Submassif
		CTU	Tubipore
		CHL	Hélicopore
Corail Mou		SC	Corail Mou

Type Général	Code Benthos	
Corail Mort	DC	Corail Mort
AB Abiotique	D	Débris
	RCH	Roche
	S	Sable
	SI	Vase
	SAS	Substrat Sessile
AL Algues	CA	Algue Calcaire
	FMA	Algue Dressée Molle
	HMA	Algue Dressée Dure
	TA	Turf Algal
Phanérogame	PHA	Phanérogame
OT Autre	GOR	Gorgone
	OT	Autre
	SP	Eponge
	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

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'espèces. 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 (interlocutrive : 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, *Gouania mauritiana*. 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, *Ruizia cordata 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 *Carissa spinarum 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 rousselii. 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.

5 Annexes

Groupe biologique	Références utilisées
	CBNM.72p. - BAIDER C. et al. 2008 – *Dombeya populnea (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. *Obetia ficifolia*. 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. *Hernandia mascarenensis*. 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. *Parafaujasia fontinalis*. 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, *Phelsuma borbonica* 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 *Phelsuma inexpectata*. 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 (*Coracina newtoni*). - 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 (*Pseudobulweria aterrima*). - GRONDIN V. et PHILIPPE J-S. 2011. Plan de conservation du Busard de Maillard (*Circus maillardi*). DEAL Réunion, Région Réunion, SEOR, BIOTOPE, Aerowatt. 84p. - SALAMOLARD M., 2008. Plan de conservation du Pétrel de Barau *Pterodroma baraui*. 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 (*Pteropus niger*) 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 -

5 Annexes

Groupe biologique	*Références utilisées*
	Faune de La Réunion. 23p. - COTTAREL G., DULAU V., MOUYSSET 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., MOUYSSET L., MARTIN J., PHILIPPE J.-S. Plan Directeur de conservation en faveur des Baleines à bosse (Megaptera novaeangliae) 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

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
Abutilon indicum (L.) Sweet	Mauve du pays	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Acalypha wilkesiana Müll.Arg.	Foulard	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Achyranthes aspera L.	Herbe d'Eugène	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Achyranthes aspera L. var. velutina (Hook. et Arn.) C.C. Towns.		?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Adiantum rhizophorum Sw.		Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé
Adonidia merrillii (Becc.) Becc.	Palmier de Noël	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Ageratum conyzoides L.	Herbe à bouc	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Albizia lebbeck (L.) Benth.	Bois noir	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Alternanthera pungens Kunth	Brède emballage à piquants	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Amaranthus viridis L.	Pariétaire	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Argemone mexicana L.	Chardon	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Asystasia gangetica (L.) T. Anderson	Herbe le rail	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C. Wendl.	Gros bambou	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Barleria prionitis L.	Madame Gustave	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Bidens pilosa L.	Piquant	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Boerhavia coccinea Mill.	Bécabar batard	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Bougainvillea glabra Choisy	Bougainvillée	?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Breynia retusa (Dennst.) Alston	Mourongue marron	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Caesalpinia bonduc (L.) Roxb.	Bonduc	Indigène	Non concerné	Taxon vulnérable	Déterminant	Taxon non protégé
Canna indica L.	Conflore	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Canavalia rosea (Sw.) DC.	Patate cochon	Indigène	Non concerné	Taxon quasi menacé	Non concerné	Taxon non protégé
Cardiospermum halicacabum L.	Liane poc-poc	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Casuarina equisetifolia 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
Cassia fistula L.	Cytise indien	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Cascabela thevetia (L.) Lippold	Laurier jaune	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Catharanthus roseus (L.) G. Don	Rose amère	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Chloris barbata Sw.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Coccinia grandis (L.) Voigt		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Cocos nucifera L.	Cocotier	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Coccoloba uvifera (L.) L.	Raisin de mer	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Colocasia esculenta (L.) Schott	Songe	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Commelina benghalensis L.	Grosse herbe de l'eau	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Corypha umbraculifera L.	Talipot	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Cossinia pinnata Comm. ex Lam.	Bois de judas	Indigène	Réunion, Maurice	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé
Crassocephalum crepidioides (Benth.) S. Moore		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Croton bonplandianus Baill.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Cynodon dactylon (L.) Pers.	Petit-chiendent	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Dactyloctenium aegyptium (L.) Willd.	Chiendent patte-poule	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Delosperma napiforme (N.E. Br.) Schwantes	Lavangère	Indigène	Réunion	Taxon quasi menacé	Déterminant	Taxon protégé
Desmodium incanum (G. Mey.) DC.	Colle-colle	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Desmodium intortum (Mill.) Urb.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Desmodium triflorum (L.) DC.	Trèfle noir	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Desmanthus virgatus (L.) Willd.	Ti cassi	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Digitaria radicosa (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
Dodonaea viscosa Jacq.	Bois d'arnette	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Dombeya acutangula Cav.	Mahot tantan	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon vulnérable	Déterminant	Taxon protégé
Drymaria cordata (L.) Willd. ex Schult.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Duranta erecta L.	Fleurs i sentent la vanille	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Dypsis lutescens (H. Wendl.) Beentje et J. Dransf.	Palmier multipliant	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Elaeodendron orientale Jacq.	Bois rouge	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon de préoccupation mineure	Complémentaire	Taxon non protégé
Eucalyptus robusta Sm.	Eucalyptus rouge	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Euphorbia goliana Lam.		Indigène	Réunion	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
Euphorbia hirta L.	Jean Robert	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Euphorbia thymifolia L.	Rougette	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Euphorbia viridula Cordem. ex Radcl.-Sm.		Indigène	Réunion	Taxon en danger	Déterminant	Taxon protégé
Ficus benghalensis L.	Banian	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Ficus microcarpa L. f.	Arbre de l'intendance	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Ficus reflexa Thunb.	Ti l'affouche	Indigène	Madagascar, Seychelles et Mascareignes	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Fimbristylis cymosa R. Br.		Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Flacourtia indica (Burm. f.) Merr.	Prune malgache	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Furcraea foetida (L.) Haw.	Choca vert	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Galactia tenuiflora (Willd.) Wight et Arn.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Gladiolus luteus Lam.		Indigène	Madagascar et Mascareignes	Taxon en danger	Déterminant	Taxon protégé
Gossypium herbaceum L.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Heliotropium amplexicaule Vahl		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Helichrysum foetidum (L.) Moench	Immortelle du Cap	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Hibiscus tiliaceus 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
Indigofera ammoxylum (DC.) Polhill	Bois de sable	Indigène	Réunion	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
Indigofera diversifolia DC.		Indigène	Madagascar et Mascareignes	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.	Patate à Durand	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Lantana camara L.	Galabert	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Latania lontaroides (Gaertn.) H.E. Moore	Latanier rouge	Indigène	Réunion	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
Latania verschaffeltii Lem.	Latanier jaune	Exotique	Rodrigues	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Leonotis nepetifolia (L.) W.T. Aiton	Monte au ciel	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Lepturus repens (G. Forst.) R. Br.		Indigène	Non concerné	Taxon vulnérable	Complémentaire	Taxon non protégé
Leucas aspera (Willd.) Link	Petit tombé	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	Cassi	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Litsea glutinosa (Lour.) C. Rob.	Avocat marron	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Livistona chinensis (Jacq.) R. Br. ex Mart.	Palmier fontaine	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Lobelia cliffortiana L.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Lobelia serpens Lam.		Indigène	Madagascar et Mascareignes	Taxon vulnérable	Complémentaire	Taxon non protégé
Lycium mascarenense A.M. Venter et A.J. Scott	Souveraine de mer	Indigène	Non concerné	Taxon vulnérable	Complémentaire	Taxon non protégé
Lysimachia mauritiana Lam.		Indigène	Non concerné	Taxon quasi menacé	Complémentaire	Taxon non protégé
Malvastrum coromandelianum (L.) Garcke	Herbe dure	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Melia azedarach L.	Grand lilas	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Melochia pyramidata L.	Herbe dure	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Melinis repens (Willd.) Zizka	Herbe rose	Indigène ?	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	Non concerné	Taxon non protégé
Merremia tuberosa (L.) Rendle	Rose de bois	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Merremia umbellata (L.) Hallier f.		?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Mimusops coriacea (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
Morinda citrifolia L.	Malaye	Exotique	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	Non concerné	Taxon non protégé
Moringa oleifera Lam.	Morongue	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Murraya paniculata (L.) Jack	Rameau	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Nephrolepis biserrata (Sw.) Schott	Fougère rivière	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Nerium oleander L.	Laurier rose	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Obetia ficifolia (Poir.) Gaudich.	Bois d'ortie	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon en danger	Déterminant	Taxon protégé
Oxalis corniculata L.	Ti trèfle	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Pandanus utilis Bory	Vacoi	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Parthenium hysterophorus L.	Camomille	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Passiflora foetida L.	Ti grenadelle	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Phaseolus lunatus L.	Gros pois	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Phlebodium aureum (L.) J Sm.	Patte de lièvre	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Phyllanthus amarus Schumach.	Ti tamarin blanc	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Phytolacca americana L.	Faux vin	Exotique ?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Plantago lanceolata L.	Petit plantain	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Polyscias cutispongia (Lam.) Baker	Bois d'éponge	Indigène	Réunion	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
Pongamia pinnata (L.) Pierre	Pongame	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Portulaca oleracea L.	Pourpier rouge	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Psiadia retusa (Lam.) DC.	La salière	Indigène	Réunion	Taxon vulnérable	Complémentaire	Taxon non protégé
Ricinus communis L.	Tantan	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Rivina humilis L.	Groseille	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Sansevieria metallica Gérôme et Labroy		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Scaevola taccada (Gaertn.) Roxb.	Manioc marron du bord de mer	Indigène	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Schinus terebinthifolia 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
Senna siamea (Lam.) H.S. Irwin et Barneby	Cassia du Siam	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Solanum mauritianum Scop.	Bringellier marron	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Sonchus oleraceus L.	Lastron tendre	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Spathodea campanulata P. Beauv.	Tulipier du Gabon	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Stachytarpheta jamaicensis (L.) Vahl	Épi bleu	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Stachytarpheta urticifolia Sims	Herbe à chenilles	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Stenotaphrum dimidiatum (L.) Brongn.	Herbe bourrique	Indigène ?	Non concerné	Taxon de préoccupation mineure	Non concerné	Taxon non protégé
Syzygium cumini (L.) Skeels	Jamblon	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Tabebuia pallida (Lindl.) Miers		?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Tephrosia pumila (Lam.) Pers. var. ciliata (Craib) Brummitt		Exotique ?	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Terminalia bentzoë (L.) L. f.	Benjoin	Indigène	Réunion, Maurice, Rodrigues	Taxon en danger critique	Déterminant	Taxon protégé
Terminalia catappa L.	Badamier	Exotique	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	Non concerné	Taxon non protégé
Tetragonia tetragonoides (Pall.) Kuntze	Épinard	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Thespesia populnea (L.) Sol. ex Corrêa	Porché	Indigène ?	Non concerné	Taxon insuffisamment documenté	Complémentaire	Taxon non protégé
Thunbergia grandiflora (Roxb. ex Rottler) Roxb.	Liane mauve	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Thunbergia laevis Wall. ex Nees	Bec martin	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Tradescantia spathacea Sw.		Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Tridax procumbens L.	Casse-tout-seul	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Tropaeolum majus L.	Capucine	Exotique	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Taxon non protégé
Urochloa maxima (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)
Annelide sp1	*Annélides*	-	-	BIOTOPE
Annellide sp2	*Annélides*	-	-	BIOTOPE
Baseodiscus delineatus	*Annélides*	-	-	VIE OCEANE
Baseodiscus hemprichii	*Annélides*	-	-	VIE OCEANE
Sabellidae sp1	*Annélides*	-	-	BIOTOPE
Spirobranchus sp.	*Annélides*	-	-	BIOTOPE
Alpheus lottini	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Amphinomidae sp1	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Arctides regalis	*Arthropodes*	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
Arthropode SP1	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Balanomorpha sp1	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Brachyura sp1	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Brachyura sp2	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Calcinus elegans	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Calcinus laevimanus	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Calcinus morgani	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Calcinus vanninii	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Camposcia cf. retusa	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Carpilius convexus	*Arthropodes*	Oui	-	BIOTOPE
Carpilius maculatus	*Arthropodes*	Oui	-	VIE OCEANE
Carupa tenuipes	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Chlorodiella nigra	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Cinetorhynchus erythrostictus	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Cinetorhynchus hiatti	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Clibanarius virescens	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Crabe sp1	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Crabe sp2	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Crabe sp3	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Crabe sp4	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Crevette sp1	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Cyclodius granulatus	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Cymo quadrilobatus	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Dardanus gemmatus	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Dardanus lagopodes	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Decapoda sp1	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE

5 Annexes

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
Echinoecus pentagonus	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Enoplometopus occidentalis	*Arthropodes*	Oui	Préoccupation mineure	BIOTOPE
Gnathophyllum americanum	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Goniosupradens obtusifrons	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Leptodius sanguineus	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Lophozozimus pulchellus	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Lybia tessellata	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Macromedaeus nudipes	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Majoides sp1	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Malacostraca sp1	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Menaethius monoceros	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Neaxius acanthus	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Panulirus penicillatus	*Arthropodes*	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
Percnon affine	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Percnon guinotae	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Percnon planissimum	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Pilodius areolatus	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Plagusia immaculata	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Portunus longispinosus	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Saron marmoratus	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Saron sp2	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Stenopus hispidus	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Thalamita admete	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Thalamita picta	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Thor amboinensis	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Thranita coeruleipes	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Trapezia bidentata	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Trapezia flavopunctata	*Arthropodes*	-	-	BIOTOPE
Xanthias lamarcki	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Zozimus aenus	*Arthropodes*	-	-	VIE OCEANE
Acanthastrea echinata	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Acropora abrotanoides	*Cnidaires*	Oui	En danger (Réunion)	VIE OCEANE
Acropora digitifera	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
Acropora gemmacea	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Acropora granulosa	*Cnidaires*	Oui	-	VIE OCEANE
Acropora humilis	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
Acropora muricata	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Acropora sp.	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Acropora tenuis	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE

5 Annexes

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
Coscinaraea monile	*Cnidaires*	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
Dipsastraea favus	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Dipsastraea matthaii	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Dipsastraea pallida	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Dipsastraea rotumana	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Dipsastraea speciosa	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Echinopora gemmacea	*Cnidaires*	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
Favites pentagona	*Cnidaires*	Oui	Préoccupation mineure	VIE OCEANE
Favites sp aff complanata	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Favites sp.	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Galaxea fascicularis	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
Goniastrea pectinata	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Goniastrea sp.	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Goniastrea stelligera	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Hydnophora exesa	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Hydnophora microconos	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Leptastrea purpurea	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Leptoria phrygia	*Cnidaires*	Oui	Quasi-menacé	VIE OCEANE
Montipora sp aff floweri	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Montipora sp aff informis	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Montipora sp aff undata	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
Montipora sp aff verrucosa	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Palythoa natalensis	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Pavona cactus	*Cnidaires*	Oui	Vulnérable	VIE OCEANE
Pavona decussata	*Cnidaires*	-	Vulnérable	VIE OCEANE
Pavona explanulata	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Pavona varians	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Platygyra daedalea	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Platygyra pini	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Pocillopora acuta	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Pocillopora grandis	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Pocillopora verrucosa	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Porites lobata	*Cnidaires*	-	Quasi-menacé	VIE OCEANE
Porites lutea	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Psammocora profundacella	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Telmatactis sp.	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Telmatactis sp. aff. decora	*Cnidaires*	-	-	VIE OCEANE
Turbinaria mesenterina	*Cnidaires*	-	Vulnérable	VIE OCEANE
Actinopyga mauritiana	*Echinoderme*	Oui	Vulnérable	BIOTOPE

5 Annexes

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
Actinopyga sp1	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Astroboa nuda	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Astropyga mauritiana	*Echinoderme*	-	-	VIE OCEANE
Colobocentrotus atratus	*Echinoderme*	Oui	-	BIOTOPE
Diadema cetosum	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Diadema savigny	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Echinometra mathaei	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Echinostrephus molaris	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Echinothrix calamaris	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Echinothrix diadema	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Euapta godeffroyi	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Eucidaris metularia	*Echinoderme*	Oui	-	BIOTOPE
Ferdina flavescens	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Fromia milleporella	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Heterocentrotus mamillatus	*Echinoderme*	Oui	-	BIOTOPE
Heterocentrotus trigonarius	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Holothuria (Microthele) nobilis	*Echinoderme*	Oui	En danger	BIOTOPE
Holothuria arenicola	*Echinoderme*	-	-	VIE OCEANE
Holothuria atra	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Holothuria cf. pervicax	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Holothuroidea sp1	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Holothuroidea sp2	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Holothuroidea sp3	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Holothuroidea sp4	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Holothuroidea sp5	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Holothutia impatiens	*Echinoderme*	-	-	VIE OCEANE
Ophiocoma cf cynthiae	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Ophiocoma dentata	*Echinoderme*	-	-	VIE OCEANE
Ophiocoma krohi	*Echinoderme*	-	-	VIE OCEANE
Ophiocoma pica	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Ophiotrichidae sp1	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Ophiuroidea sp1	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Ophiuroidea sp2	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Ophiuroidea sp3	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Ophiuroidea sp4	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Ophiuroidea sp5	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Stichopus cf sp1	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Stichopus chloronotus	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE

5 Annexes

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
Stichopus monotuberculatus	*Echinoderme*	-	-	VIE OCEANE
Stichopus sp cf monotuberculatus	*Echinoderme*	-	-	VIE OCEANE
Stichopus sp1	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Toxopneustes pilleolus	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Tripneustes gratilla	*Echinoderme*	-	-	BIOTOPE
Aplysia oculifera	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Bivalve sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Bullina lineata	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Bursatella leachii	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Caenogastropoda sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Callistoctopus ornatus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Cardita variegata	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Chama asparella	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Chama limbula	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Conidae cf coronatus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp10	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp11	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp2	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp3	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp4	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp5	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp6	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp7	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp8	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conidae sp9	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conus chaldaeus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conus coronatus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conus ebraeus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conus lividus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conus miliaris	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conus parvatus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Conus sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Cypraeidae sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Dendrodoris tuberculosa	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Dolabrifera dolabrifera	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Drupella cornus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Elysia marginata	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Engina cf. mendicaria	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE

5 Annexes

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
Euplica turturina	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Gasteropoda cf sp2	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Gasteropoda sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Gasteropoda sp2	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Gasteropoda sp3	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Gasteropoda sp4	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Gasteropoda sp5	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Gasteropoda sp6	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Gasteropoda sp7	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Gasteropoda sp8	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Gymnodoris citrina	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Gymnodoris okinawae	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Haliotis cf. rugosa	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Heterobranchia sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Hexabranchus sanguineus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Hydatina physis	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Jorunna funebris	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Jorunna parva	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Jorunna rubescens	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Mancinella alouina	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Mauritia mauritiana	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Mauritia sp1 cf arabica	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Modiolus auriculatus	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Mollusque sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Mollusque sp2	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Mollusque sp3	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Mollusque sp4	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Mollusque sp5	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Monetaria caputserpentis	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Monetaria sp. juvénile	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Morula aspera	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Morula uva	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Nassarius gaudiosus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Neopycnodonte cochlear	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Neritomorpha sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Nudibranche sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Octopus cyanea	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Patelle sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Patellogastropoda sp1	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE

5 Annexes

Nom scientifique	Embranchement	Espèce déterminante ZNIEFF	Statut UICN	Observateur (2021)
Peristernia forkali	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Phanerophthalmus sp.	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Pinctada imbricata	*Mollusque*	(Non id. ?)	-	VIE OCEANE
Pinna muricata	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Pleurobranchus peronii	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Quasimitra cf raphaeli	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Streptopinna saccata	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Strigatella cf litterata	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Tanea undulata	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Tonna perdix	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Tridacna maxima	*Mollusque*	Oui	-	VIE OCEANE
Tridacna squamosa	*Mollusque*	Oui	-	VIE OCEANE
Turbo argyrostomus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Turbo setosus	*Mollusque*	-	-	BIOTOPE
Vexillum amabile	*Mollusque*	-	-	VIE OCEANE
Paraplanocera sp. aff. oligoglena	*Plathelminthes*	-	-	VIE OCEANE
Pericelis sp.	*Plathelminthes*	-	-	VIE OCEANE
Plathelminthe sp1	*Plathelminthes*	-	-	BIOTOPE
Plathelminthe sp2 cf Pseudocerotid sp	*Plathelminthes*	-	-	BIOTOPE
Plathelminthe sp3	*Plathelminthes*	-	-	BIOTOPE
Prosthiostomidae sp.	*Plathelminthes*	-	-	VIE OCEANE
Pseudobiceros gratus	*Plathelminthes*	-	-	VIE OCEANE
Pseudobiceros sp1	*Plathelminthes*	-	-	BIOTOPE
Haliclona sp1	*Spongiaire*	-	-	BIOTOPE
Spongiaire sp1	*Spongiaire*	-	-	BIOTOPE
Spongiaire sp2	*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*

5 Annexes



Echinoderme : *Toxopneustes pileolus*



Mollusque : *Jorunna parva*



Spongiaire : *Haliclona non identifiée*



Mollusque : *Hexabranchus sanguineus*

5 Annexes

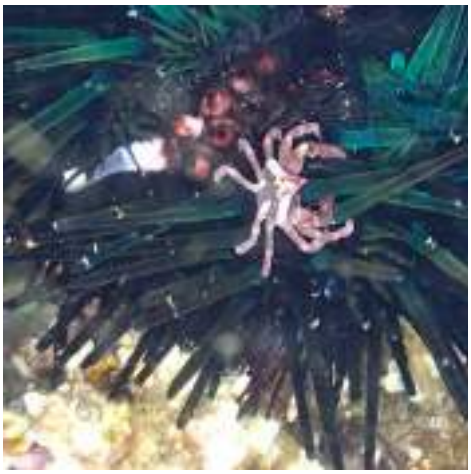


Mollusque : *Monetaria caputserpentis*



Mollusque : *Turbo setosus*

- Espèces observées durant les prospections nocturnes :



Arthropode : *Echinoecus pentagonus*



Arthropode : *Saron marmoratus*

5 Annexes



Echinoderme : *Euapta godeffroyi*



Echinoderme : *Astroboa nuda*



Mollusque : *Bullina lineata*



Mollusque: *Bursatella leachii*

5 Annexes



Mollusque : *Hydatina physis*



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	*Acanthurus guttatus* Bloch & Schneider, 1801	Biotope, 20218	
Acanthuridae	*Acanthurus nigricauda* Duncker & Mohr, 1929	Biotope, 20218	
Acanthuridae	*Acanthurus nigrofuscus* (Forsskål in Niebuhr, 1775)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Acanthuridae	*Acanthurus polyzona* (Bleeker, 1868)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Acanthuridae	*Acanthurus triostegus* (Linnaeus, 1758)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Acanthuridae	*Ctenochaetus binotatus*		*Vie Océane 2021*
Acanthuridae	*Ctenochaetus striatus* (Quoy & Gaimard, 1825)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Acanthuridae	*Naso brevirostris* (Cuvier, 1829)	Biotope, 20218	
Acanthuridae	*Naso elegans* (Rüppell, 1829) (Nouveau nom de *Naso lituratus)*	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Acanthuridae	*Naso unicornis* (Forsskål in Niebuhr, 1775)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Acanthuridae	*Zebrasoma scopas* (Cuvier, 1829)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Holocentridae	*Myripristis aff. hexagona*		*Vie Océane 2021*
Holocentridae	*Sargocentron diadema* (Lacepède, 1802)	Biotope, 20218	
Holocentridae	*Sargocentron punctatissimum*		*Vie Océane 2021*
Mullidae	*Mulloidichthys auriflamma* (Forsskål in Niebuhr, 1775)	Biotope, 20218	
Mullidae	*Mulloidichthys flavolineatus* (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Mullidae	*Mulloidichthys vanicolensis*		*Vie Océane 2021*
Mullidae	*Parupeneus ciliatus*		*Vie Océane 2021*
Mullidae	*Parupeneus cyclostomus* (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	
Mullidae	*Parupeneus macronemus* (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Mullidae	*Parupeneus trifasciatus* (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Mullidae	*Parupeneus trifasciatus* (Lacepède, 1801)	Biotope, 2021	
Scaridae	*Chlorurus sordidus*		*Vie Océane 2021*
Scaridae	*Scarus scaber* Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1840	Biotope, 20218	
Scaridae	*Scarus sp.*	Biotope, 20218	
Serranidae	*Epinephelus merra* Bloch, 1793	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Serranidae	*Grammistes sexlineatus* (Thunberg, 1792)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Siganidae	*Siganus sutor* (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1835)	Biotope, 20218	
Apogonidae	*Apogon sp.*	Biotope, 20218	
Apogonidae	*Ostorhinchus aff. cookii*		*Vie Océane 2021*
Apogonidae	*Ostorhinchus aff. taeniophorus*		*Vie Océane 2021*
Apogonidae	*Pristiapogon kallopterus*		*Vie Océane 2021*
Atherinidae	*Atherinomorus aff. lacunosus*		*Vie Océane 2021*
Aulostomidae	*Aulostomus chinensis* (Linnaeus, 1766)	Biotope, 20218	
Balistidae	*Rhinecanthus rectangulus* (Lacepède in Bloch & Schneider, 1801)	Biotope, 20218	
Balistidae	*Sufflamen bursa* (Lacepède in Bloch & Schneider, 1801)	Biotope, 20218	
Balistidae	*Sufflamen chrysopterum* (Bloch & Schneider, 1801)	Biotope, 20218	
Belonidae	*Strongylura (leiura)*	Biotope, 2021	*Vie Océane 2021*
Blenniidae	*Bleniella gibbifrons*		*Vie Océane 2021*
Blenniidae	*Bleniella periophatalmus*		*Vie Océane 2021*
Blenniidae	*Cirripectes castaneus*	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*

5 Annexes

Famille	Nom scientifique	Source	
Blenniidae	*Cirripectes randalli*		*Vie Océane 2021*
Blenniidae	*Cirripectes stigmaticus*		*Vie Océane 2021*
Blenniidae	*Ecsenius lineatus* Klausewitz, 1962	Biotope, 20218	
Blenniidae	*Exallias brevis* (Kner, 1868)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Blenniidae	*Isitiblennius edentulus*		*Vie Océane 2021*
Bothidae	*Bothus mancus*		*Vie Océane 2021*
Chaetodontidae	*Chaetodon auriga* Forsskål in Niebuhr, 1775	Biotope, 20218	
Chaetodontidae	*Chaetodon guttatissimus* Bennett, 1833	Biotope, 20218	
Chaetodontidae	*Chaetodon kleinii* Bloch, 1790	Biotope, 20218	
Chaetodontidae	*Chaetodon lineolatus* (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1831)	Biotope, 20218	
Chaetodontidae	*Chaetodon lunula* (Lacepède, 1802)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Chaetodontidae	*Chaetodon meyeri* Schneider in Bloch & Schneider, 1801	Biotope, 20218	
Chaetodontidae	*Chaetodon trifasciatus* Park, 1797	Biotope, 2021	*Vie Océane 2021*
Chaetodontidae	*Chaetodon vagabundus* Linnaeus, 1758	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Chaetodontidae	*Forcipiger flavissimus* Jordan & McGregor in Jordan & Evermann, 1898	Biotope, 2021	
Chaetodontidae	*Heniochus acuminatus* (Linnaeus, 1758)	Biotope, 20218	
Cirrhitidae	*Cirrhitops fasciatus* (Bennett, 1828)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Cirrhitidae	*Paracirrhites arcatus* (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1829)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Cirrhitidae	*Paracirrhites forsteri* (Schneider in Bloch & Schneider, 1801)	Biotope, 20218	
Congridae	*Conger cinereus*	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Fistulariidae	*Fistularia commersonii* Rüppell, 1838	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Gobiidae	*Pleurosicya micheli*		*Vie Océane 2021*
Kuhliidae	*Kuhlia caudavittata*		*Vie Océane 2021*
Kuhliidae	*Kuhlia marginata*		*Vie Océane 2021*
Kuhliidae	*Kuhlia mugil*		*Vie Océane 2021*
Kyphosidae	*Kyphosus aff. cinerascens*		*Vie Océane 2021*
Kyphosidae	*Kyphosus vaigiensis*		*Vie Océane 2021*
Labridae	*Anampses caeruleopunctatus* Rüppell, 1829	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Labridae	*Anampses lineatus* Randall, 1972	Biotope, 20218	
Labridae	*Cheilinus trilobatus* Lacepède, 1801	Biotope, 20218	
Labridae	*Coris aygula* Lacepède, 1801	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Labridae	*Coris cuvieri*		*Vie Océane 2021*
Labridae	*Gomphosus caeruleus* Lacepède, 1801	Biotope, 20218	
Labridae	*Halichoeres hortulanus*		*Vie Océane 2021*
Labridae	*Halichoeres marginatus*		*Vie Océane 2021*
Labridae	*Halichoeres nebulosus* (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1839)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Labridae	*Halichoeres scapularis* (Bennett, 1832)	Biotope, 20218	
Labridae	*Halichoeres sp juv*		*Vie Océane 2021*
Labridae	*Labroides dimidiatus* (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1839)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Labridae	*Thalassoma amblycephalum* (Bleeker, 1856)	Biotope, 20218	
Labridae	*Thalassoma genivittatum* (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1839)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Labridae	*Thalassoma hardwicke* (Bennett, 1830)	Biotope, 20218	
Labridae	*Thalassoma purpureum*		*Vie Océane 2021*
Labridae	*Thalassoma trilobatum* (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Labridae	*Novaculichthys taeniourus*		*Vie Océane 2021*
Microdesmidae	*Nemateleotris magnifica* Fowler, 1938	Biotope, 20218	
Microdesmidae	*Ptereleotris evides* (Jordan & Hubbs, 1925)	Biotope, 20218	

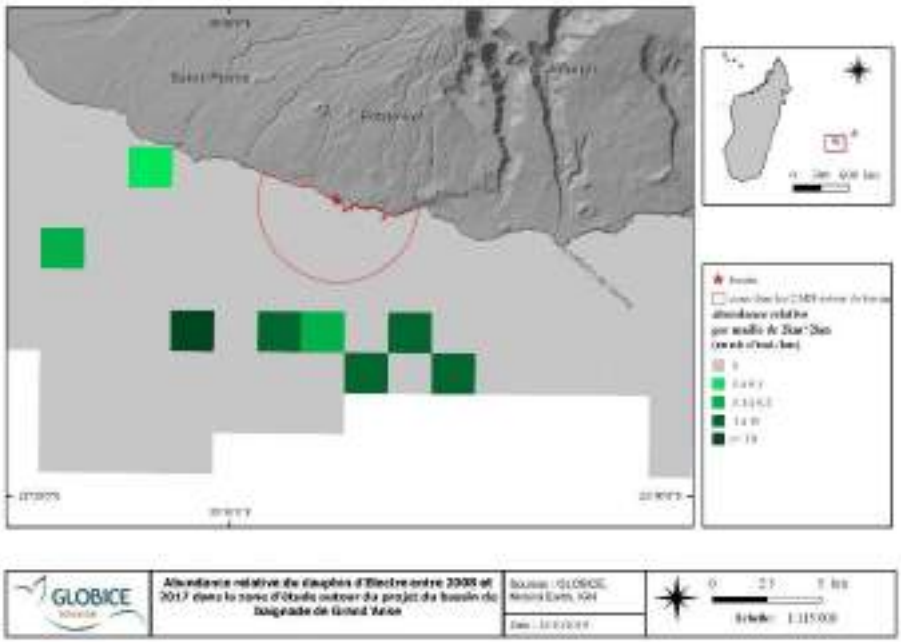
5 Annexes

Famille	Nom scientifique	Source	
Monacanthidae	*Pervagor janthinosoma*		*Vie Océane 2021*
Mugilidae	*Crenimugil aff. crenilabis*		*Vie Océane 2021*
Muraenidae	*Echidna nebulosa* (Ahl, 1789)	Biotope, 2021	*Vie Océane 2021*
Muraenidae	*Gymnomuraena zebra* (Shaw in Shaw & Nodder, 1797)	Biotope, 2021	
Muraenidae	*Gymnothorax chilospilus* Bleeker, 1864	Biotope, 2021	
Muraenidae	*Gymnothorax enigmaticus*		*Vie Océane 2021*
Muraenidae	*Gymnothorax eurostus* (Abbott, 1860)	Biotope, 2021	
Muraenidae	*Gymnothorax griseus*		*Vie Océane 2021*
Muraenidae	*Gymnothorax meleagris*		*Vie Océane 2021*
Muraenidae	*Gymnothorax rueppelliae* (McClelland, 1845)	Biotope, 2021	*Vie Océane 2021*
Ostraciidae	*Ostracion cubicus* Linnaeus, 1758	Biotope, 2021	*Vie Océane 2021*
Pempheridae	*Pempheris oualensis*		*Vie Océane 2021*
Pempheridae	*Pempheris schwenckii* Bleeker, 1855	Biotope, 20218	
Pempheridae	*Pempheris sp*		*Vie Océane 2021*
Pinguipedidae	*Parapercis sp.*	Biotope, 20218	
Pomacanthidae	*Centropyge bispinosa*		*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Abudefduf sexfasciatus* (Lacepède, 1801)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Abudefduf sparoides*		*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Abudefduf vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Chromis nigrura* Smith, 1960	Biotope, 20218	
Pomacentridae	*Chrysiptera brownriggii* (Bennett, 1828)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Chrysiptera glauca* (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1830)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Dascyllus aruanus*		*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Dascyllus trimaculatus*		*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Plectroglyphidodon dickii* (Liénard, 1839)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Plectroglyphidodon imparipennis* (Sauvage in Vaillant & Sauvage, 1875)	Biotope, 20218	
Pomacentridae	*Plectroglyphidodon lacrymatus* (Quoy & Gaimard, 1825)	Biotope, 20218	
Pomacentridae	*Plectroglyphidodon phoenixensis* (Schultz, 1943)	Biotope, 20218	
Pomacentridae	*Pomachromis richardsoni* (Snyder, 1909)	Biotope, 20218	
Pomacentridae	*Stegastes limbatus* (Cuvier in Cuvier & Valenciennes, 1830)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Pomacentridae	*Stegastes luteobrunneus* (Smith, 1960)	Biotope, 20218	
Pomacentridae	*Stegastes nigricans* (Lacepède, 1802)	Biotope, 20218	
Pomacentridae	*Stethojulis albovittata* (Bonnaterre, 1788)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*
Scorpaenidae	*Caracanthus sp*	Biotope, 2021	*Vie Océane 2021*
Scorpaenidae	*Dendrochirus zebra*		*Vie Océane 2021*
Scorpaenidae	*Pterois antennata* (Bloch, 1787)	Biotope, 2021	*Vie Océane 2021*
Scorpaenidae	*Pterois miles*		*Vie Océane 2021*
Scorpaenidae	*Scorpaenopsis diabolus*		*Vie Océane 2021*
Scorpaenidae	*Sebaspistes aff. mauritiana*		*Vie Océane 2021*
Scorpaenidae	*Sebastapistes tinkhami* (Fowler, 1946)	Biotope, 2021	*Vie Océane 2021*
Scorpaenidae	*Taenianotus triacanthus* Lacepède, 1802	Biotope, 2021	
Serranidae	*Epinephelus hexagonatus*		*Vie Océane 2021*
Syngnathidae	*Corythoichthys flavofasciatus*		*Vie Océane 2021*
Syngnathidae	*Corythoichthys schultzi*		*Vie Océane 2021*
Syngnathidae	*Doryrhamphus bicarinatus*		*Vie Océane 2021*
Syngnathidae	*Hippocampus jayakari* Boulenger, 1900	Biotope, 2021	
Synodontidae	*Saurida gracilis*		*Vie Océane 2021*

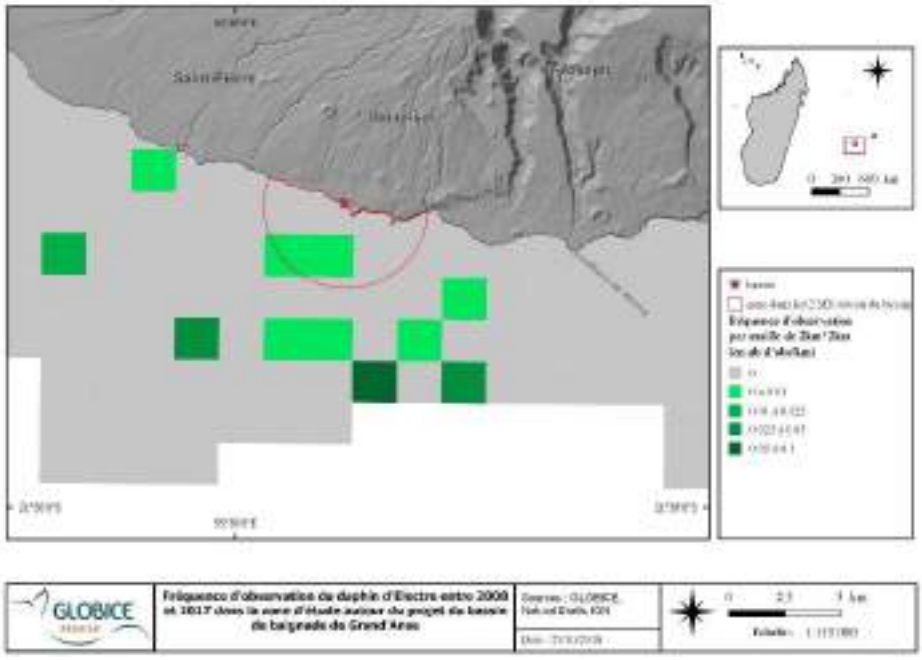
5 Annexes

Famille	Nom scientifique	Source	
Synodontidae	*Synodus dermatogenys*		*Vie Océane 2021*
Tetraodontidae	*Canthigaster aff. amboinensis*		*Vie Océane 2021*
Tripterygiidae	*Enneapterygius gruschkai*		*Vie Océane 2021*
Tripterygiidae	*Enneapterygius sp.*		*Vie Océane 2021*
Tripterygiidae	*Enneapterygius tutuilae*		*Vie Océane 2021*
Zanclidae	*Zanclus cornutus* (Linnaeus, 1758)	Biotope, 20218	*Vie Océane 2021*

Annexe 6. Eléments cartographiques relatifs aux mammifères observés dans la zone d'étude

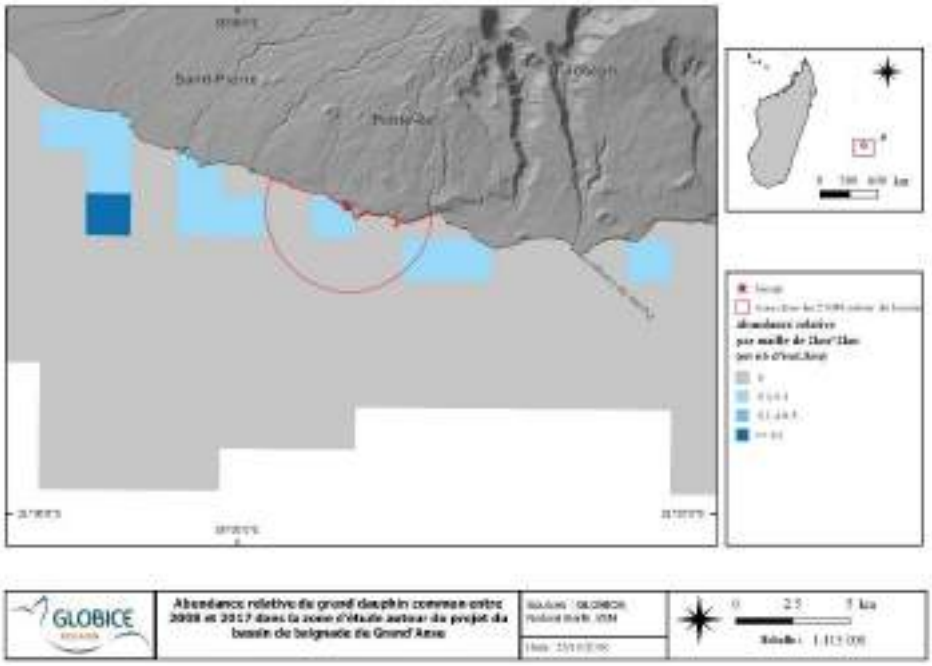


Abondance relative du Dauphin d'Électre entre 2008 et 2017

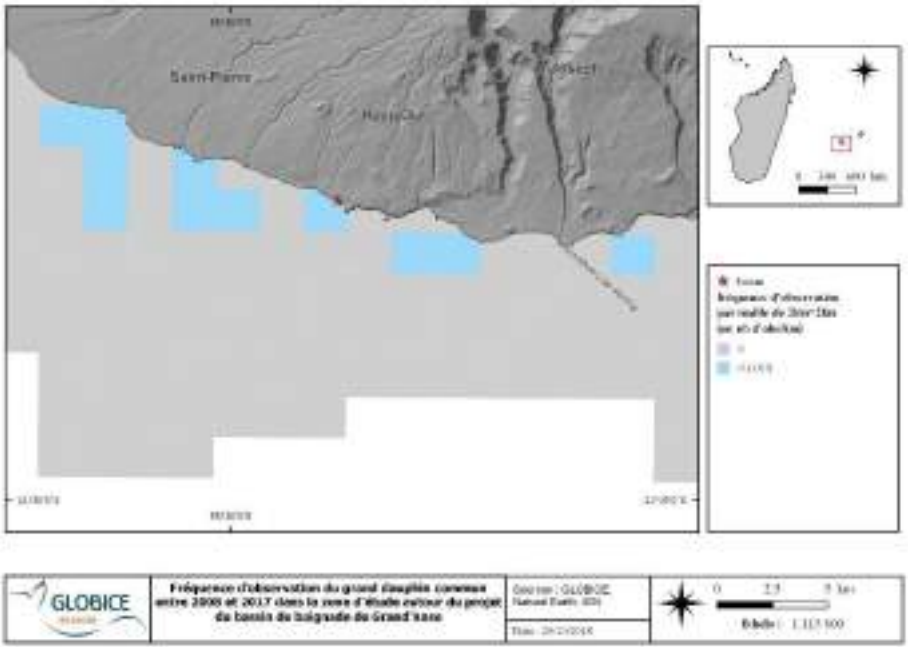


Fréquence d'observation du Dauphin d'Électre entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

5 Annexes

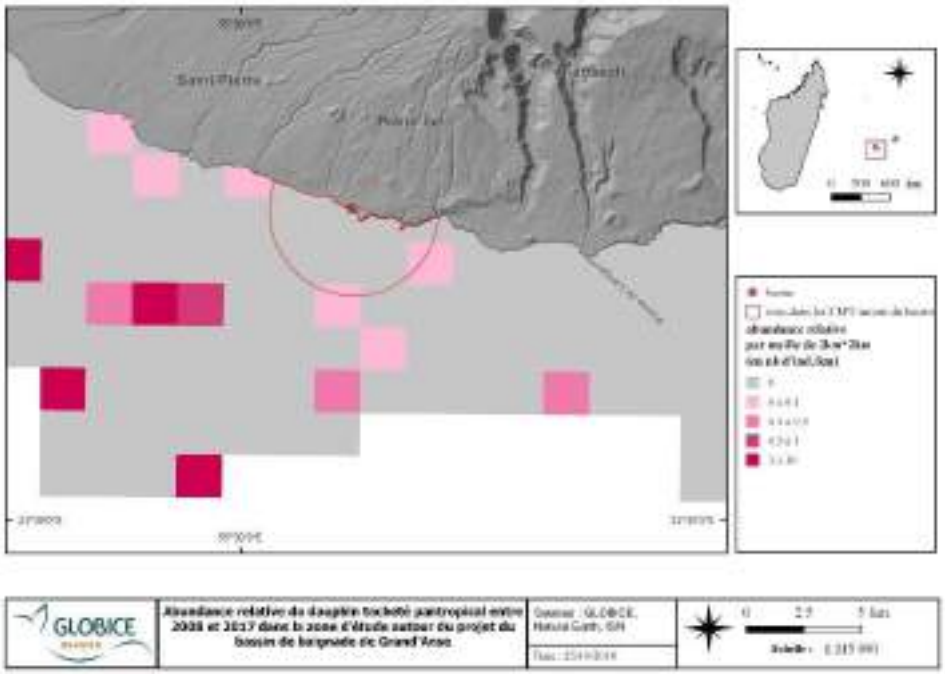


Abondance relative du Grand dauphin commun entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

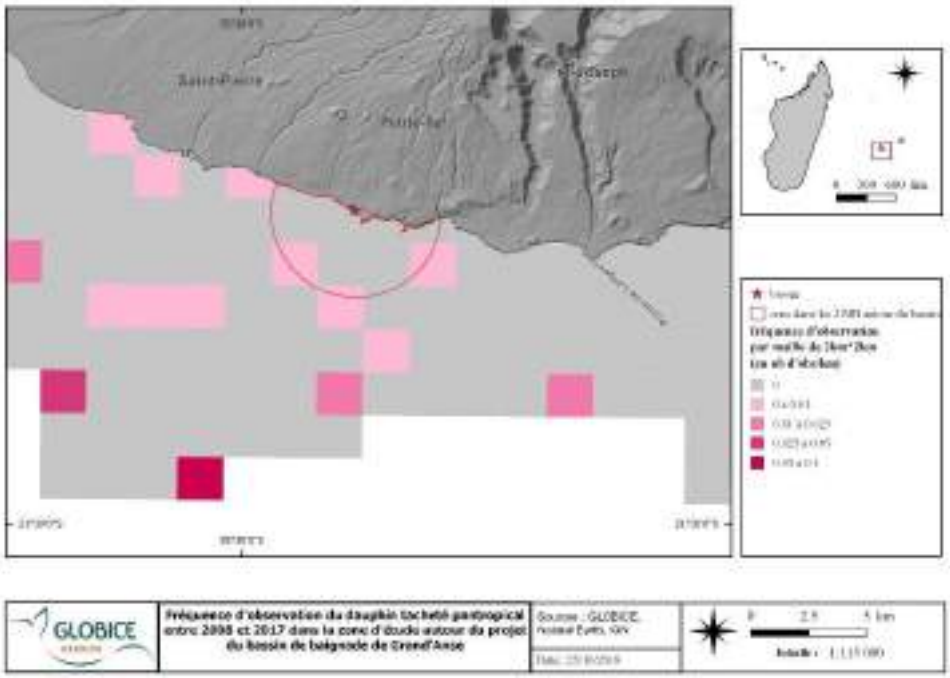


Fréquence relative du Grand dauphin commun entre 2008 et 2017 (Globice, 2018)

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 6: PHASE 2 – IMPACTS ET MESURES VOLET FAUNE ET FLORE BIOTOPE



Maraina
Au service des territoires

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)

biotope

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

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 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 enfouit 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

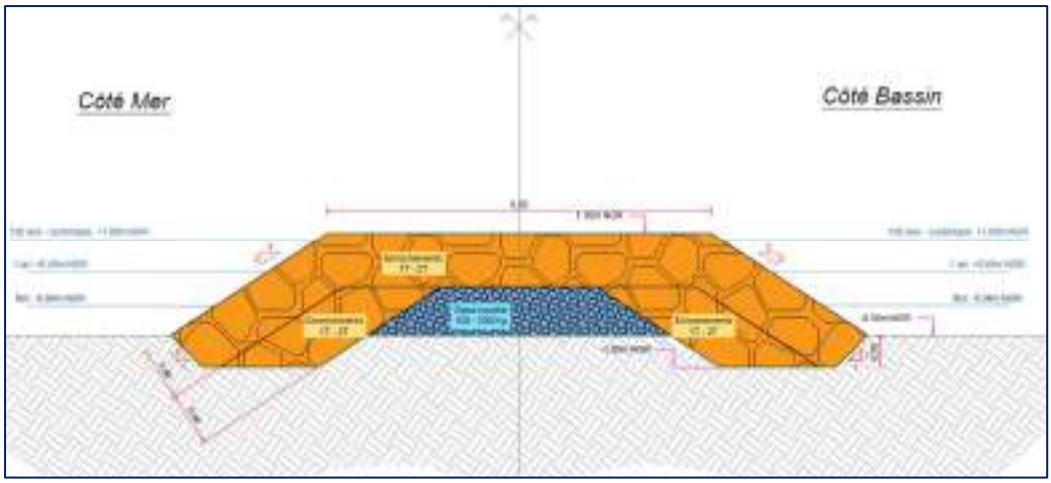


Figure 5 – Coupe de la digue – Tronçon principal

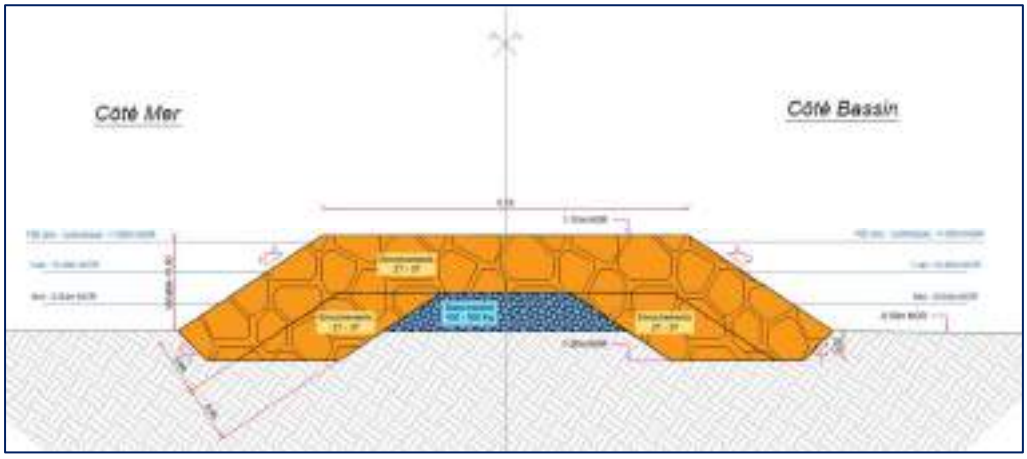


Figure 6 – Coupe de la digue – Tronçon de retour

Description simplifiée du projet et des travaux en lien avec l'évaluation environnementale

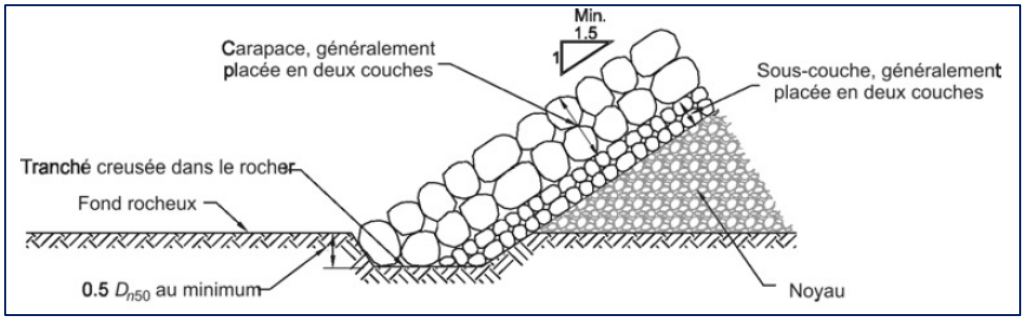


Figure 7 – Détail d'un pied sur fond rocheux (Rock manuel §6.3.4.1)

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

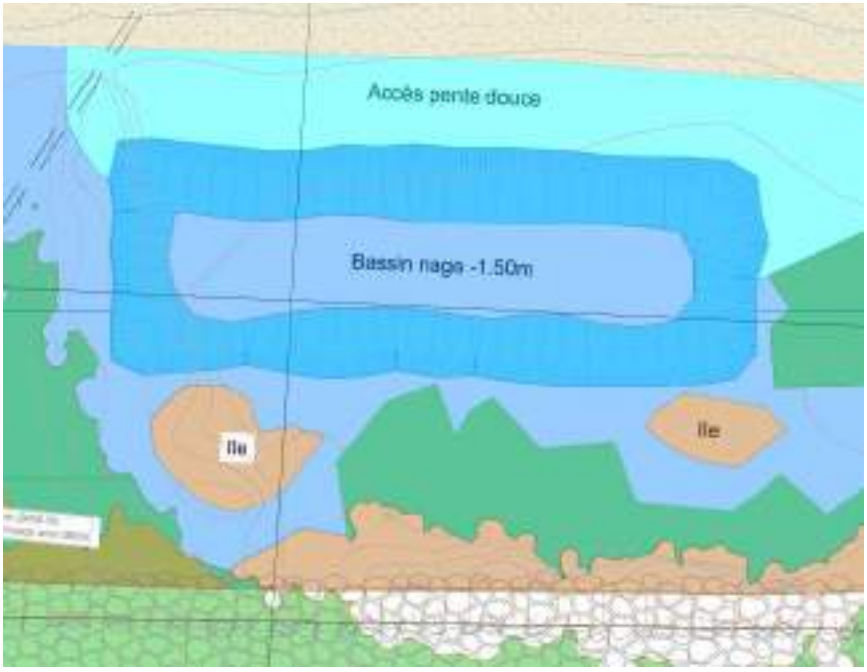


Figure 8 – Vue en plan et coupe de la fosse d'apprentissage (Suez, 2022)

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

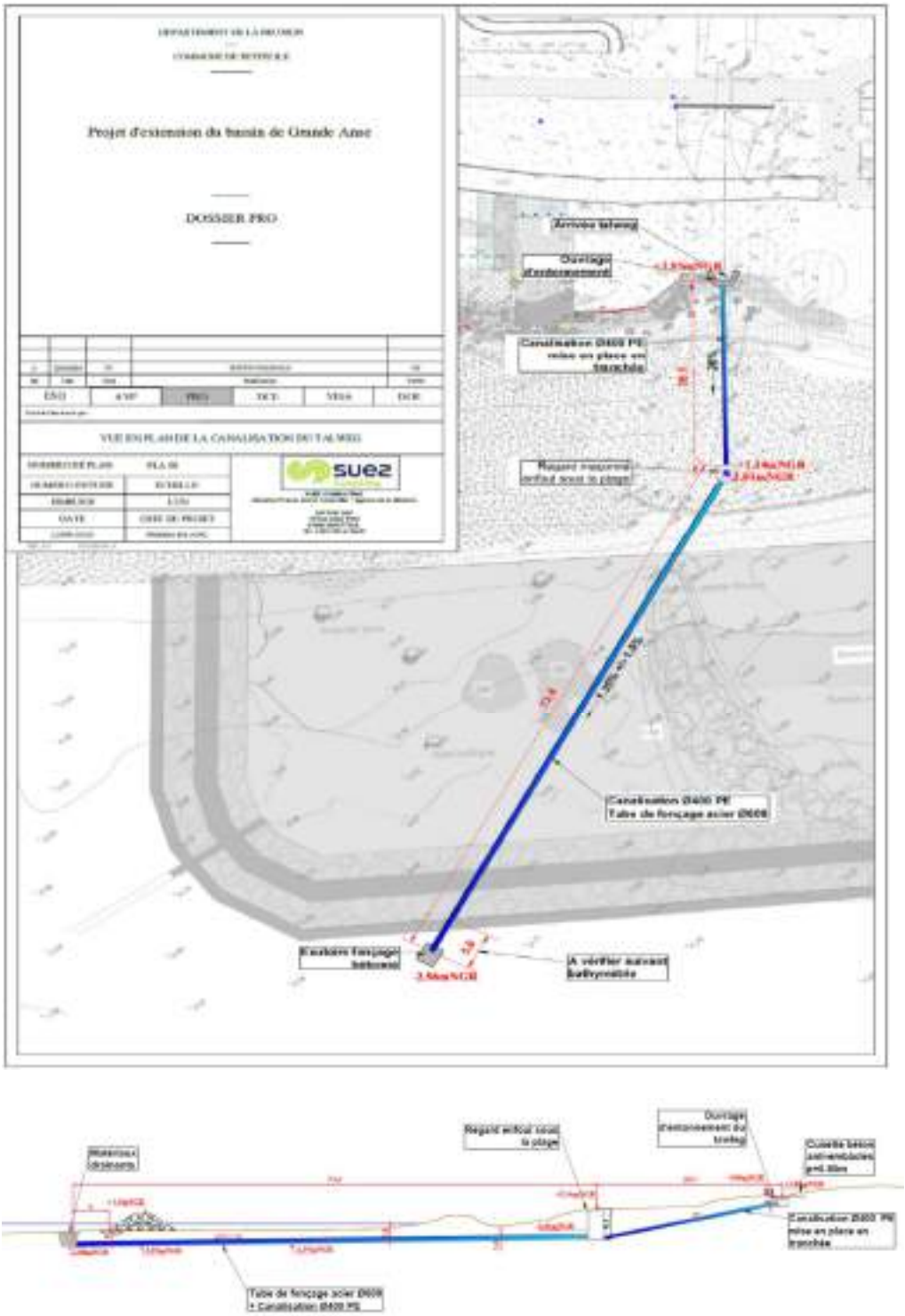


Figure 9 : Plan de la localisation de la canalisation du Talweg et coupe de principe (Suez, 2022).

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.

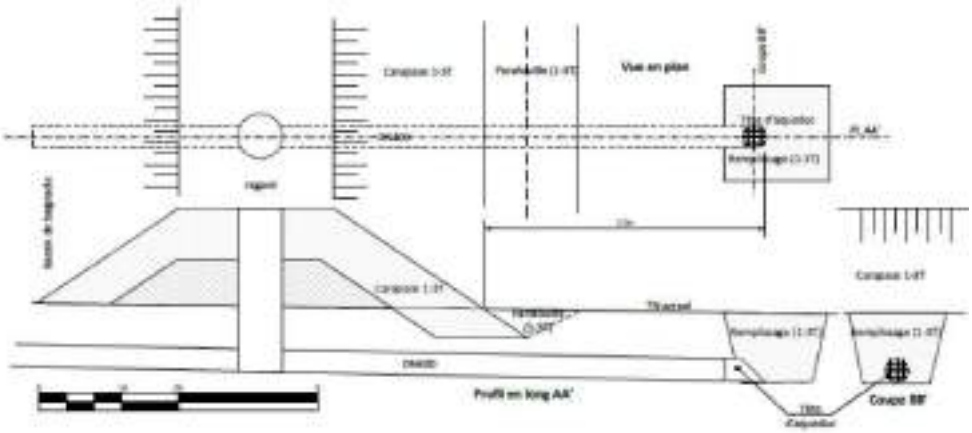


Figure 10 – Principe de passage sous la digue et d'exutoire en pleine mer

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 réfaction 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 ;
    - *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

- *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 ;

  - *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.

  - *Les méthodes de déroctage envisagées consistent en l'utilisation préssentie 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 (*Canavalia rosea)* et à Patate à Durand (*Ipomoea pes-caprae subsp. Brasiliensis)*.
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 *(Furcifer pardalis)* 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. Ben 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 future 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 1er 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.

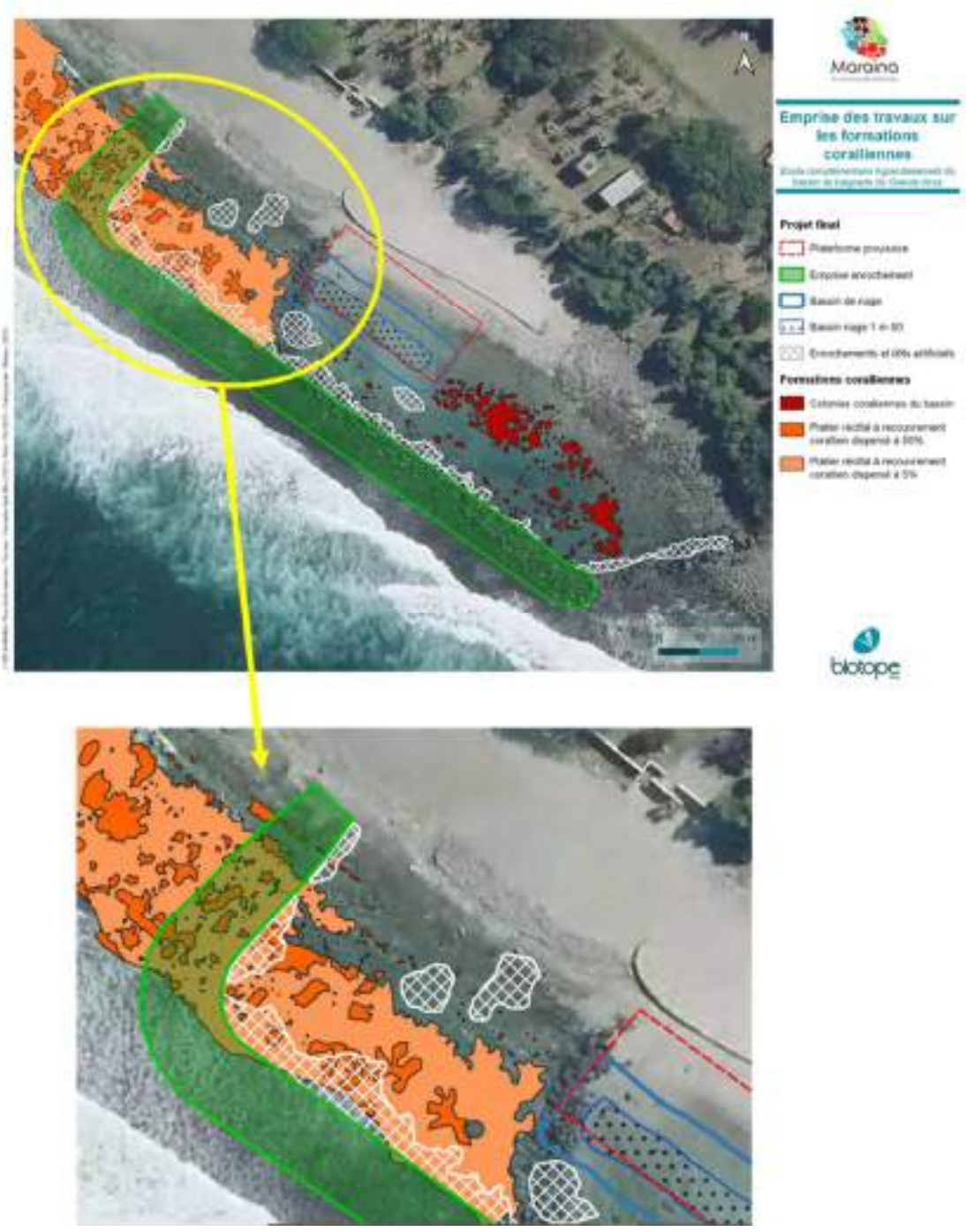


Figure 12 : Carte de localisation des aménagements et impacts sur le platier récifal (avec les enrochements)

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

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 (m²)	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 (m²)	Surfaces estimées de colonies coralliennes impactées potentiellement par les aménagements (m²)
Platier récifal à colonies coralliennes dispersées *Recouvrement corallien inférieur à 5%*	1572	79
Platier récifal à colonies coralliennes dispersées *Recouvrement corallien supérieur à 50%*	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 entrainer 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'aménagement**1** 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 réglementaires[2] 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, 2022[3]). 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) impulsionnels 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

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
		Ensouillage 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	118-188	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	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 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	0,008-5	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 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.

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 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 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 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.

Impacts cumulés

Pour cette étude, aucun projet en cours[4] 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

- 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)

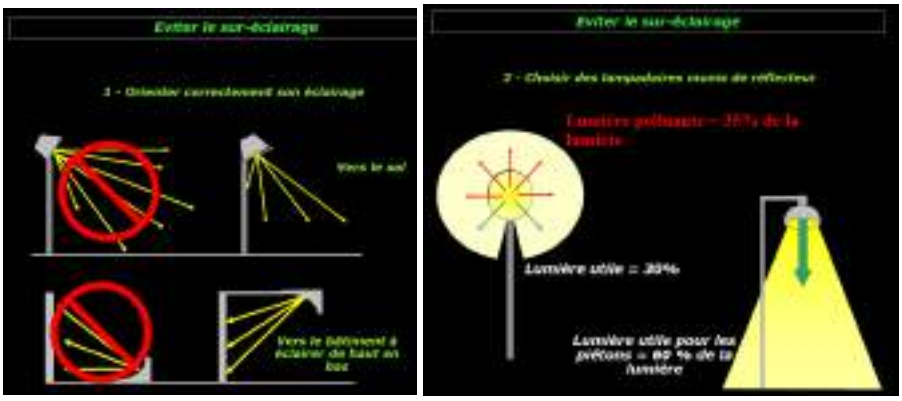
Ces mesures sont détaillées dans les chapitres suivants, sous forme de fiches détaillées.

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 complémentement 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 identifier les possibilités réalistes pour limiter l'impact lié à l'emprise littorale terrestre et maritime, 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).

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, 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. 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.  *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

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 maitrise 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 (référencée 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 météos particulières (fortes pluies et vent) sur la qualité de l'eau en protégeant au maximum le chantier lors de ces évènements.
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**

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).

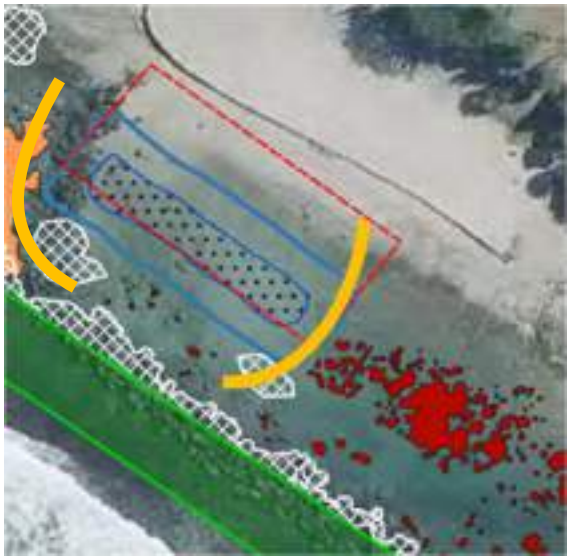


Figure 14: Représentation de principe pour la localisation des barrières anti-MES à disposer lors du creusement de la fosse de natation - linéaire orangé sur la carte-

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

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 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 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 maitrise 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 hydrosédimendaire 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 paramètres doivent donc être étudiés durant les travaux maritimes jugés sensibles pour les communautés vivantes (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, *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.* Les méthodes de suivi 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 travaux suivis et zone d'étude 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 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 (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.

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)
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. *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).*
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

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.

3. 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.
4. Suivi acoustique marin des travaux, en veillant au respect des seuils SEL/SPL réglementaires (SEL 160dB re 1 µPa².s / SPL 190 dB re 1 µPa) (mesure avant travaux, suivi sur le 1er 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 impulsionnel.

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, 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. 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)

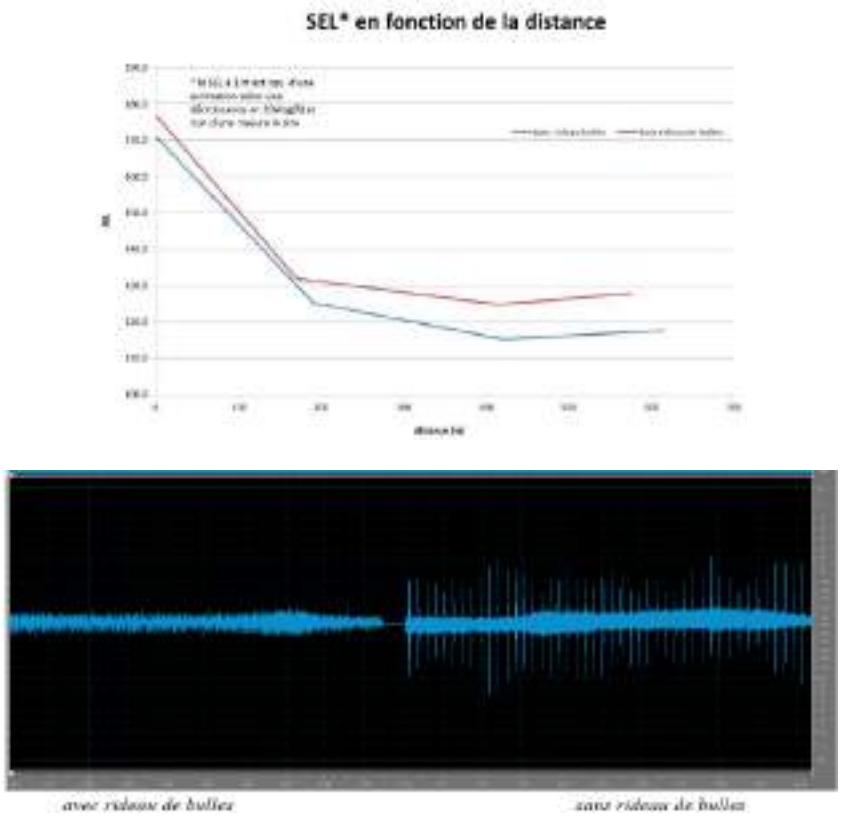


Figure 15 : Exemple de gain acoustique (graphique et sonogramme) obtenu avec l'utilisation d'un double rideau de bulles lors d'une opération de brise-roche à La Possession dans le cadre du chantier NRL (Nortékméd, 2015)

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>

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, <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.

Mesure R04	Gestion des travaux en lien avec la problématique mégafaune marine
	➢ **Limitation des contextes à risque** ***Réduction des bruits des travaux en adaptant la conception du projet*** Sur la base des connaissances actuelles, il est possible de définir des modes opératoires ou travaux moins bruyants dans la colonne d'eau. ***Adaptation du calendrier des travaux en fonction des espèces*** 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…). ***Mise en place d'un plan d'alerte bruit et d'un plan d'échouage des mammifères marins et tortues marines*** 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 agrées, …). 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

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 la gestion des eaux pluviales, 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 gestion des déchets, 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 flore exotique envahissante (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 renouvellement de l'eau dans le bassin 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.

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	**L'intégration et la gestion environnementale du projet** 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. 1/ L'analyse préalable : - 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...).

Mesure R07	Accompagnement environnemental du projet
	3/ la réalisation du chantier - 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 (SOSED). 4/ la remise en état du site. - 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. **L'accompagnement et la coordination environnementale du projet** 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

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. Parmi les points d'attention, il veillera au respect des mesures 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.

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, deux points seront traités avec vigilance : - 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 (Furcifer pardalis) 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). **Comité de suivi** 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 maitrise 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 4 grandes étapes : • (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

Mesure R08	Opération expérimentale de transplantation des colonies coralliennes concernées par le projet d'aménagement du bassin
	conviendra d'assurer des conditions environnementales propices au développement des espèces prélevées.
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) et partenaire(s)	Maîtrise d'ouvrage, DMSOI, DEAL, RNMR, opérateurs spécialisés (association, bureau d'études…)

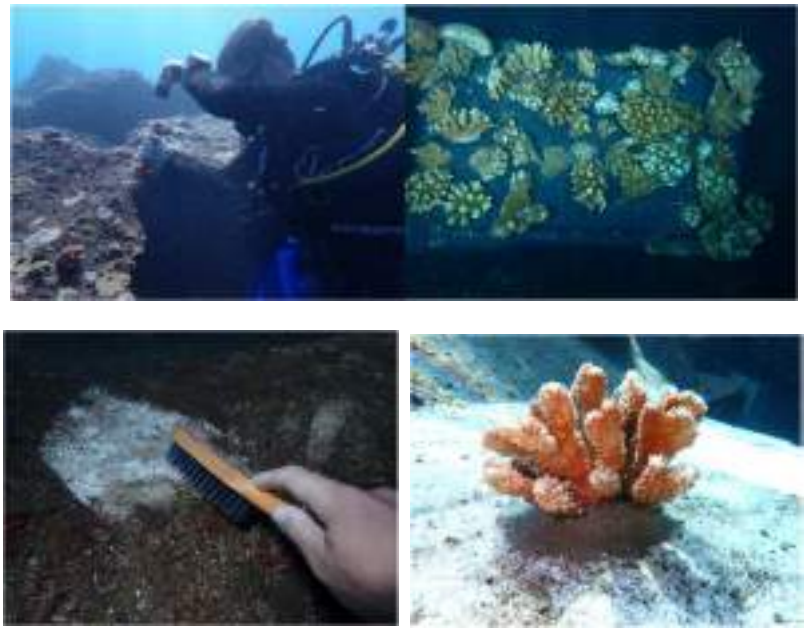


Figure 16 : Illustration de certaines étapes pour la transplantation corallienne (prélèvement, stockage, nettoyage du site récepteur, transplantation/bouturage (© Biotope, 2022)

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 proposées 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

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	**Suivi des peuplements benthiques et ichtyologiques de substrat dur** 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). Préalablement au début des travaux, il convient de réaliser un état 0 sur la base de la méthodologie retenue et validée. Durant la période des travaux, il est proposé la réalisation d'un suivi semestriel. Lors de l'exploitation, 1 suivi annuel sera réalisé (après livraison du bassin de baignade) sur une durée de 10 ans après les travaux. Les différents **paramètres** concernés doivent permettre le suivi : des invertébrés fixes (coraux), des invertébrés mobiles et des poissons. Pour les peuplements benthiques fixés, 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 peuplements benthiques mobiles, 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 peuplements benthiques fixes, 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 invertébrés mobiles, 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 poissons, 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 bancarisation des résultats 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 € *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.*
Opérateur(s) et partenaire(s) pressentis	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.
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 revu, 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>**

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). **Analyse des données et interprétation** 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…)

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).

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 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**
	MOYEN	Développement des espèces végétales exotiques envahissantes		**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 Risques de pollution de l'habitat marin *Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)* *Rejets des déchets de chantier* Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau *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) Impact sur la fonctionnalité écologique locale *Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine* Risques de pollution de l'habitat marin *Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)* *Rejets des déchets de chantier*	Mesure E01 – Définition d'un projet de bassin de baignade intégrant les enjeux écologiques terrestres et marins 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 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)	**FAIBLE** *Il est à noter la destruction localisée du platier interne, faiblement colonisé par les colonies coralliennes (zone fortement battue).* *Différentes mesures ont été proposées pour concerver et permettre le développement des colonies coralliennes présentes dans le bassin.* ***Au regard des effets résiduels localisés sur les colonies coralliennes, une mesure de compensation est proposée***

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 (*Chelonia mydas*) **Tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*)**	**FAIBLE A FORT**	Risques de pollution de l'habitat marin *Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)* *Rejets des déchets de chantier* Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau *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) Impact sur la fonctionnalité écologique locale *Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine*	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** *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.* *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.*
MAMMIFERES MARINS				
Grand dauphin de l'Indo Pacifique (*Tursiops aduncus*) **Baleine à bosse *(Megaptera novaeangliae)***	**MOYEN A FORT**	Dérangement sonore des cétacés lors des travaux *Ensemble des émissions sonores considérées comme perturbatrices pour la faune (travaux bruyants, trafic maritime…)*	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** *Les différentes mesures proposées permettent de limiter considérablement les incidences sur ces espèces, au travers notamment de la gestion et suivi des*

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 *Pollution lors des travaux (fuite d'huiles des engins, rejets mal maîtrisés etc.)* *Rejets des déchets de chantier*	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)	*nuisances acoustiques (et de la qualité de l'eau).*
		Dégradation des habitats marins et des espèces par l'altération de la qualité de l'eau *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)		
		Impact sur la fonctionnalité écologique locale *Altération des habitats côtiers, susceptible de modifier les continuités et fonctionnement écologique pour la faune marine*		

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 *Recouvrement corallien inférieur à 5%*	1572	79
Platier à colonies coralliennes dispersées *Recouvrement corallien supérieur à 50%*	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

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. 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 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 récifale. 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. *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.*

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	*1/ Etape préalable : la définition et validation des limites du site* 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. *2/ Elaboration d'un plan de gestion du site* 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. *3/ Mise en œuvre des actions du plan de gestion* Cette mesure de compensation intègre également la mise en œuvre d'actions importantes à mettre en place, 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). *4/ Mise en place d'une équipe et des moyens divers dédiés au site* 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. Les moyens humains mobilisables 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/éduction/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…). *5/ Suivi du site* 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. *1/ Calendrier prévisionnel de réalisation de la mesure* ⇨ Année 1 (potentiellement 2024) ▪ 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. ⇨ Année 2 ▪ Finalisation du plan de gestion ; ▪ Mise en œuvre des premières actions prioritaires. ⇨ Années 2 à 10 ▪ Poursuite de la mise en œuvre des actions prioritaires.

Définition des effets et propositions des mesures environnementales du projet

<table>
<tr><td>Mesure de compensation</td><td>PLAN DE GESTION ET MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS PRIORITAIRES EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITE POUR LE SITE LITTORAL DE GRANDE ANSE</td></tr>
<tr><td></td><td>⇨ 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.</td></tr>
<tr><td>Indicateurs de suivi</td><td>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 / Livrable : compte-rendu validé</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 / Livrable : CR de réunion de consultation + livrable (plan de gestion)</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 / Livrable : compte-rendu réunion (avec Etat et ensemble des acteurs impliqués)</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 / Livrable : rapport annuel d’activité (actions réalisées)</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 / Livrable : rapport d’évaluation</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 / Livrable : plan de gestion actualisé</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Estimation financière</td><td>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.</td></tr>
</table>

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 hydro-dynamiques 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, 2014[5]) 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 XXIe 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 21e 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*

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.

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.

A

Annexes

A

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 démantelement 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.



biotope

Siège social :
22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze
Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - **www.biotope.fr**

ANNEXE 7: ETUDE HYDRODYNAMIQUE ET SEDIMENTAIRE D'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

afaq 9001 PAR ÉTAPES niveau 1/3 AFNOR CERTIFICATION

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 BAIGNADE 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 la 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).

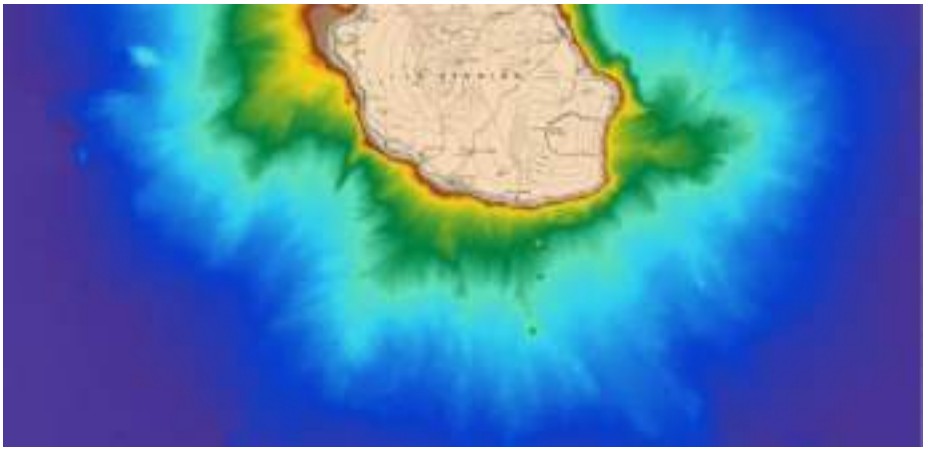


Figure 2-1 : SHOM,2016. MNT bathymétrique de façade de La Réunion (Projet HOMONIM). http://dx.doi.org/10.17183/MNT_REU100m_HOMONIM_WGS84"

- 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).

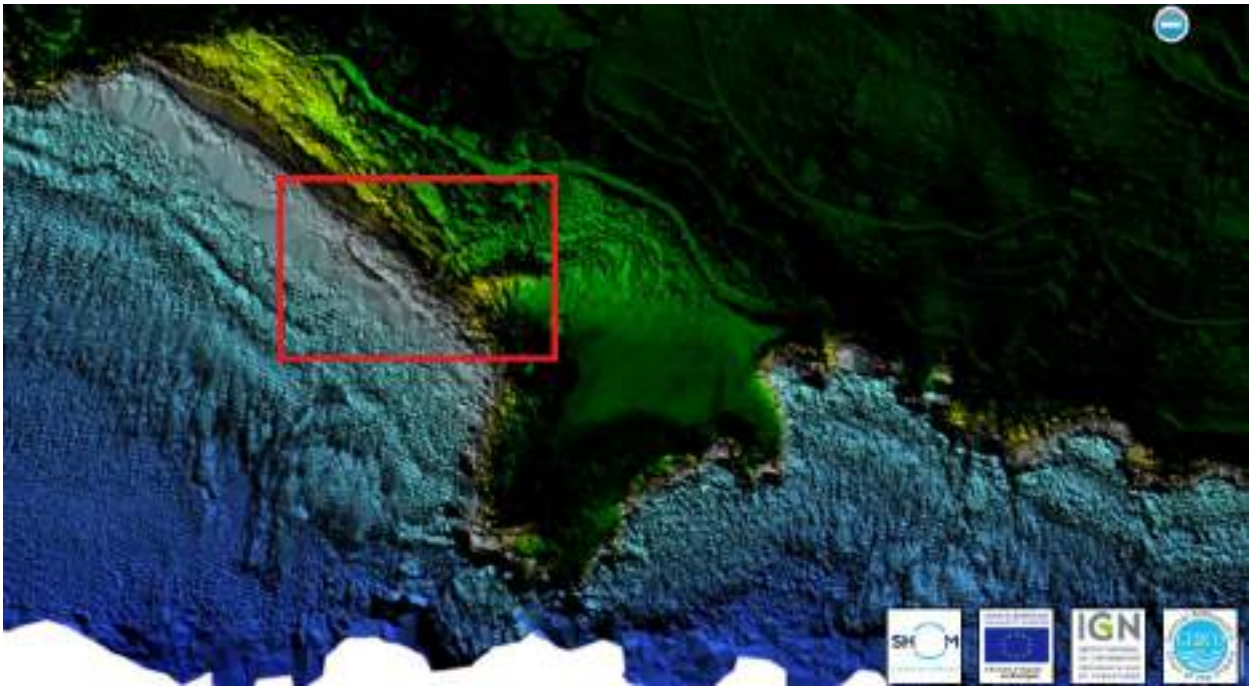


Figure 2-2 : Données bathymétriques Litto-3D Reunion-2016 disponibles sur la zone de projet (source SHOM-IGN). Le cadre rouge identifie la position actuelle du bassin de baignade.

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.

Cerema

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%		48,6%	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%	98,9%	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						30,3%	100,0%	100,0%	100,0%	93,5%	98,5%	64,4%	48,9%
2010	98,9%	94,2%	99,3%	100,0%	96,4%	100,0%	90,0%	99,5%	100,0%	100,0%	49,4%		85,6%
Total	**64,2%**	**43,5%**	**44,1%**	**48,1%**	**53,7%**	**55,9%**	**55,9%**	**53,6%**	**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.

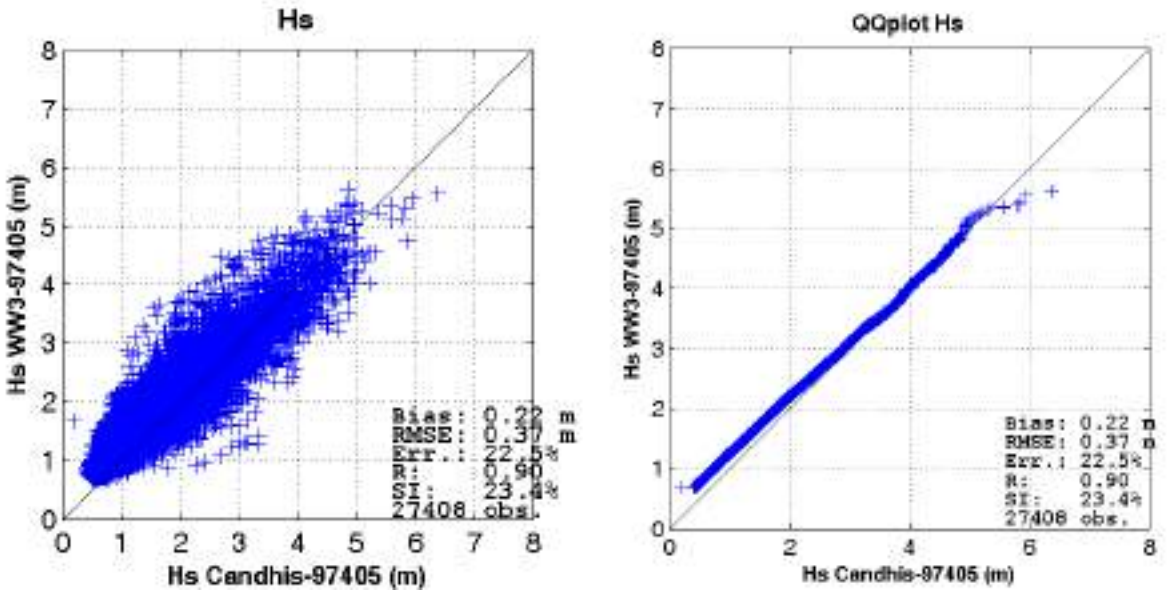


Figure 2-6 : Comparaison des mesures Candhis à Saint-Pierre (2000-2010) à la base de données construites (2000-2014).

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 METOCEAN

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°Sud Leurs trajectoires sont souvent orientées vers le Sud mais peuvent pénétrer sur Madagascar ou l'Afrique.

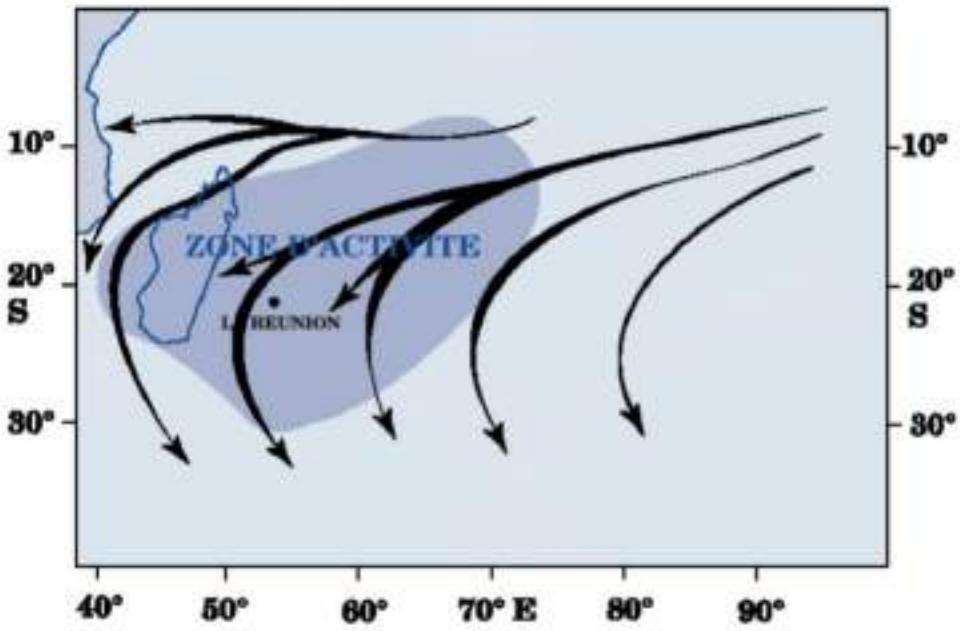


Figure 3-1 : Zone d'activité cyclonique dans le bassin sud-ouest de l'Océan Indien.

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).

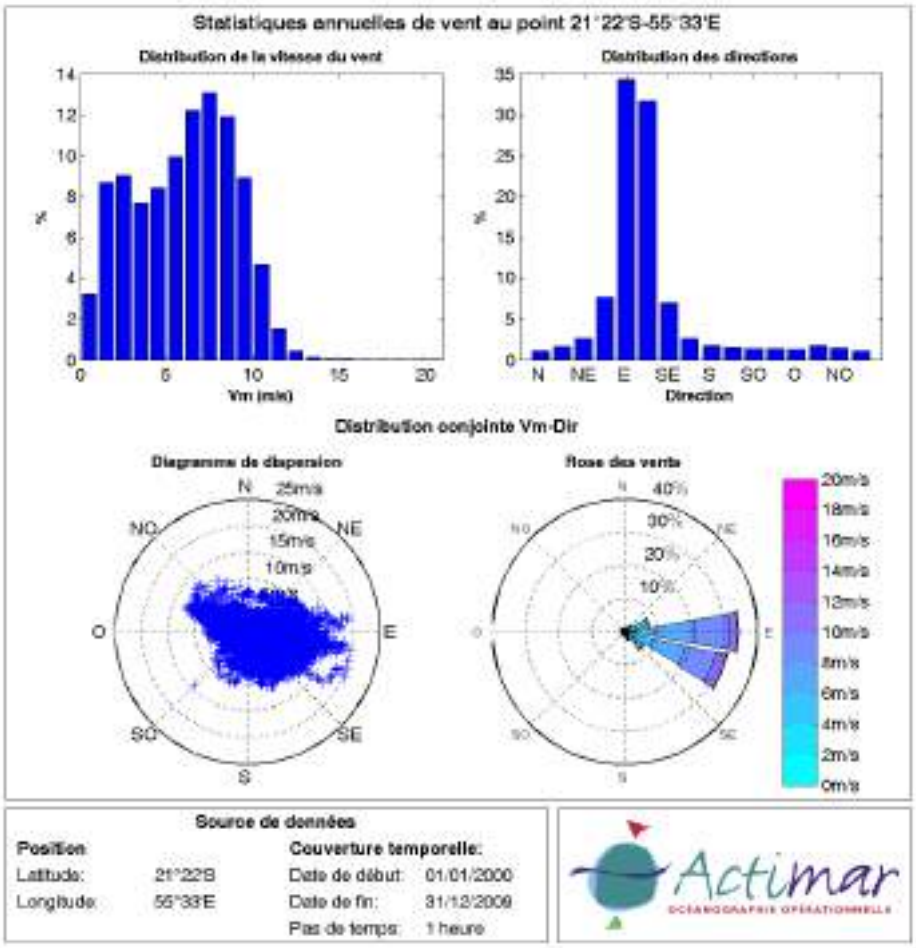


Figure 3-2 : Conditions opérationnelles du vent au point A (55.54°E / 21.37°S).

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 Reunion]	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 Reunion]	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 maritimes[1] 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 21ème siècle (IPCC 2013, 5ième 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.

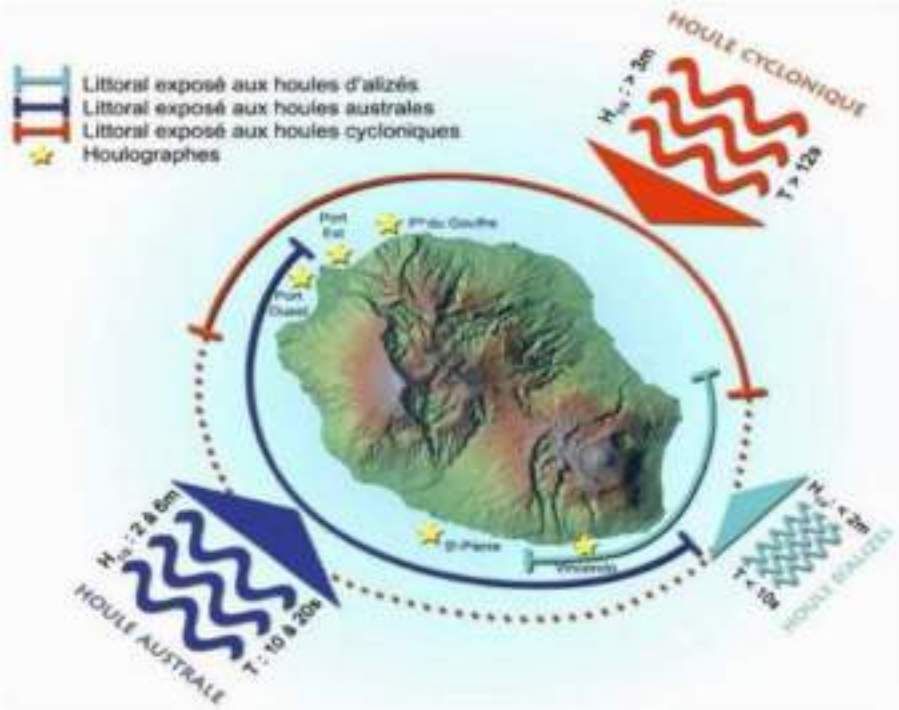


Figure 3-4 : Les différents régimes de houle à La Réunion (Météo France, 2009).

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 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.

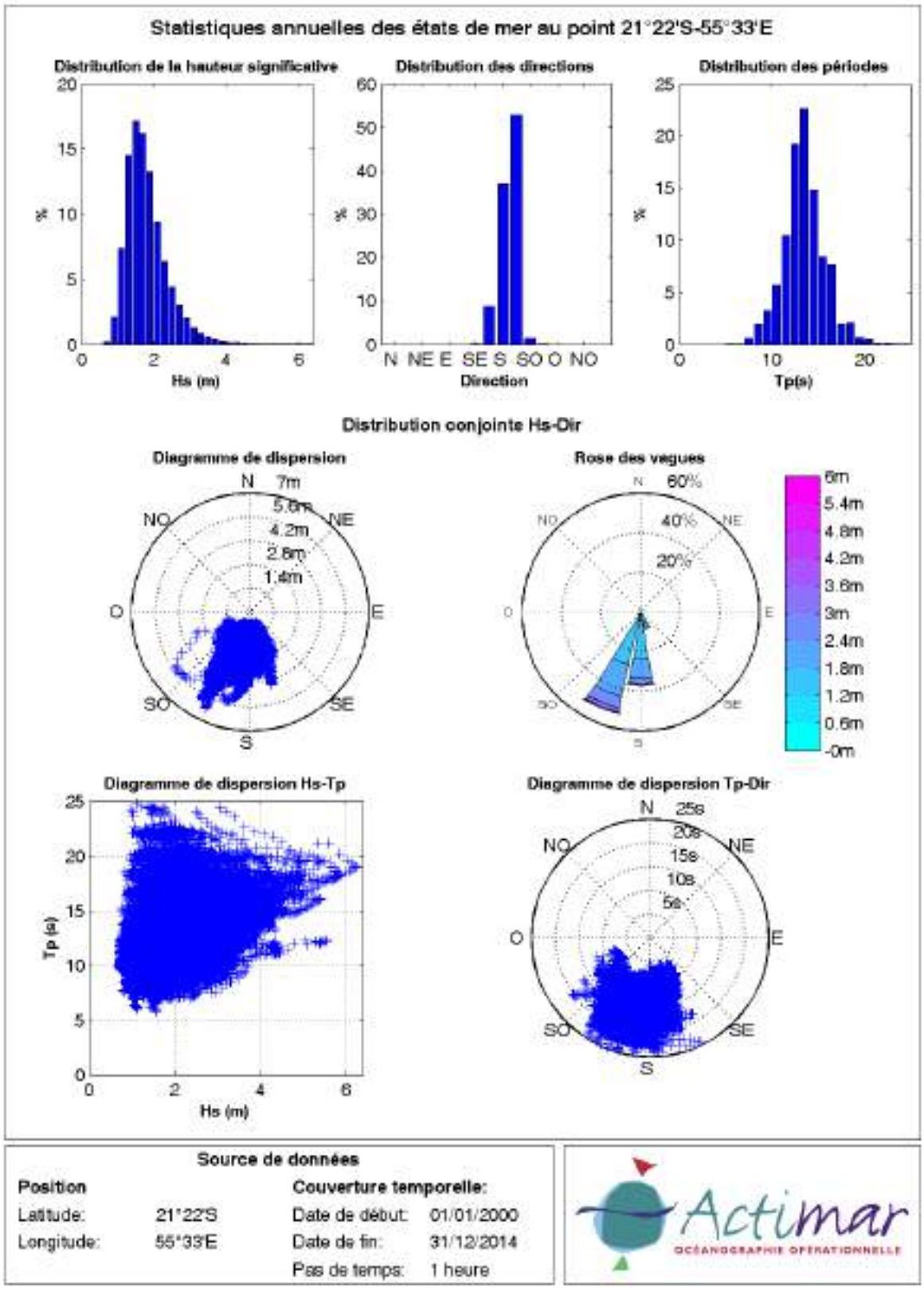


Figure 3-5 : Conditions opérationnelles des états de mer au point A (55.54°E / 21.37°S).

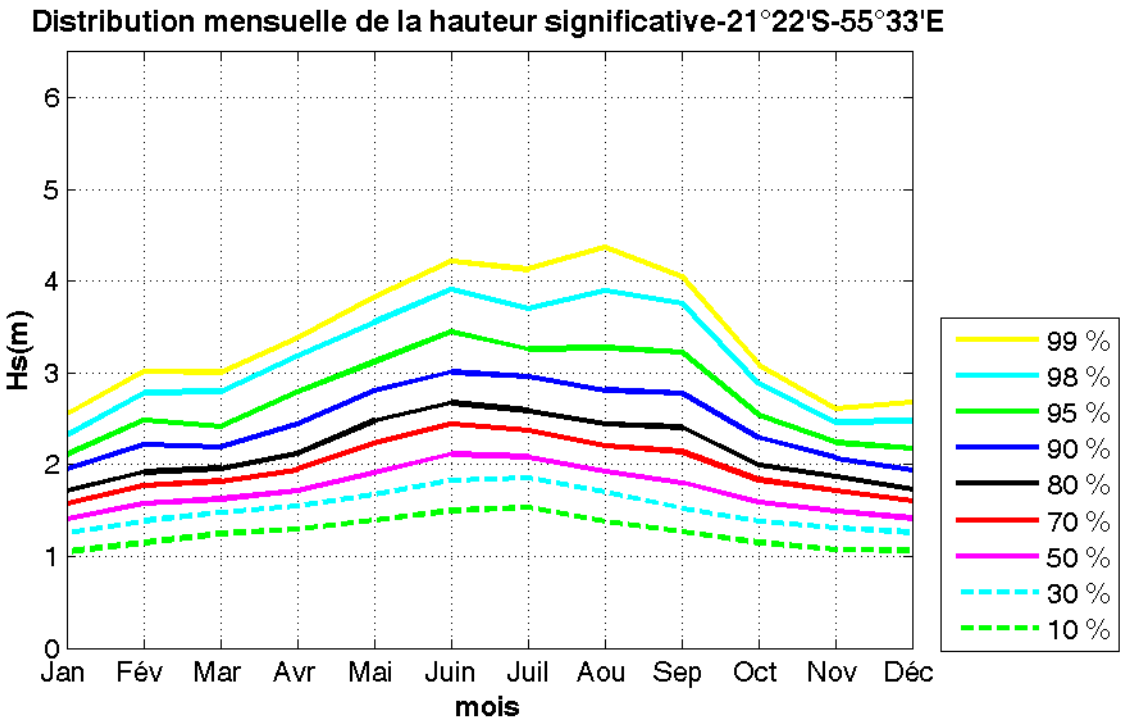


Figure 3-6 : Statistiques mensuelles au point A (55.54°E / 21.37°S).

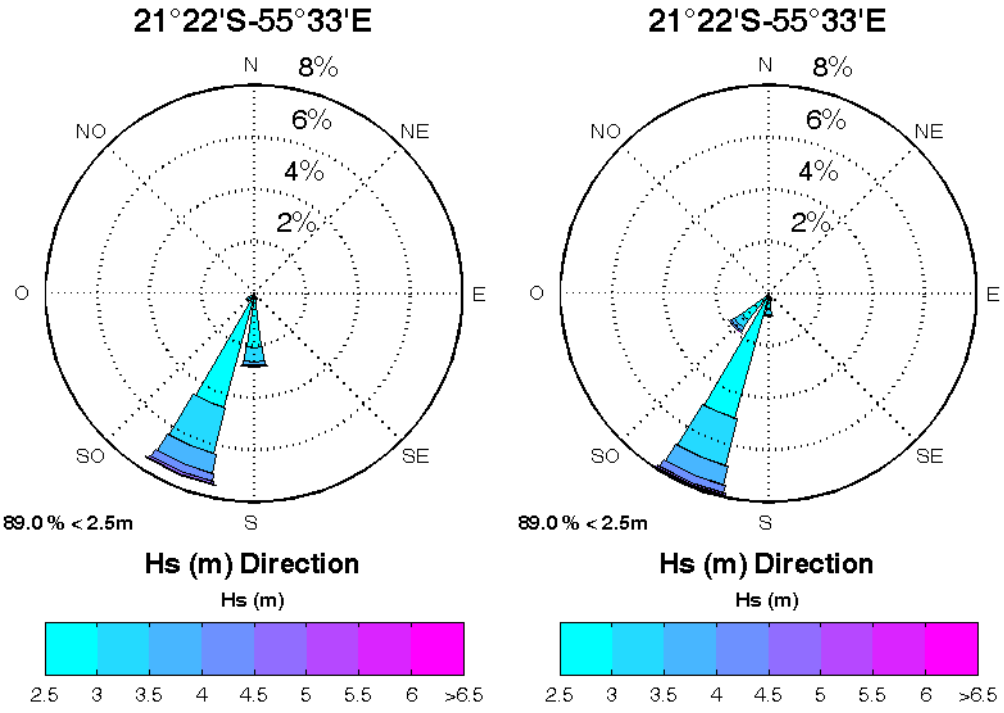


Figure 3-7 : Roses des vagues les plus fortes, lorsque Hs>2.5 m (55.54°E / 21.37°S).
A gauche (Hs/dir) et à droite (Hs/dirp).

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 Generalisée) celle qui est la plus adaptée pour ajuster les données.

La période pic Tp, associée à l'extrême, est estimée à partir du Hs 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 Hs et Tp 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 Tp associées aux valeurs extrêmes de Hs.

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

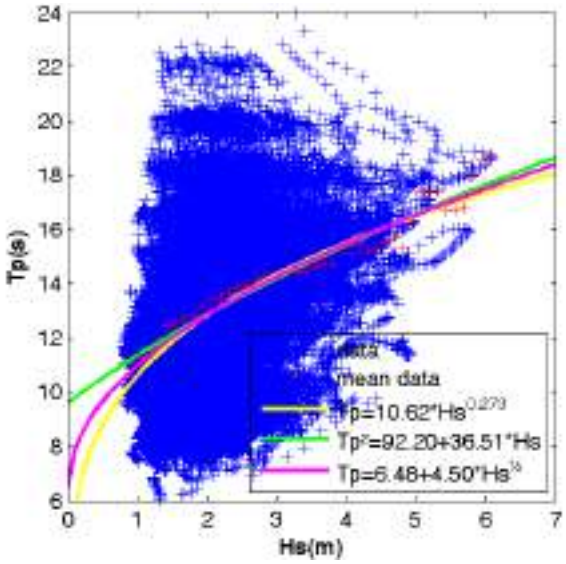


Figure 3-8 : Ajustement Hs / Tp au point B (55.53°E / 21.38°S).
L'ajustement retenu est illustré par la courbe rose.

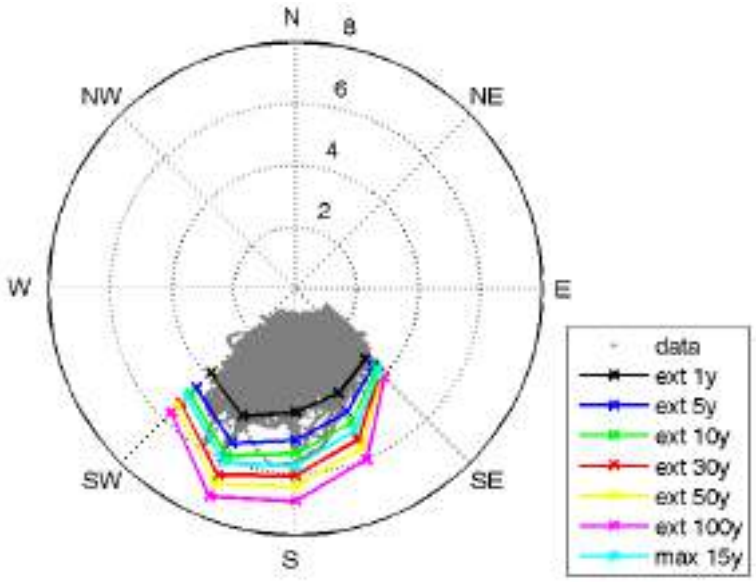


Figure 3-9 : Analyse des extrêmes directionnels au point B (55.53°E / 21.38°S).

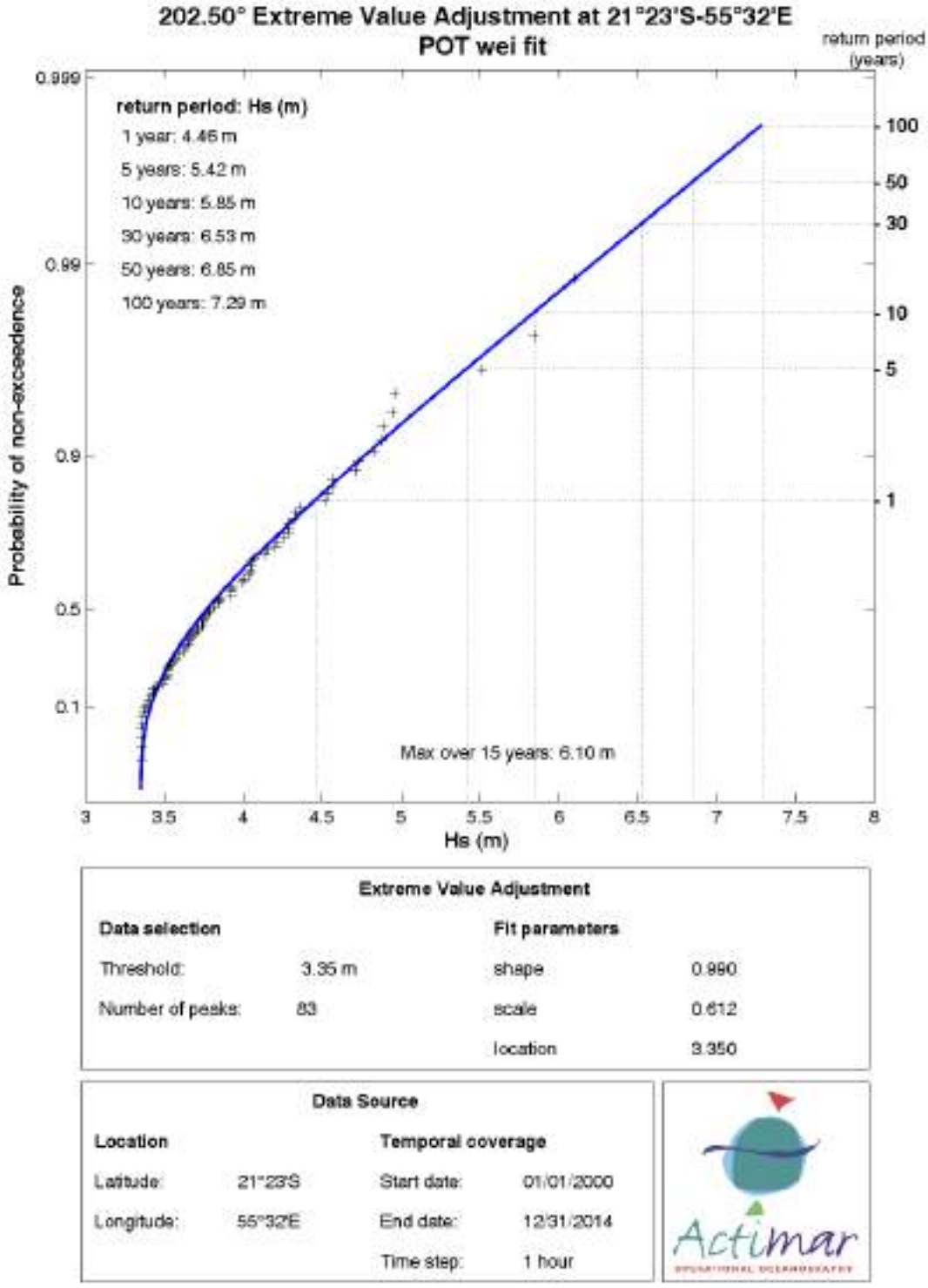


Figure 3-10 : Exemple d'ajustement en valeurs extrêmes au point B (55.53°E / 21.38°S), en incidence Sud-Sud-Ouest.

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 TELEMAC

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.

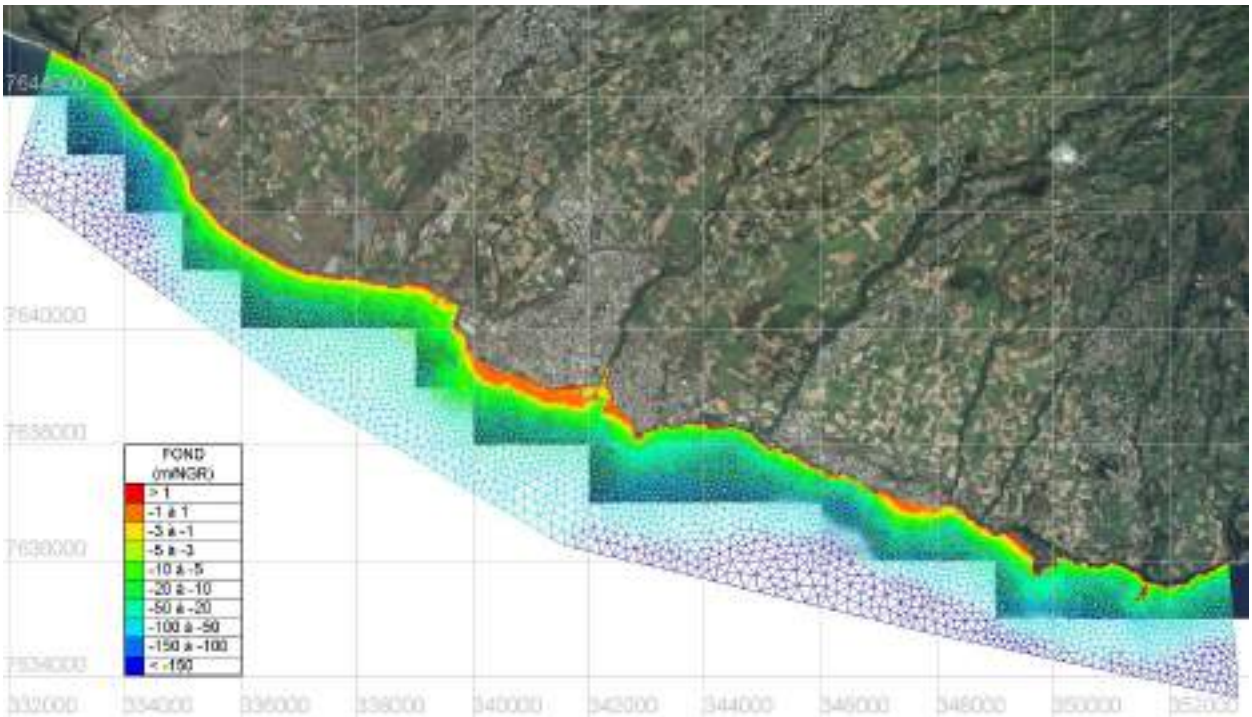


Figure 4-2 : Emprise, maillage et bathymétrie de la modélisation numérique pour la propagation spectrale des états de mer. Les cotes du fond sont exprimées en mètre par rapport à l'IGN 89. Projection RGR92 UTM40S.

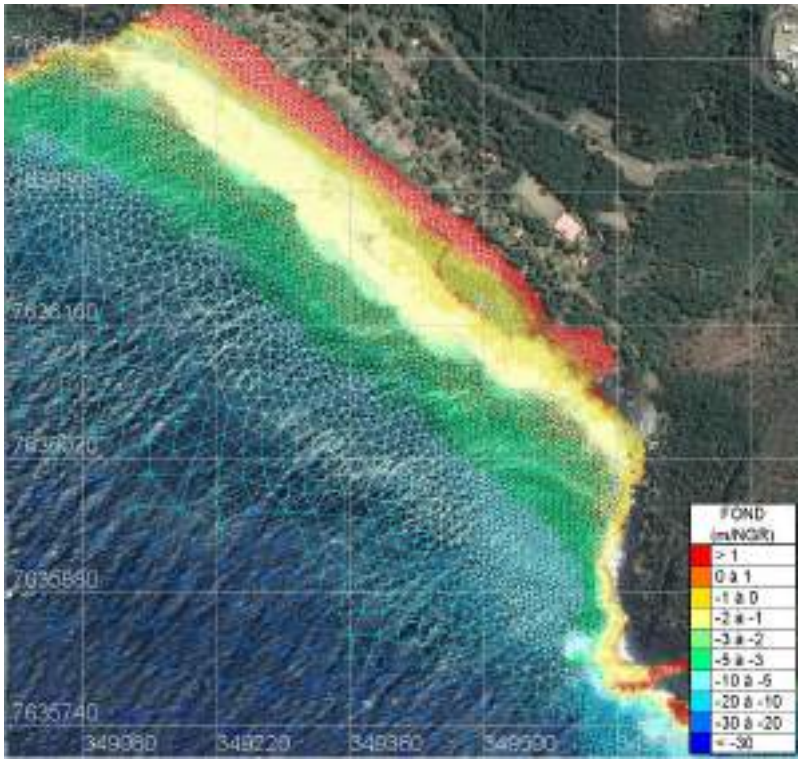


Figure 4-3 : Zoom sur la plage de Grande Anse pour le maillage et bathymétrie de la modélisation numérique des états de mer. Les cotes du fond sont exprimées en mètre par rapport à l'IGN 89. Projection RGR92 UTM40S.

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 SSO SO OSO	9.5 9.5 9.5 9.5	12.0 12.0 12.0 12.0	1.00
non-cyclonique	100 ans	Sud SSO SO	6.9 7.3 5.7	18.3 18.6 17.2	0.56
	10 ans	SSO	5.8	17.4	0.53
	5 ans	SS0	5.4	16.9	0.52
	1 an	Sud SSO SO	4.0 4.5 3.9	15.5 16.0 15.3	0.49

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.

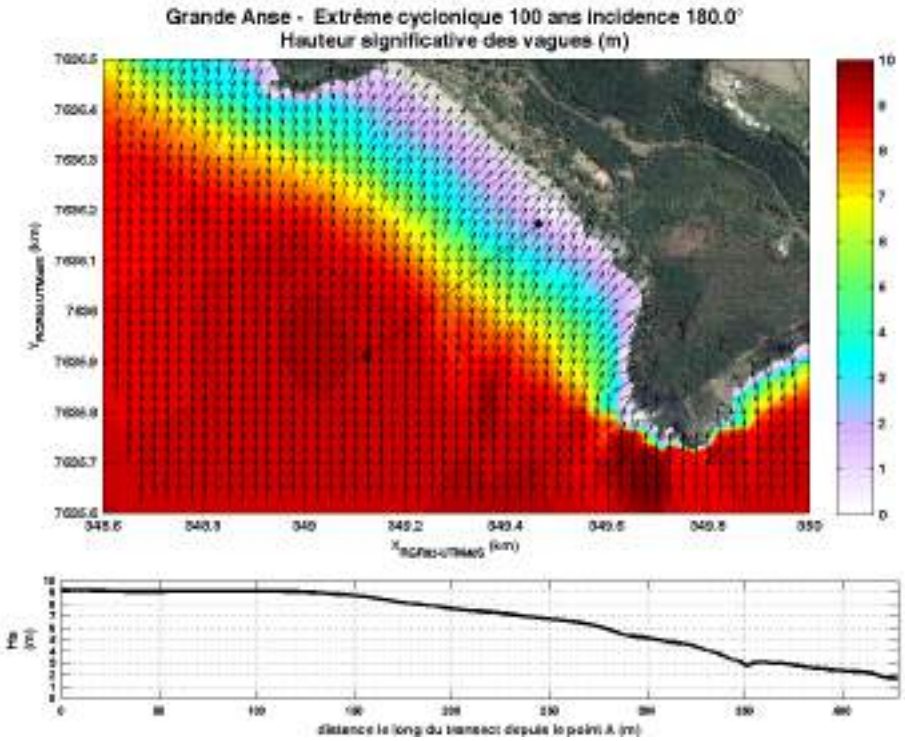


Figure 4-4 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues. Condition cyclonique de référence en incidence Sud.

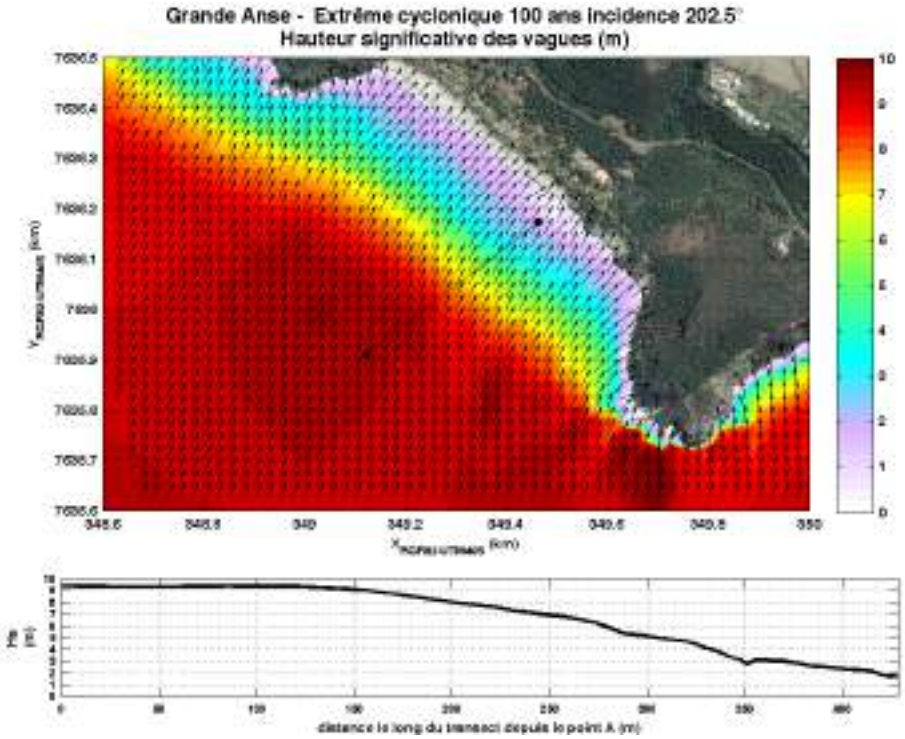


Figure 4-5 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues. Condition cyclonique de référence en incidence SSO.

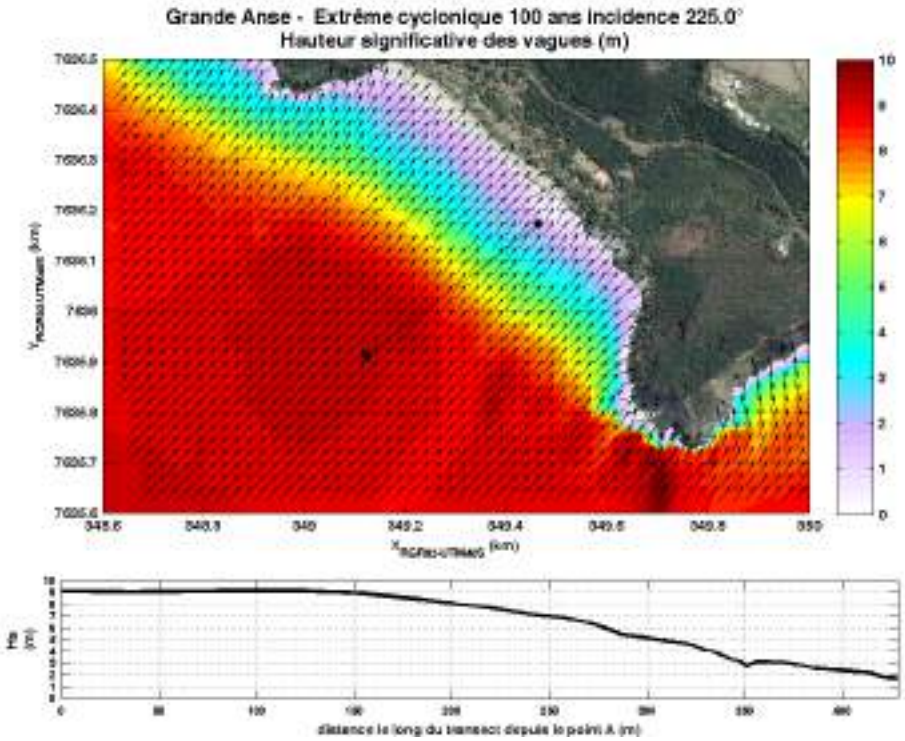


Figure 4-6 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues. Condition cyclonique de référence en incidence SO.

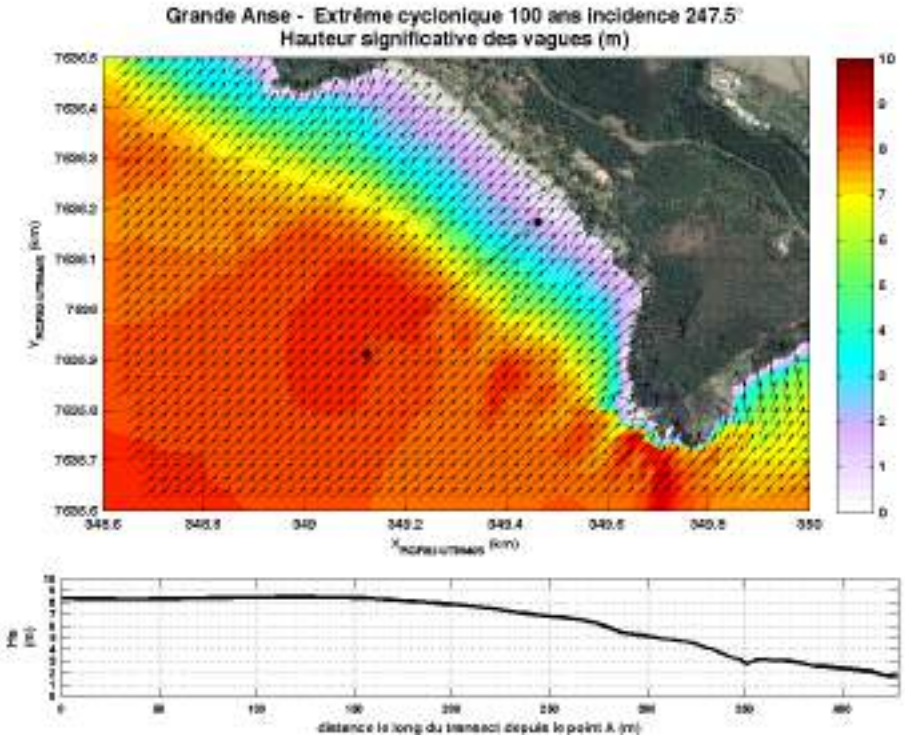


Figure 4-7 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues. Condition cyclonique de référence en incidence OSO.

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.

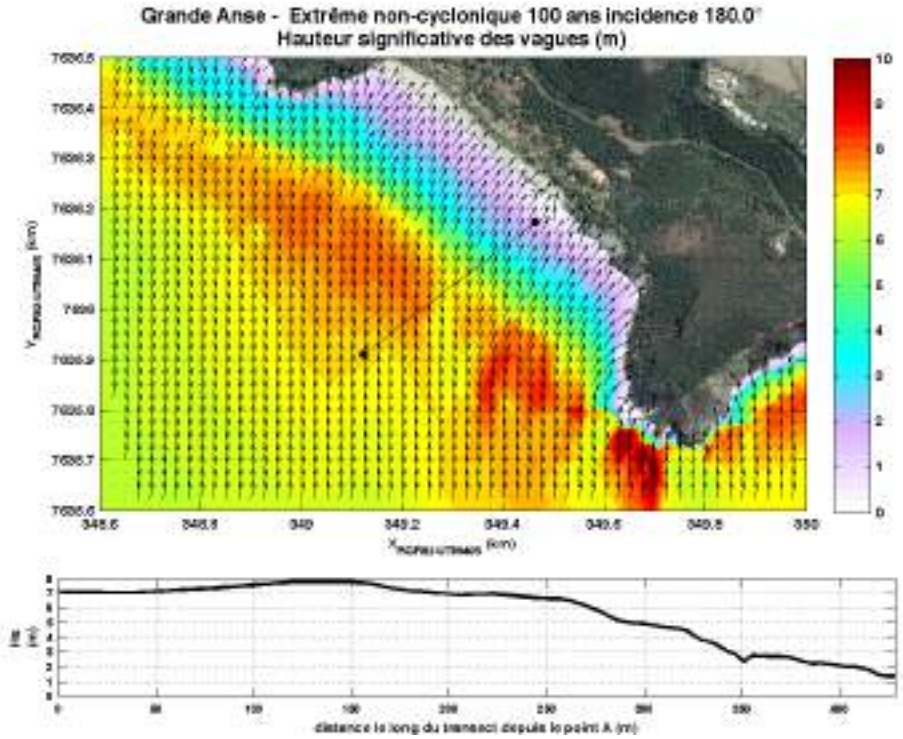


Figure 4-8 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 100 ans en incidence Sud.

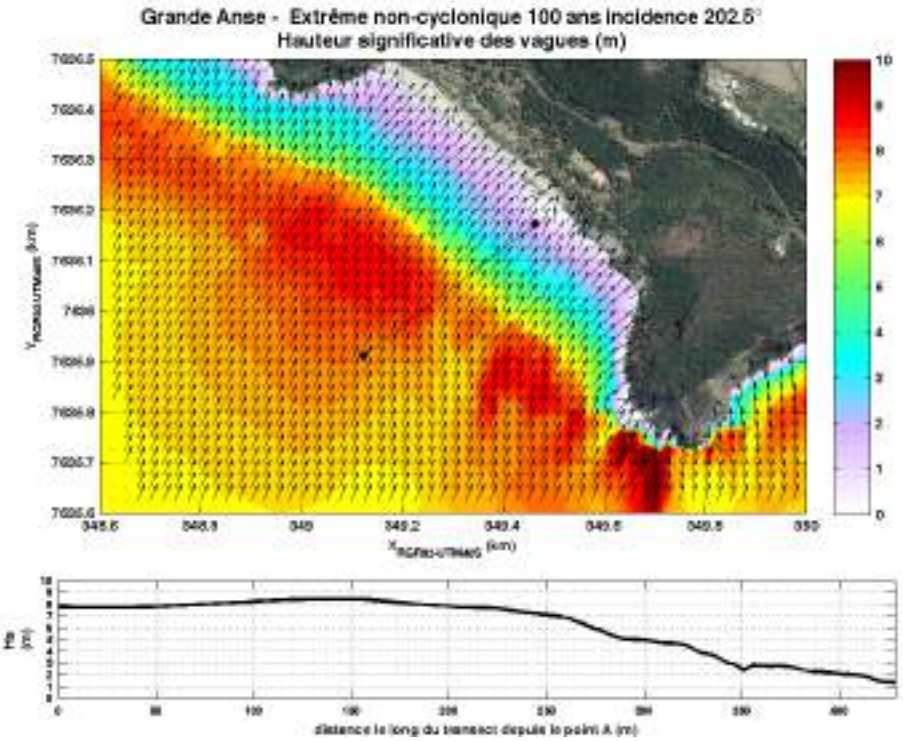


Figure 4-9 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 100 ans en incidence SSO.

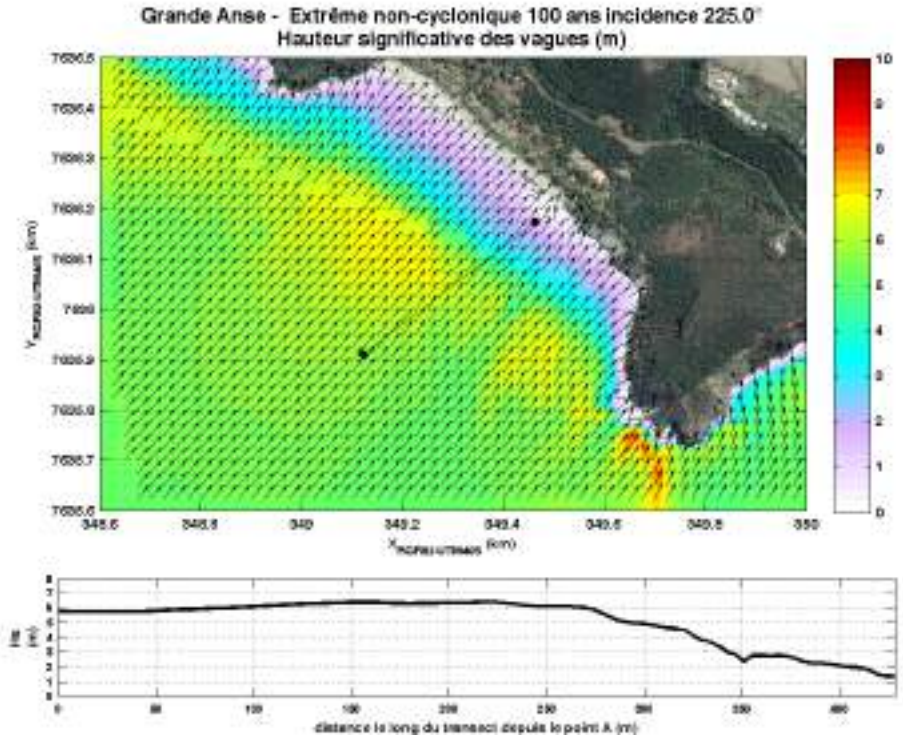


Figure 4-10 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 100 ans en incidence SO.

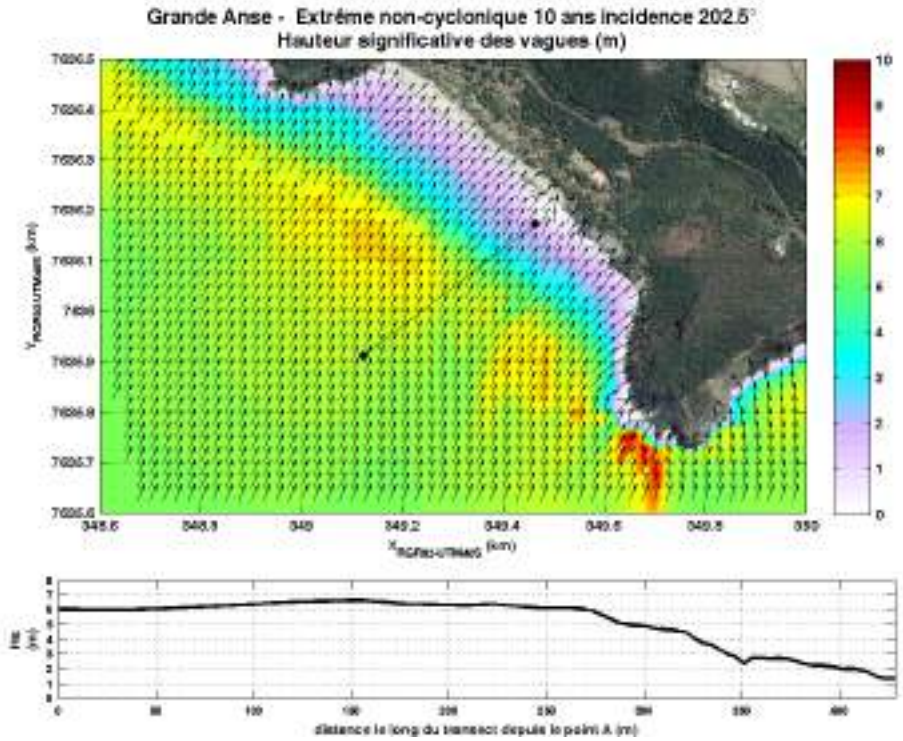


Figure 4-11 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 10 ans en incidence SSO.

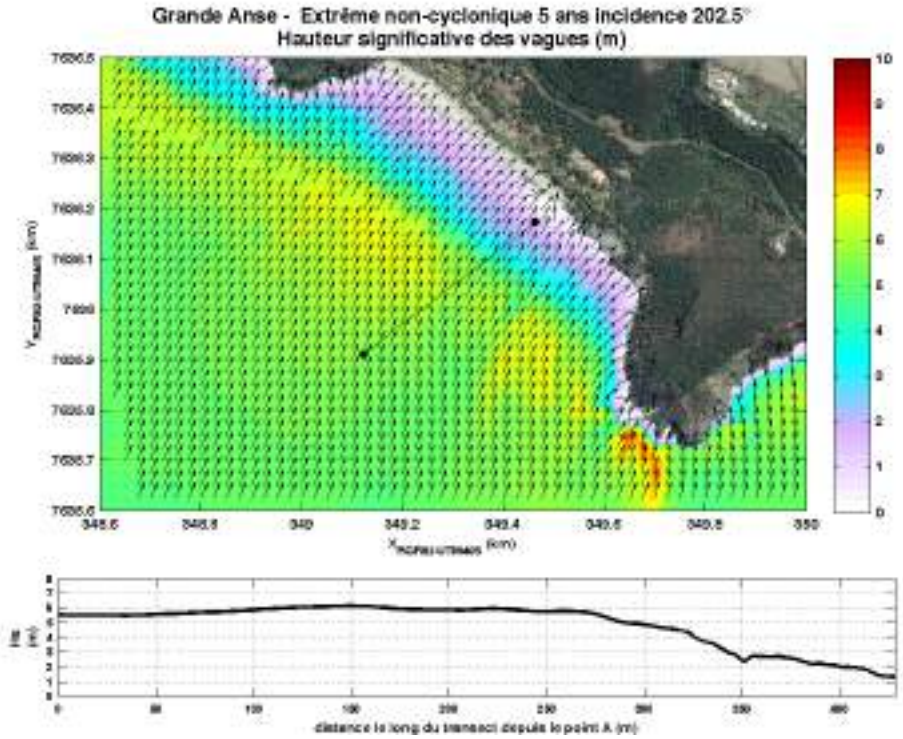


Figure 4-12 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 5 ans en incidence SSO.

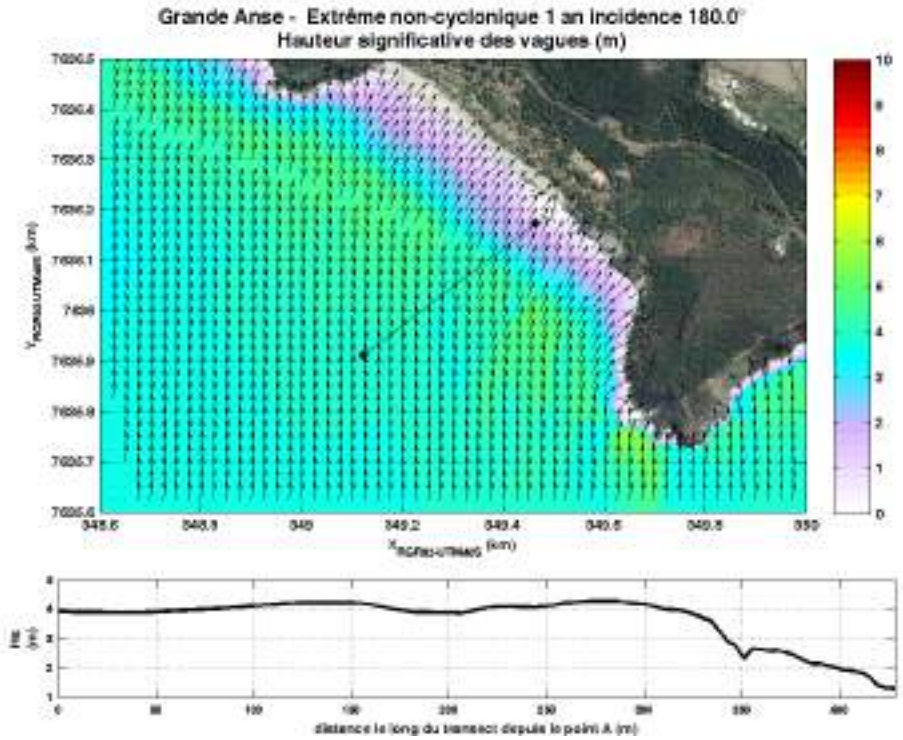


Figure 4-13 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues.
Condition non cyclonique 1 an en incidence Sud.

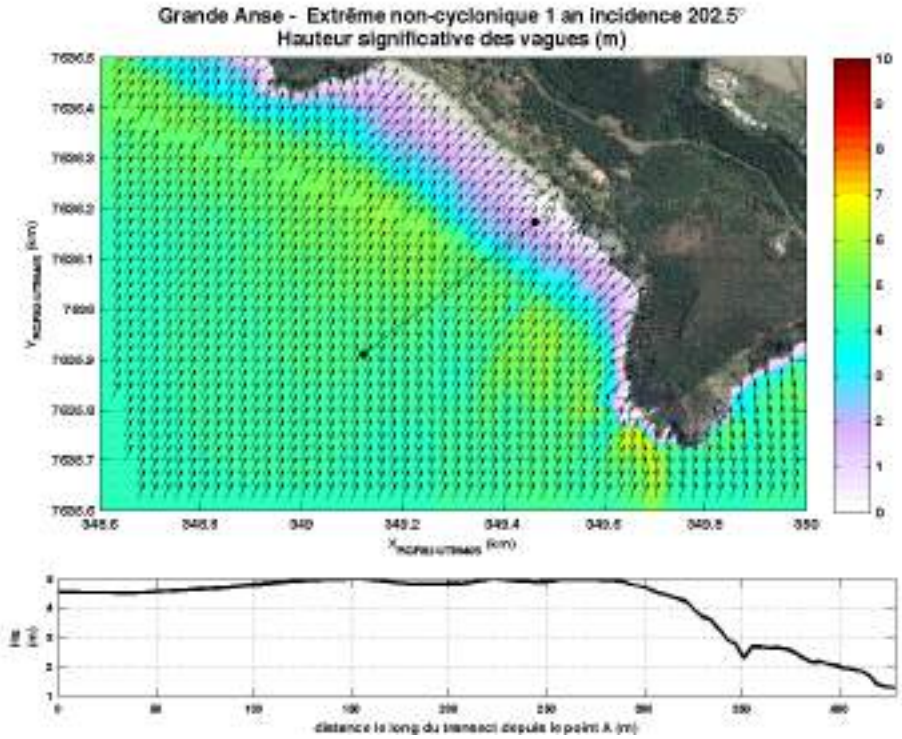


Figure 4-14 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues. Condition non cyclonique 1 an en incidence SSO.

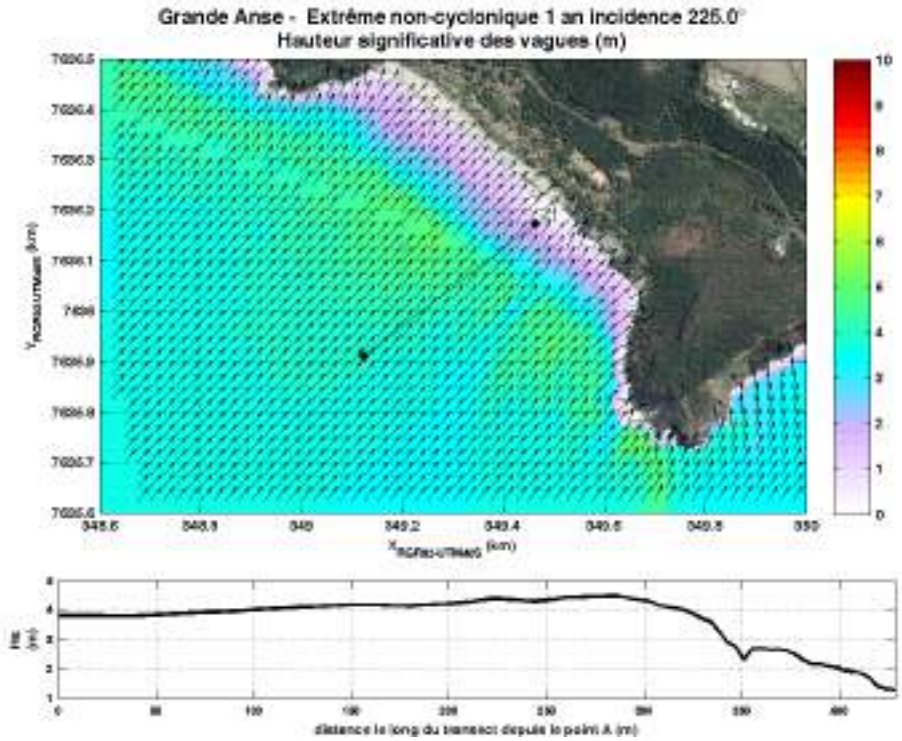


Figure 4-15 : Evolution spatiale de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues. Condition non cyclonique 1 an en incidence SO.

4.3.3 SYNTHESE 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	SS0	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 découvrement 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.

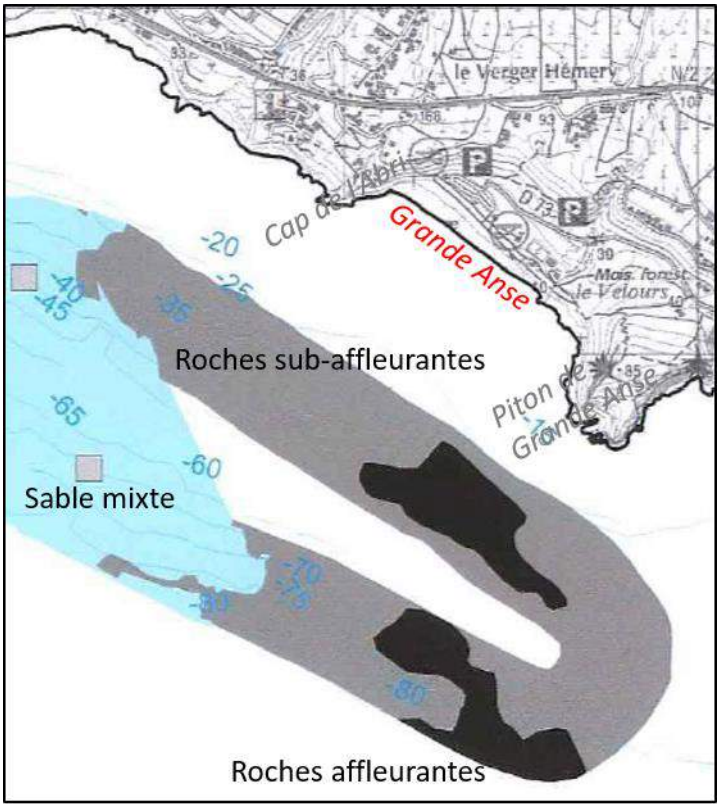


Figure 5-1 : Carte de nature des fonds à une échelle élargie extraite de CARTOMAR (Cartographie morphosédimentologique des fonds marins côtiers de La Réunion – BRGM, 2008). (*Les « roches sub-affleurantes » correspondent à un substrat rocheux recouvert localement de sédiments ; le « sable mixte » est un sable brun composé à parts équivalentes d'éléments d'origine volcanique et biodétritique.)

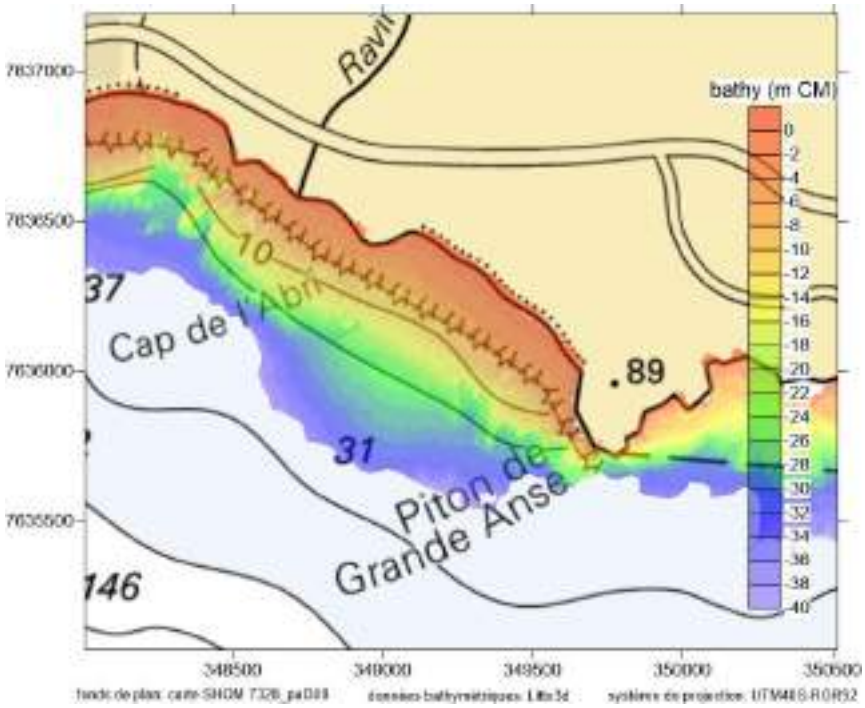


Figure 5-2 : Bathymétrie à une emprise élargie

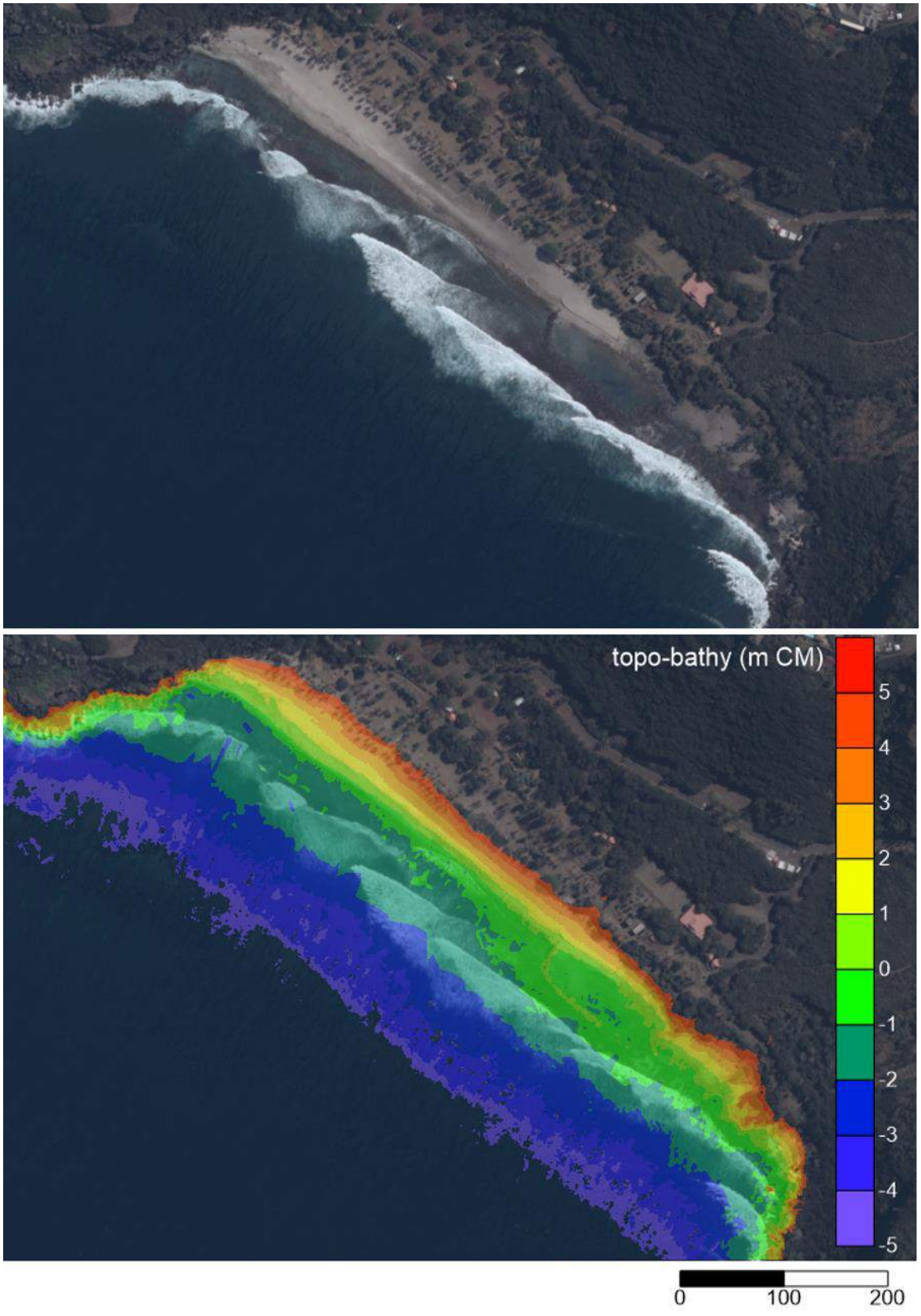


Figure 5-3 : Plage de Grande Anse – topo-bathymétrie de la plage et des petits fonds.

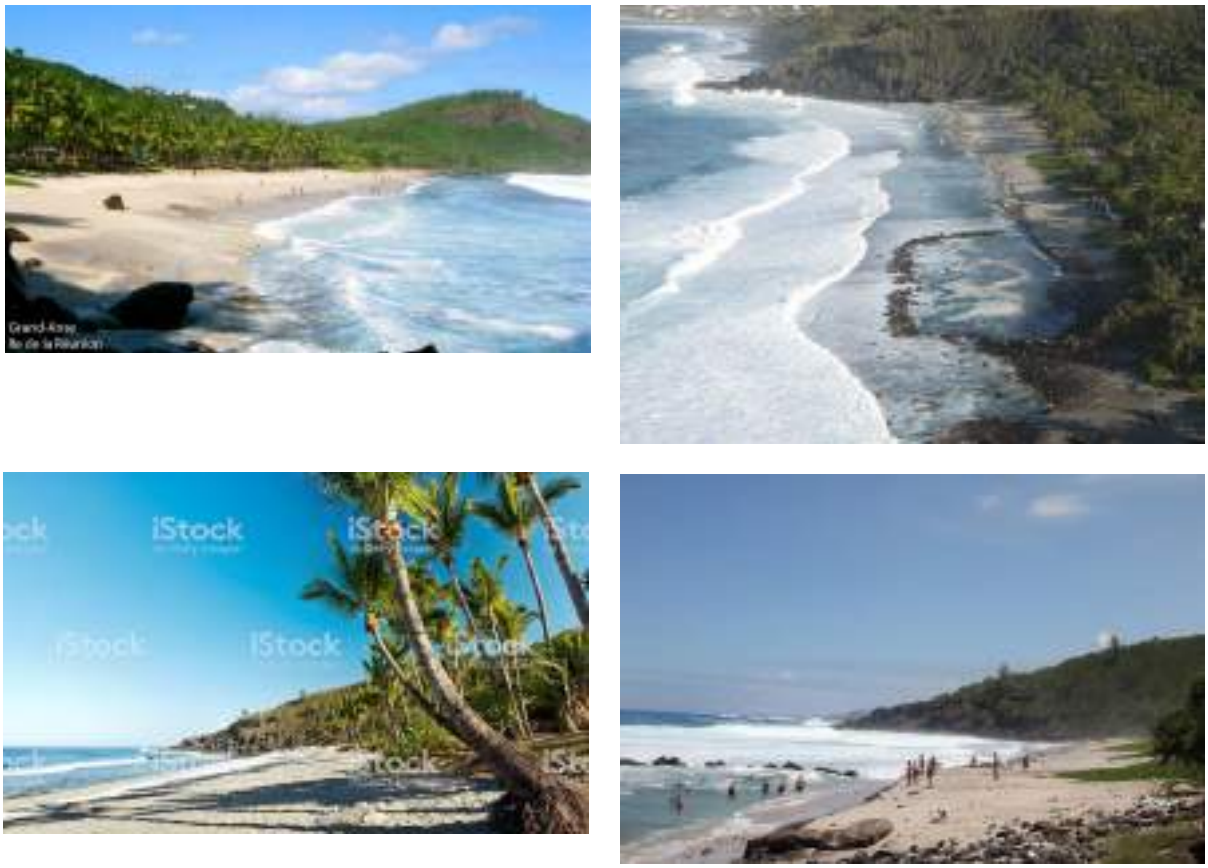


Figure 5-4 : Photographies de la plage de Grande Anse (vues depuis le sud à gauche et depuis le nord à droite).



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

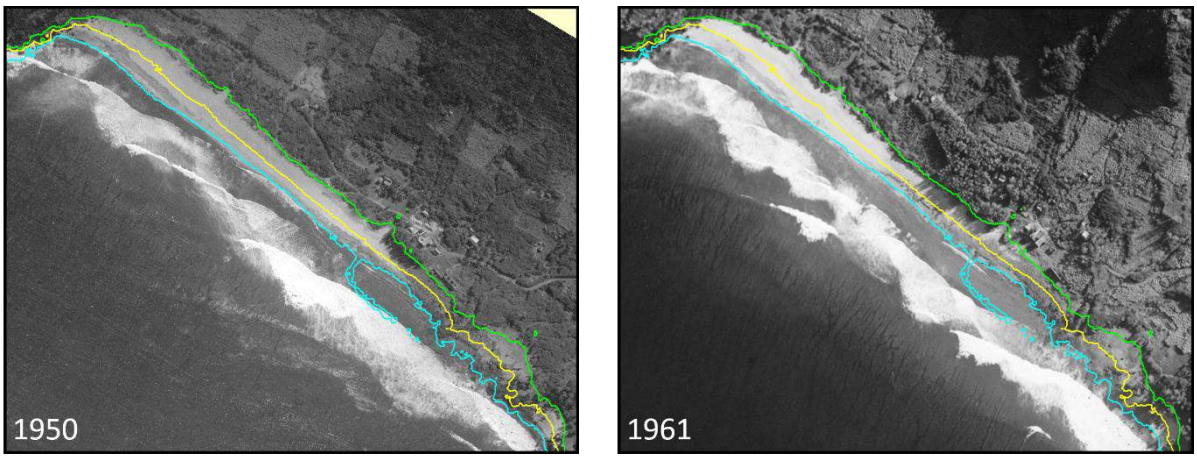
Les évolutions morphologiques de la plage de Grande Anse sont étudiées à partir d'images aériennes IGN collectées de 1950 à 2011, disponibles sur le site https://remonterletemps.ign.fr/, et géoréférencées pour les besoins de l'étude.

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 empêchent 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.



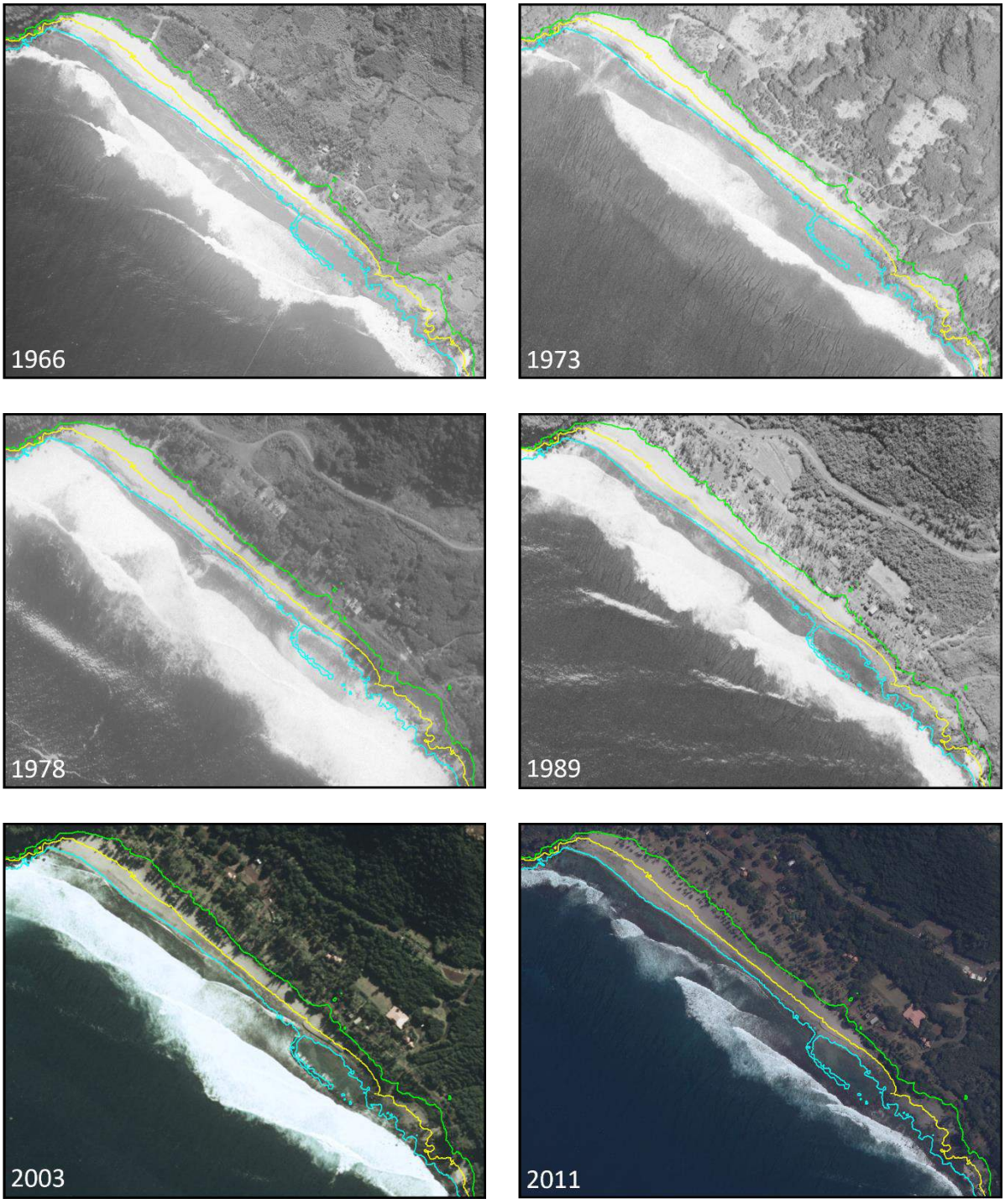


Figure 5-6 : Comparaison des images aériennes IGN entre 1950 et 2011 (échelle 1:3000). La ligne verte correspond au niveau +5 m IGN89 (limite du haut de plage), la ligne jaune au niveau + 2 m IGN89 (trait de côte), et la ligne bleue au niveau -0.04 m IGN89 (niveau moyen de la mer). Les tronçons (a-d) 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 iso-lignes.

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).

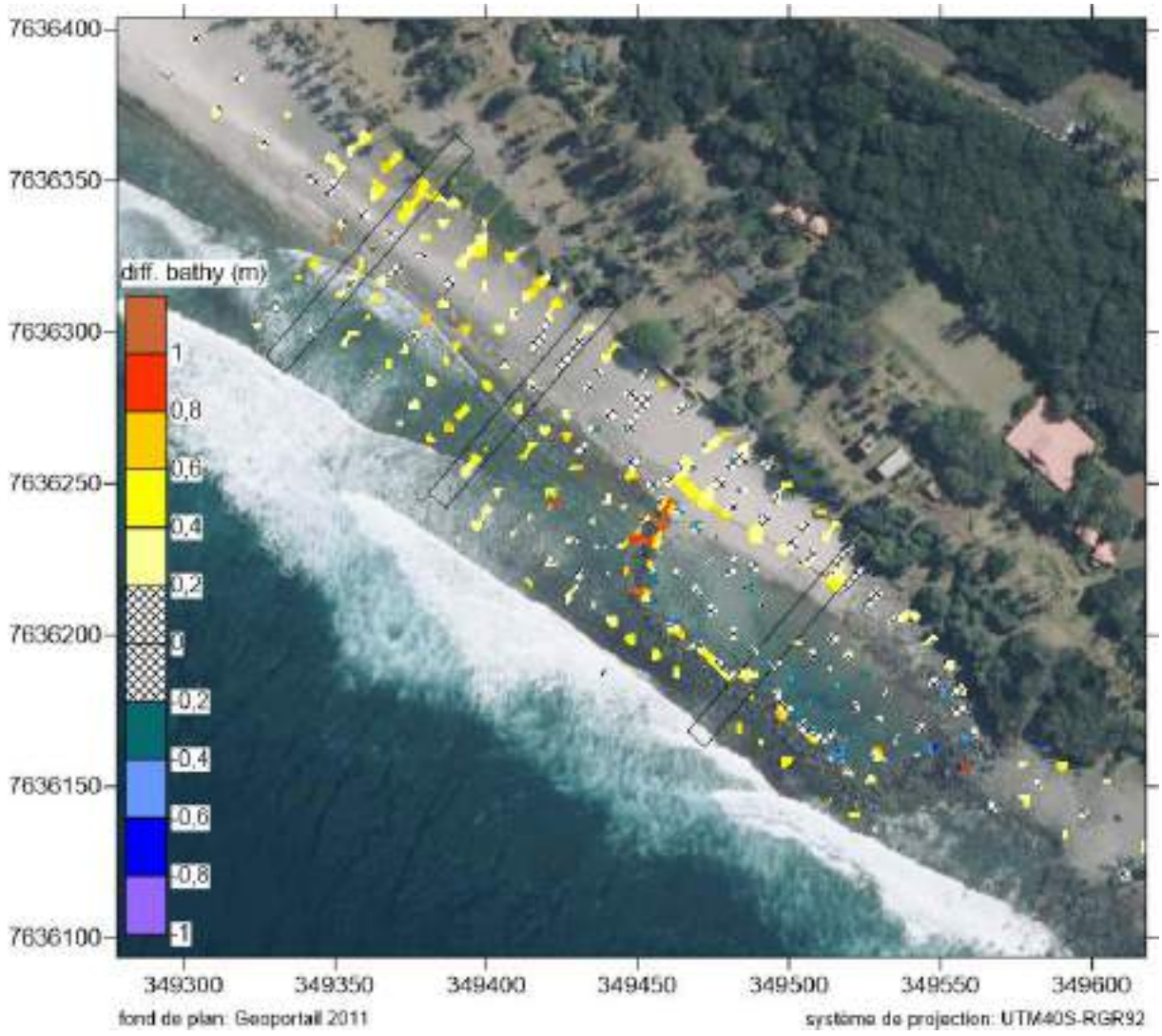


Figure 5-9 : Evolutions des fonds entre 2018 (levé Maraina) et 2008/2010 (Litto3d). Les rectangles indiquent la position des profils topo-bathymétriques présentés Figure 5-10.

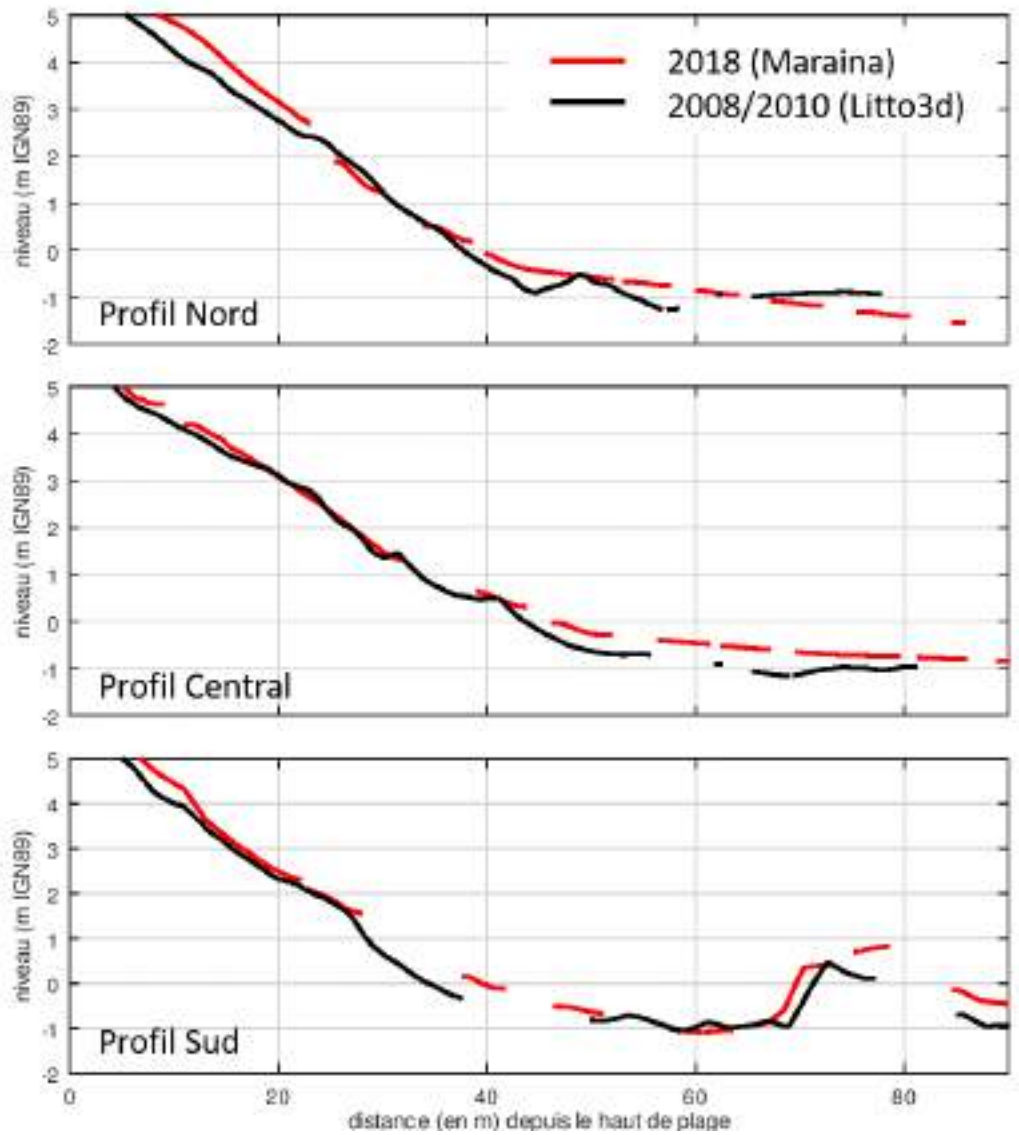


Figure 5-10 : Evolution des fonds entre 2008/2010 et 2018 – profils depuis le haut de plage. La position des profils est indiquée à la Figure 5-9.

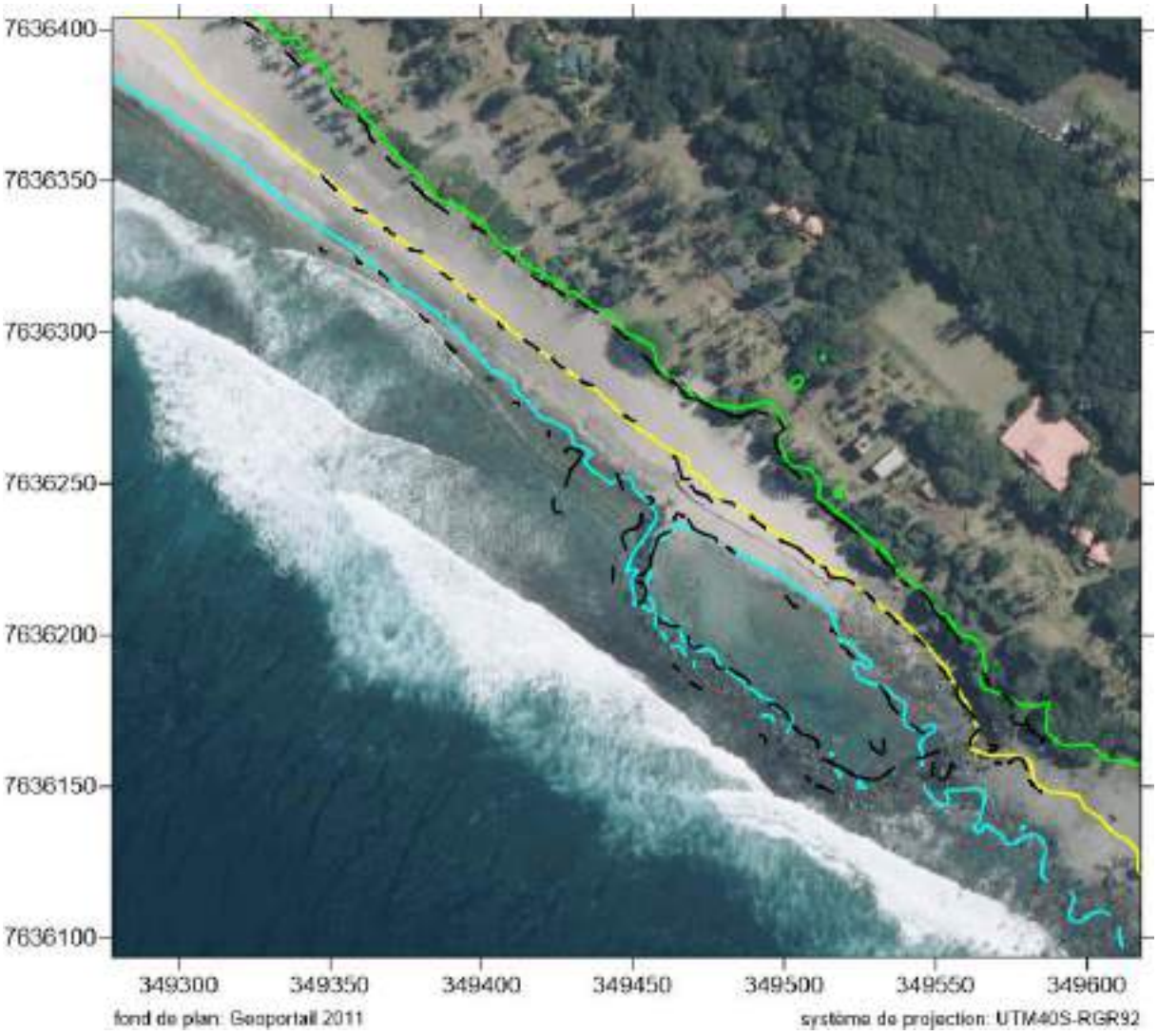


Figure 5-11 : Evolution des lignes de niveau moyen (NM), +2 m IGN89 et +5 m IGN89 entre 2008/2010 (bleu, jaune et vert, respectivement) et 2018 (noires).

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 Hs moyenne annuelle de 1.8 m et quantile 99 de 3.7 m (Hs généralement supérieure en période d'hiver austral) ;
- Période pic Tp généralement supérieure à 10 s ;
- Valeur maximale (simulée sur la période 2000-2014) : Hs = 6 m (pour un Tp 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 Hmax correspondant à un paramètre statistique Hs de 5 m.

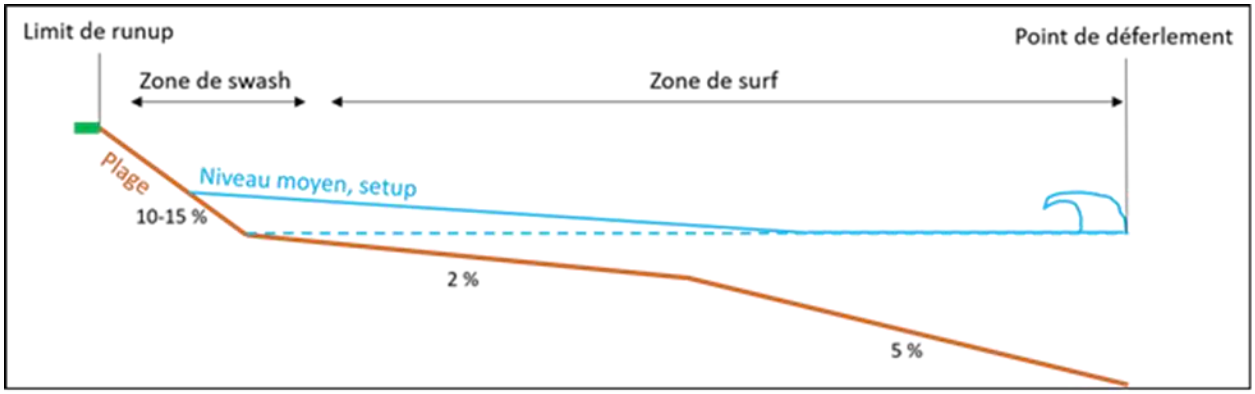


Figure 5-12 : Schématisation des zones de surf et de swash (la dimension verticale a été multipliée par 5 par soucis de lisibilité, la vague est exagérée et la zone indiquée pour le déferlement correspond à des vagues très énergétiques)

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 : Hs (m) et Tp (s) au point B (large),
- P2 : Hs (m) avant déferlement (les vagues peuvent être plus hautes qu'au point B, en fonction du levage (shoaling) des vagues),
- P3 : Hmax (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 certain de 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°N±10° (obliquité de 10-30°) ;
- 37% ont une incidence 180°N±10° (obliquité de 30-50°) ;
- 9% ont une incidence 157.5°N±10° (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).

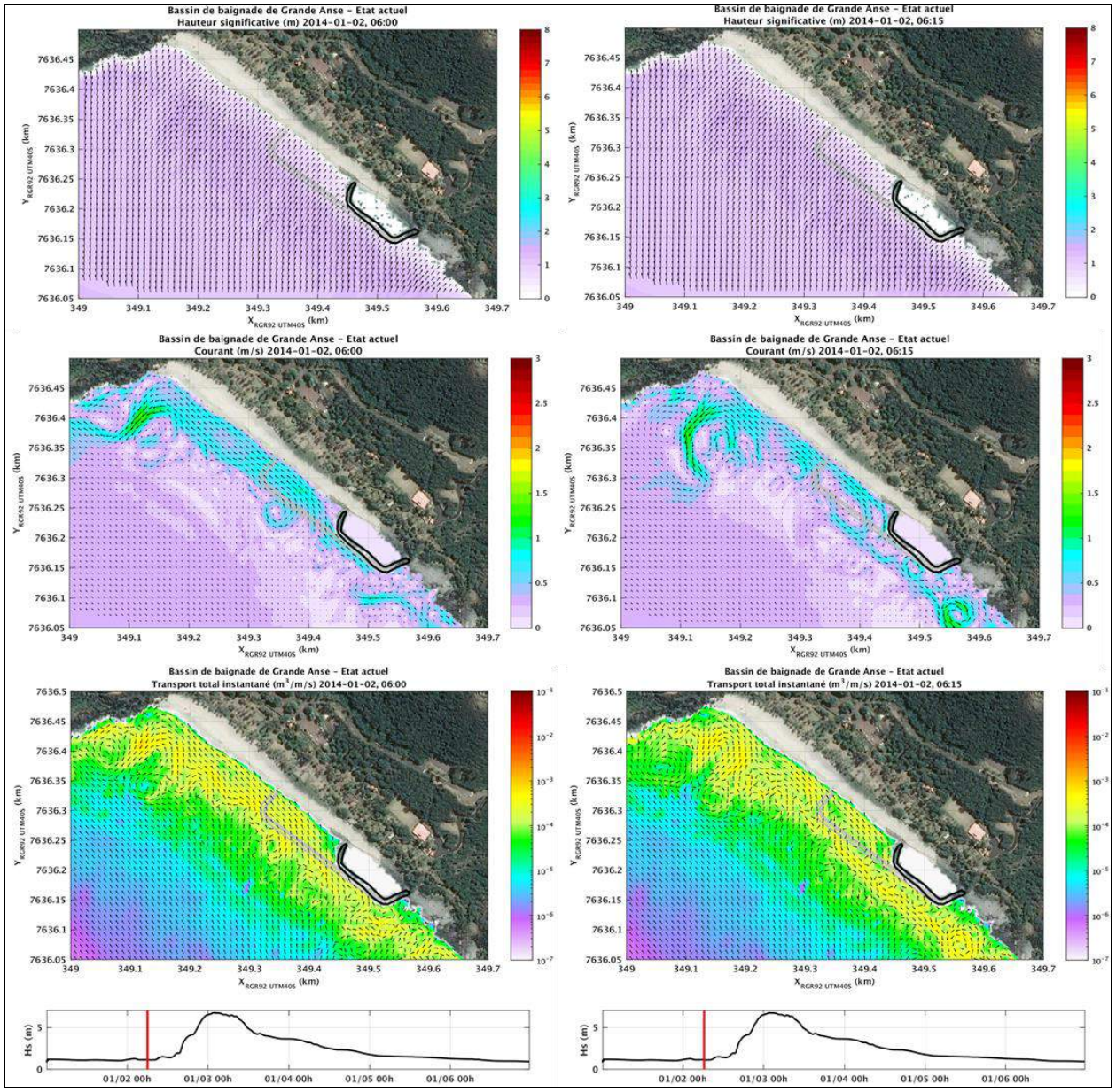


Figure 5-13 : Propagation des vagues (en haut), cartes de courant (au milieu) et capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues fréquentes faiblement à moyennement énergétiques induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse.

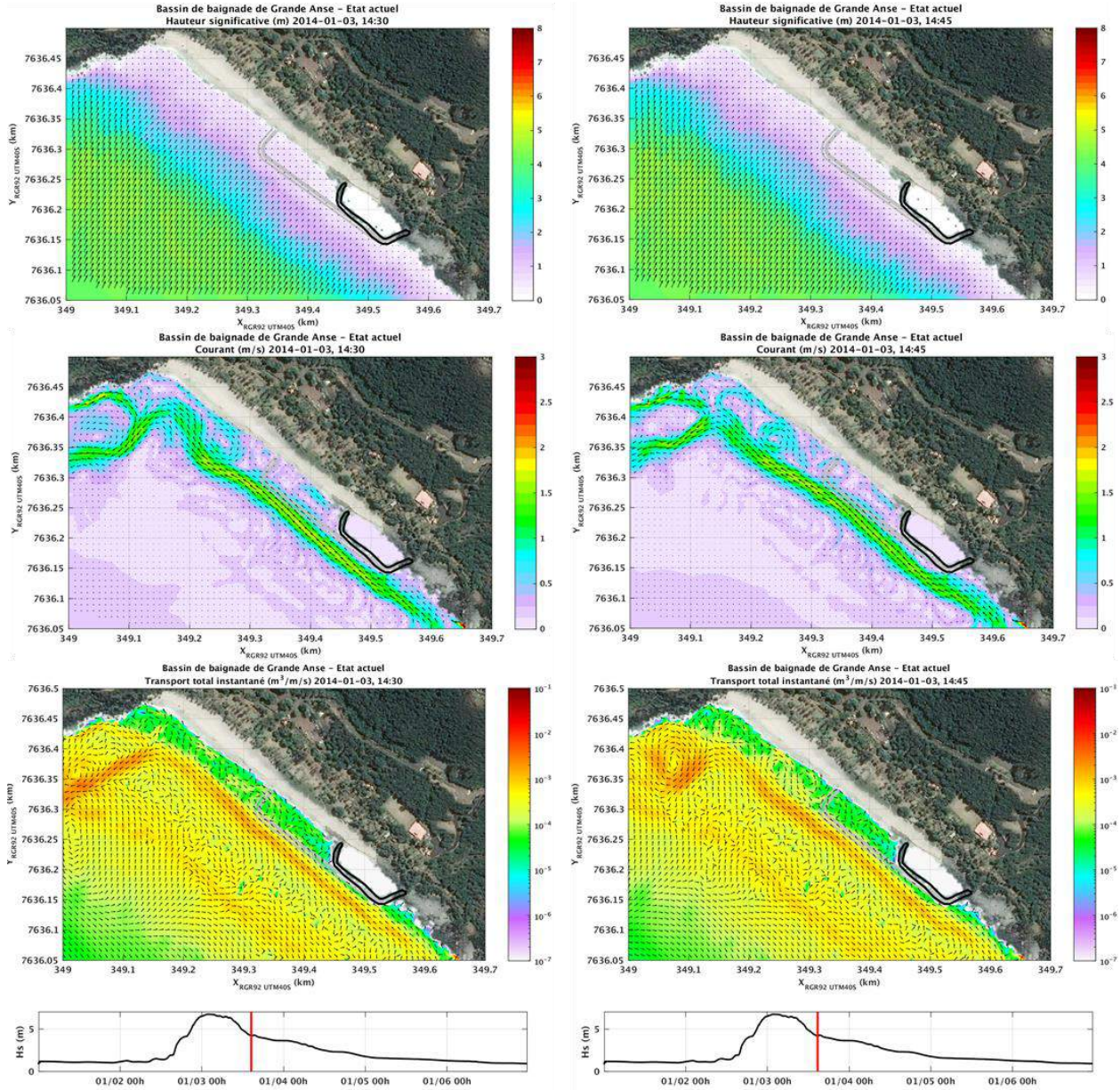


Figure 5-14 : Propagation des vagues (en haut), cartes de courant (au milieu) et capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues très énergétiques de type cycloniques (périodes relativement courtes) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse.

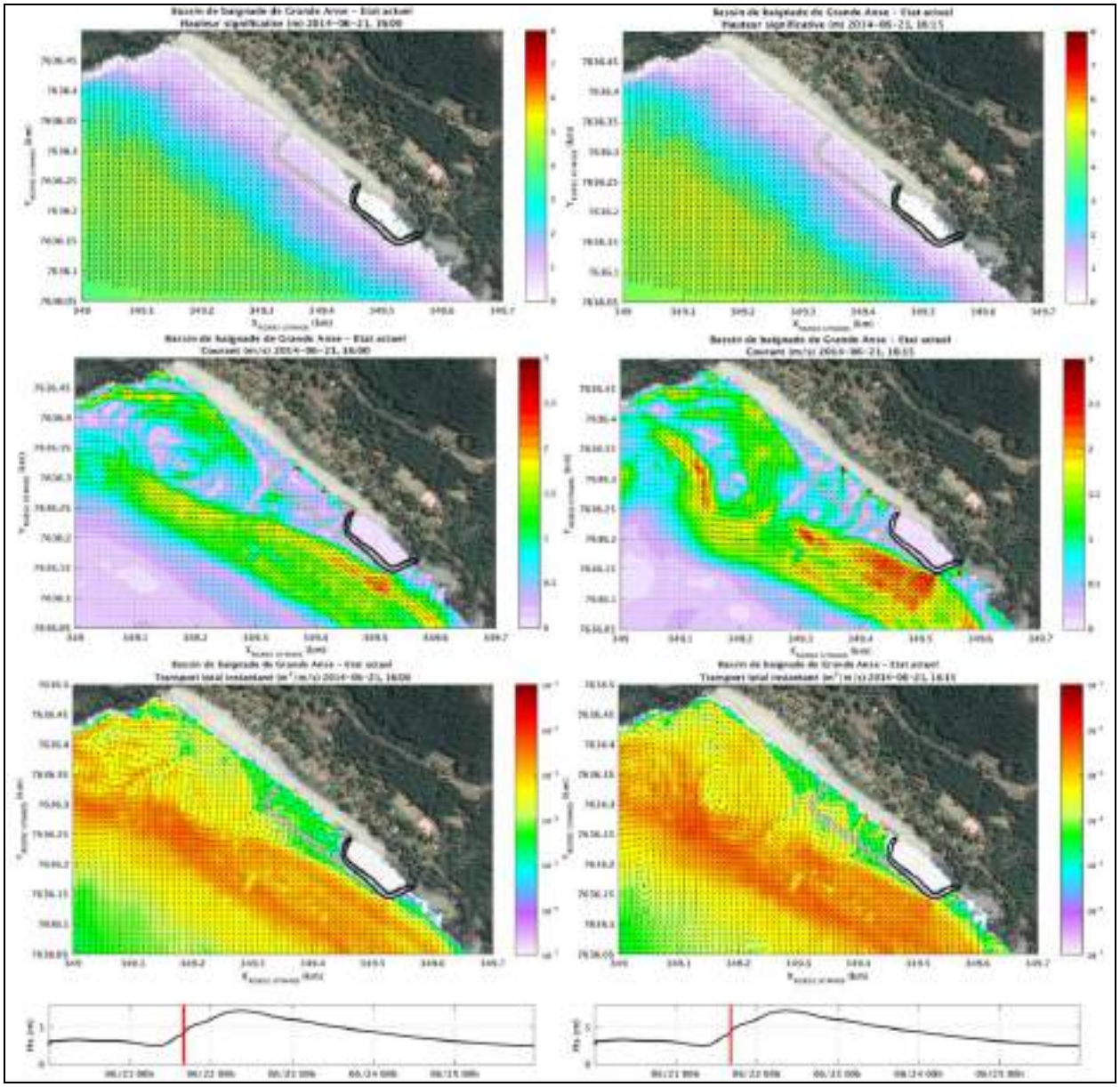


Figure 5-15 : Propagation des vagues (en haut), cartes de courant (au milieu) et capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues très énergétiques de houle australe (périodes longues) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse.

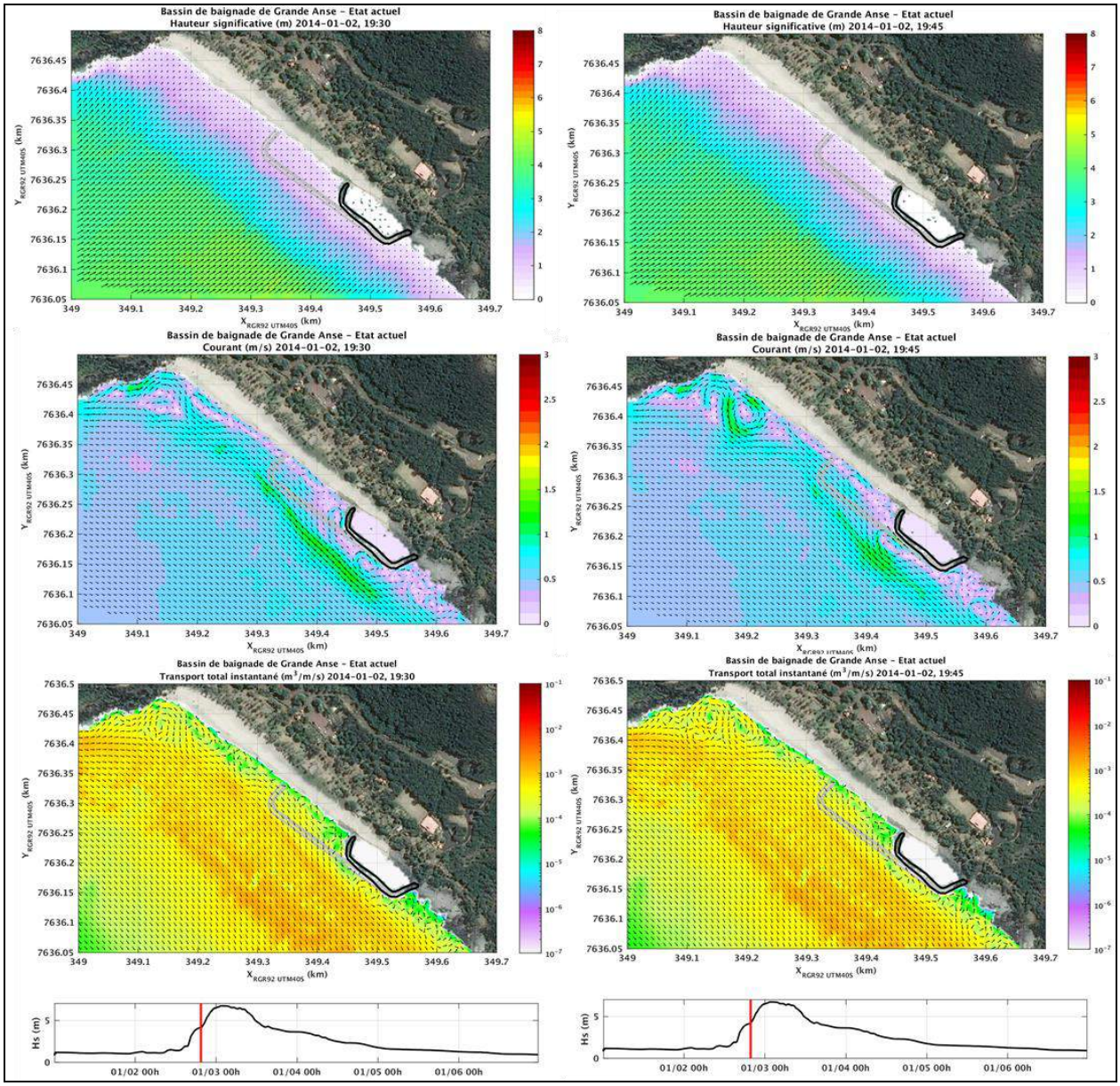


Figure 5-16 : Propagation des vagues (en haut), cartes de courant (au milieu) et capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues très énergétiques de type cycloniques (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Nord-Ouest vers le Sud-Est de l'anse.

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.

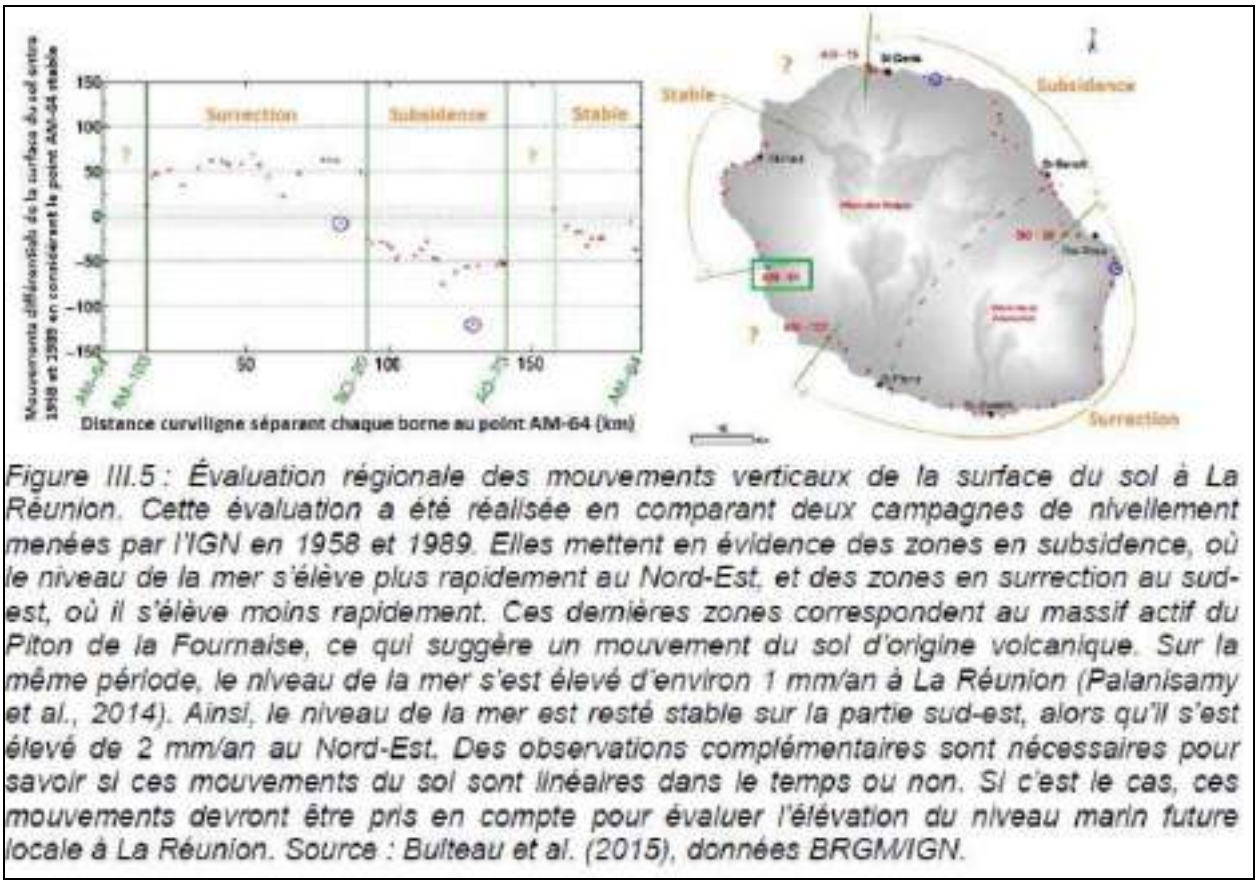


Figure III.5 : Évaluation régionale des mouvements verticaux de la surface du sol à La Réunion. Cette évaluation a été réalisée en comparant deux campagnes de nivellement menées par l'IGN en 1958 et 1989. Elles mettent en évidence des zones en subsidence, où le niveau de la mer s'élève plus rapidement au Nord-Est, et des zones en surrection au sud-est, où il s'élève moins rapidement. Ces dernières zones correspondent au massif actif du Piton de la Fournaise, ce qui suggère un mouvement du sol d'origine volcanique. Sur la même période, le niveau de la mer s'est élevé d'environ 1 mm/an à La Réunion (Palanisamy et al., 2014). Ainsi, le niveau de la mer est resté stable sur la partie sud-est, alors qu'il s'est élevé de 2 mm/an au Nord-Est. Des observations complémentaires sont nécessaires pour savoir si ces mouvements du sol sont linéaires dans le temps ou non. Si c'est le cas, ces mouvements devront être pris en compte pour évaluer l'élévation du niveau marin future locale à La Réunion. Source : Bulteau et al. (2015), données BRGM/IGN.

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 BAIGNADE 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) mêmes 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.

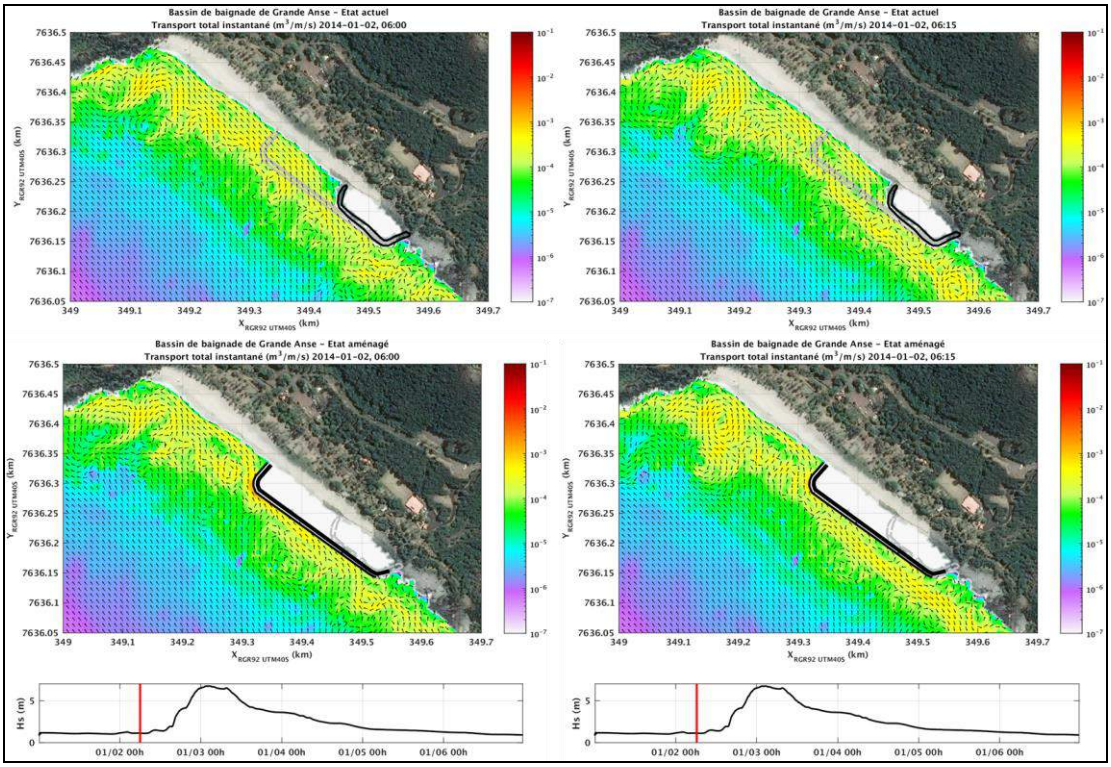


Figure 5-18 : Capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues fréquentes faiblement à moyennement énergétiques induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse – Haut : état initial, Bas : état aménagé.

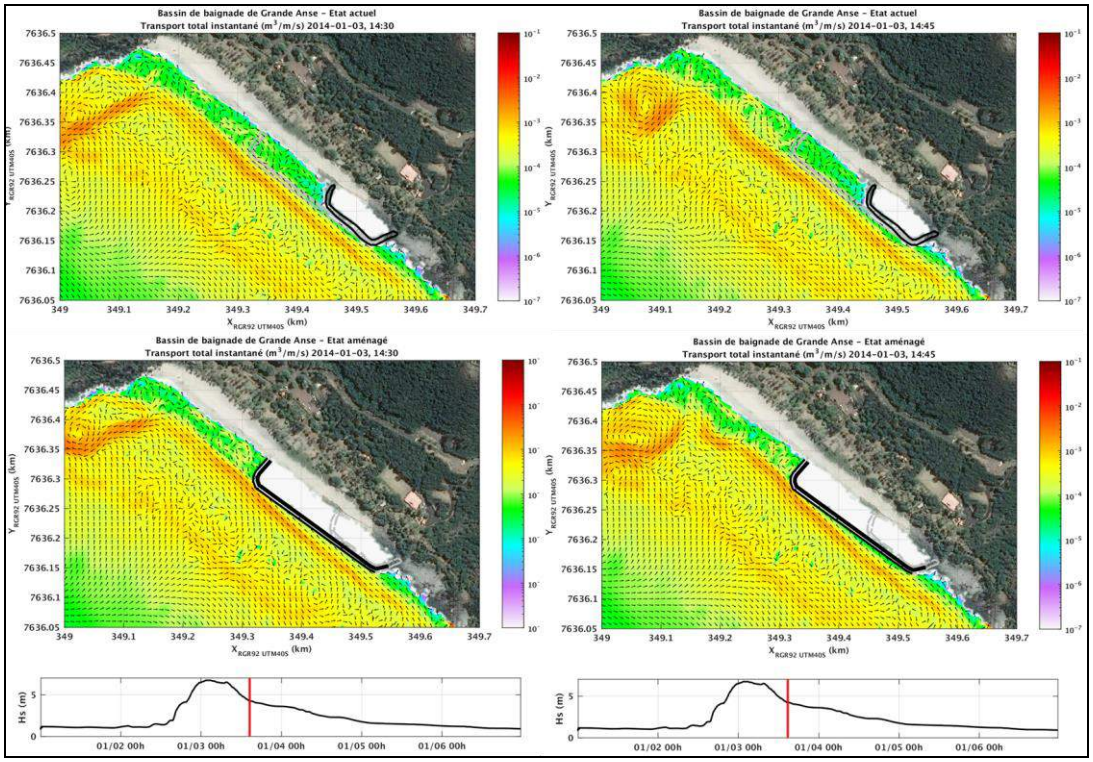


Figure 5-19 : Capacités de transport solide (en bas) - Conditions de vagues énergétiques de type cyclonique (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse – Haut : état initial, Bas : état aménagé.

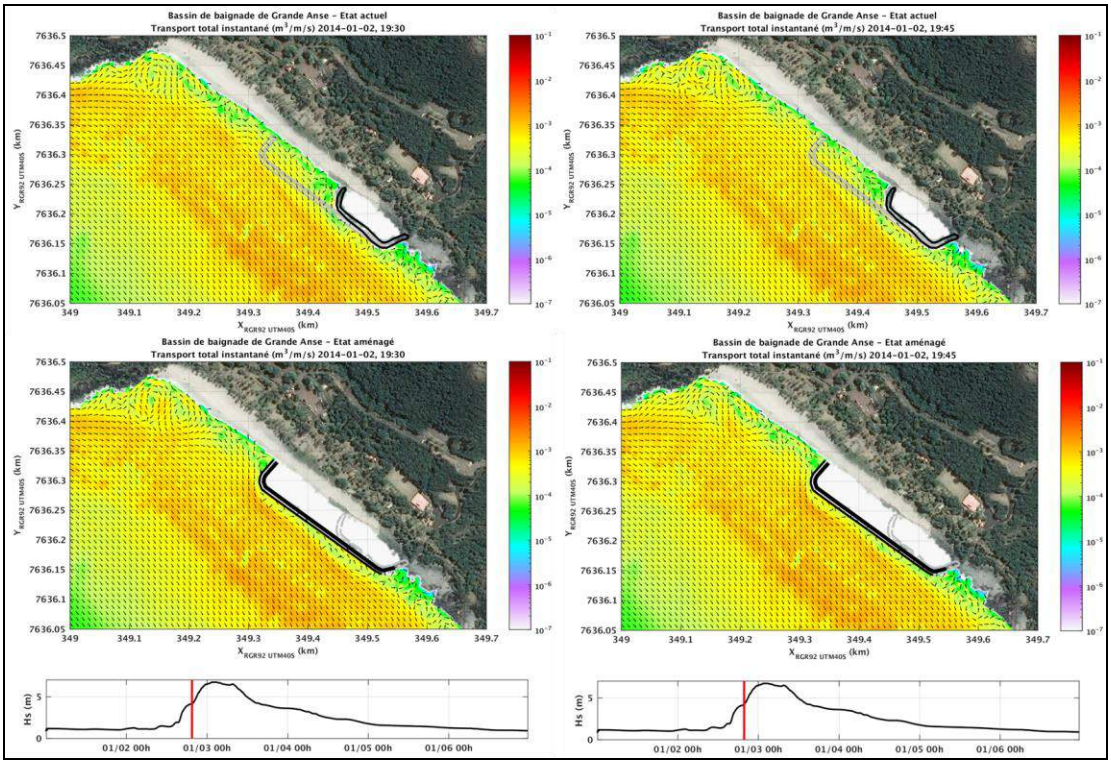


Figure 5-20 : Capacités de transport solide - Conditions de vagues très énergétiques de type cyclonique (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Nord-Ouest vers le Sud-Est de l'anse - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

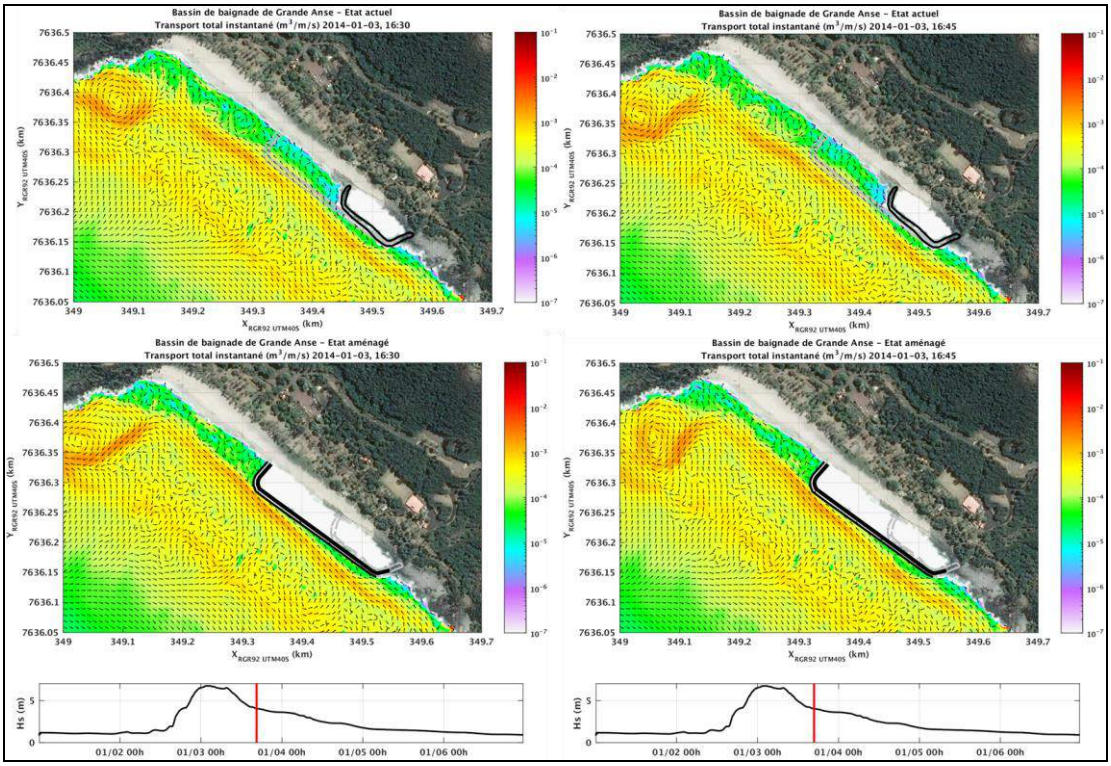


Figure 5-21 : Capacités de transport solide - Conditions de vagues très énergétiques de type cyclonique (périodes plutôt courtes) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

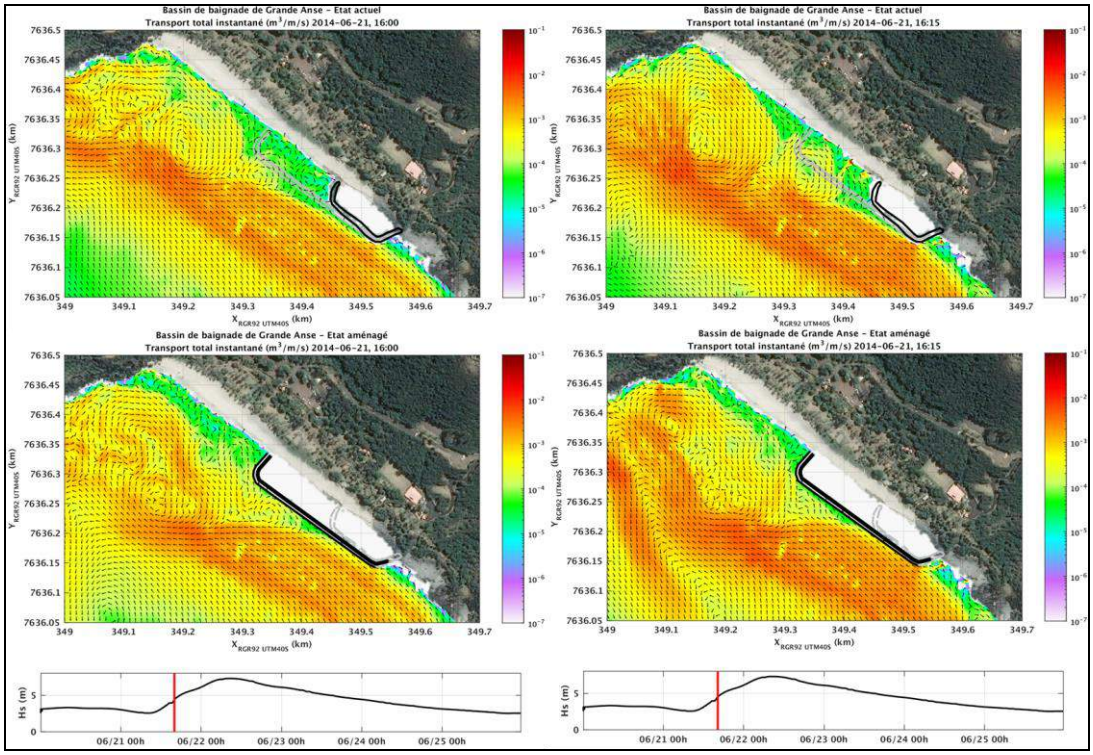


Figure 5-22 : Capacités de transport solide - Conditions de vagues très énergétiques de type houle australe (périodes plutôt longues) induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

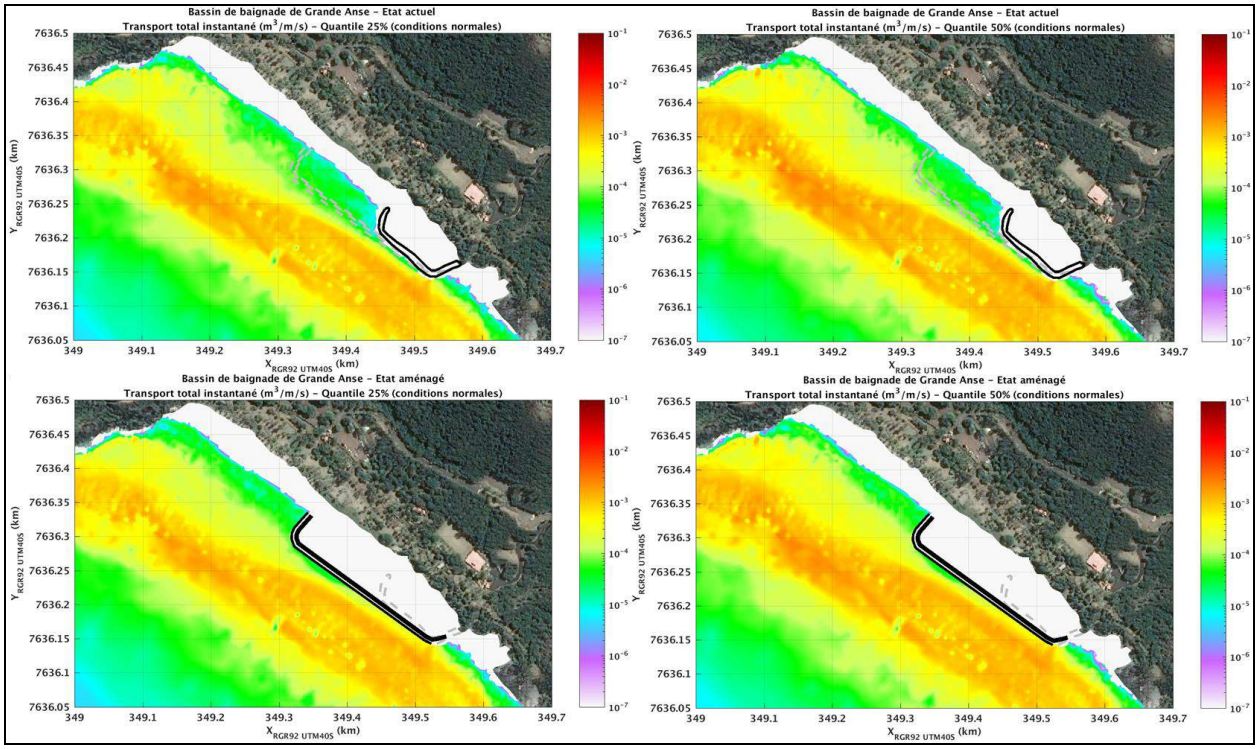


Figure 5-23 : Statistiques de capacité de transport solide – Conditions de vagues moyennement énergétiques (paramètres statistique Q25 et Q50) de type houle australe (périodes plutôt longues) - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

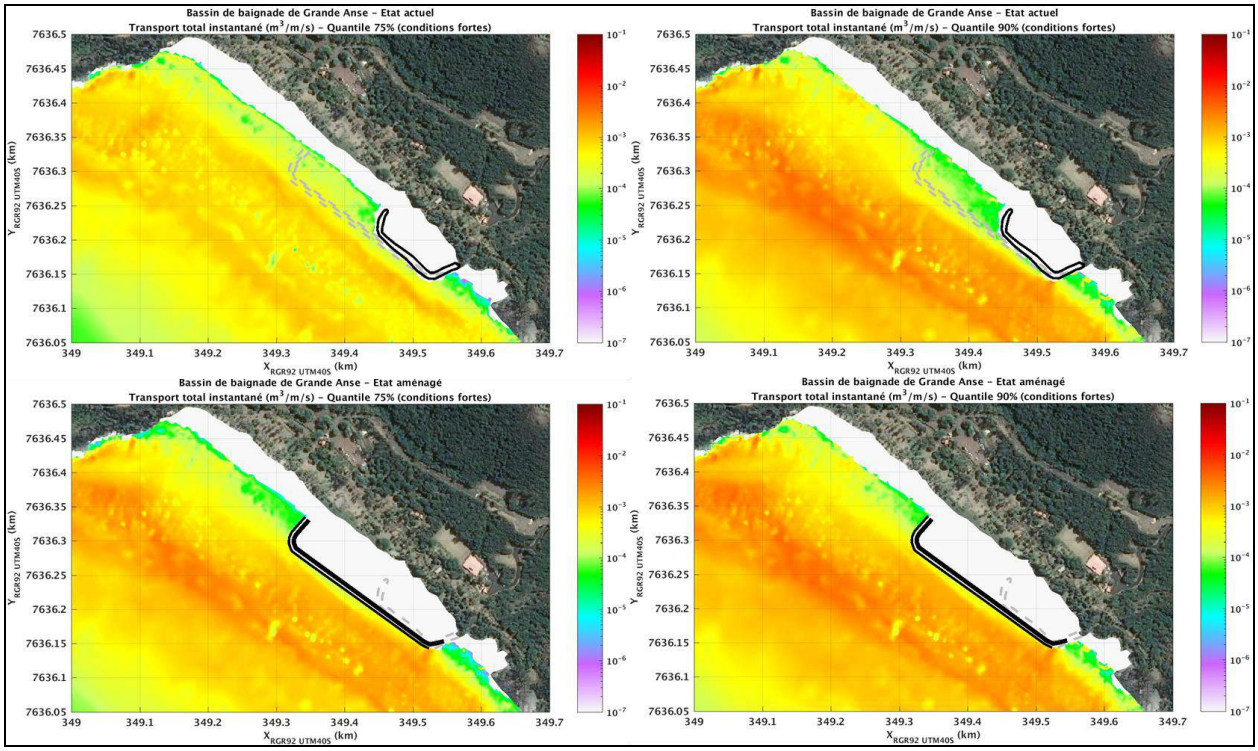


Figure 5-24 : Statistiques de capacité de transport solide – Conditions de vagues énergétiques à très énergétiques (paramètres statistique Q75 et Q90) de type houle australe (périodes plutôt longues) - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

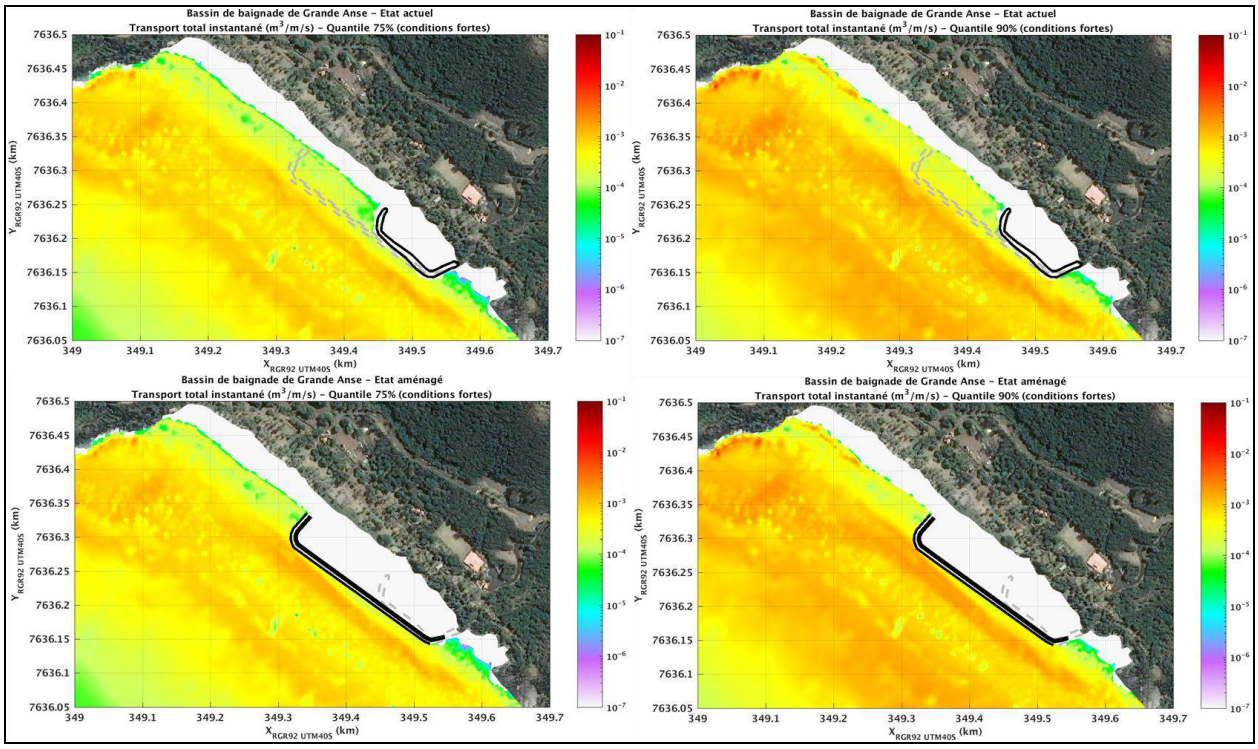


Figure 5-25 : Statistiques de capacité de transport solide – Conditions de vagues énergétiques à très énergétiques (paramètres statistique Q75 et Q90) de type cyclonique (périodes relativement courtes) - Haut : état initial, Bas : état aménagé.

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 XXIe 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.

ANNEXE 8:ETUDE HYDRODYNAMIQUE COMPLEMENTAIRE ACTIMAR/BW CGC (2022)



Projet d'extension du bassin de baignade de Grande Anse

Etude des franchissements induits par les vagues et du renouvellement des eaux

Rapport V2

Baptiste Mengual, Jean-Rémy Huguet, B. Waeles

22/07/2022

Sommaire

1. Contexte/objectifs (p3)

2. Conditions hydrodynamiques (p4)

3. Mise en place du modèle SWASH (p8)

4. Etude des conditions de débits franchissants - bassin existant - à partir de l'analyse croisée des images Google Earth, de l'outil Eurotop, et des simulations SWASH (p12)

5. Simulations des débits franchissants sur la coupe-type projetée (profil 1 ; cf. section 2) (p26)

6. Synthèse des analyses sur les franchissements par paquets de mer (p31)

7. Propagation de la marée à travers l'ouvrage (p33)

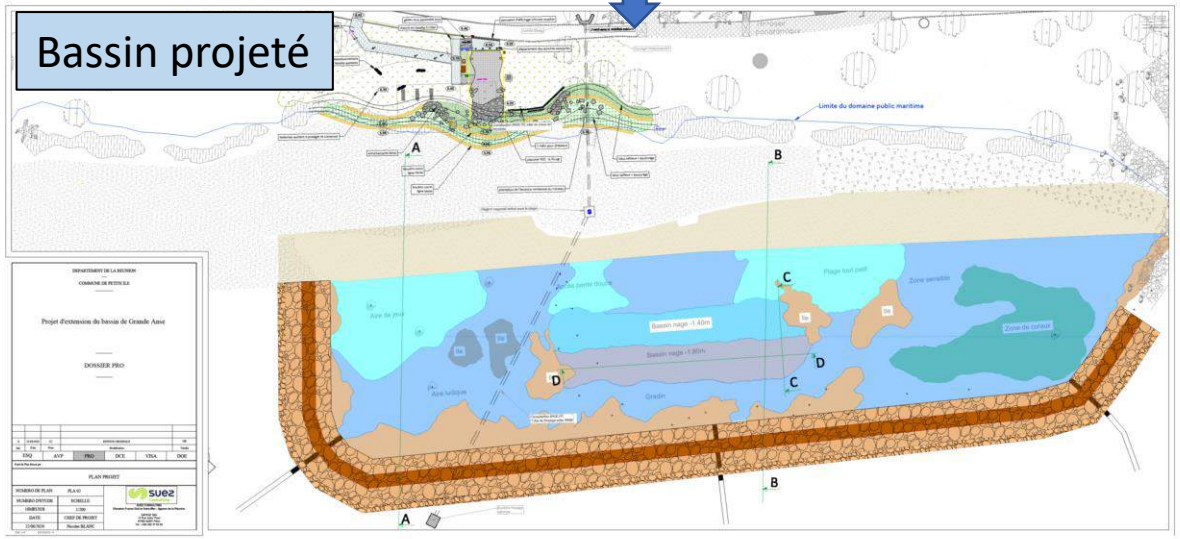
8. Estimations des temps de renouvellement des eaux (p36)

9. Synthèse des résultats de franchissement (par les vagues) et de renouvellement des eaux pour la conception et le dimensionnement de la digue (p40)

10. Nouveau projet d'extension du bassin (Recherche d'optimisation additionnelle, Tranche Optionnelle n°1) : Simulations des débits franchissants et effets sur les temps de renouvellement des eaux (p41)

1. Contexte/objectifs







Besoins/Objectifs : Dans le cadre du projet d'extension du bassin de baignade à Grande Anse, Actimar et son partenaire BW-CGC ont réalisé en 2019 une étude d'impact hydro-sédimentaire. Suite au retour d'instruction, une étude complémentaire portant sur la circulation au sein du bassin et l'estimation du renouvellement des eaux est demandée 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.

Introduction : Actuellement, un bassin de baignade est présent sur la plage de Grande Anse, délimité par une digue en enrochement ayant une cote d'arase irrégulière entre 0.8 et 1.2 m/NGR et présentant des brèches par endroit. Il est projeté d'agrandir le bassin en mettant en place un nouvel ouvrage en enrochement non liaisonné avec une crête envisagée initialement à 1.5 m/NGR. De plus, des enrochements sont envisagés le long de l'ouvrage à l'intérieur pour créer des ilots rocheux, et une fosse de baignage est prévue par déroctage pour l'approfondir en deux niveaux de 1.40 m et 1.80 m de profondeur.

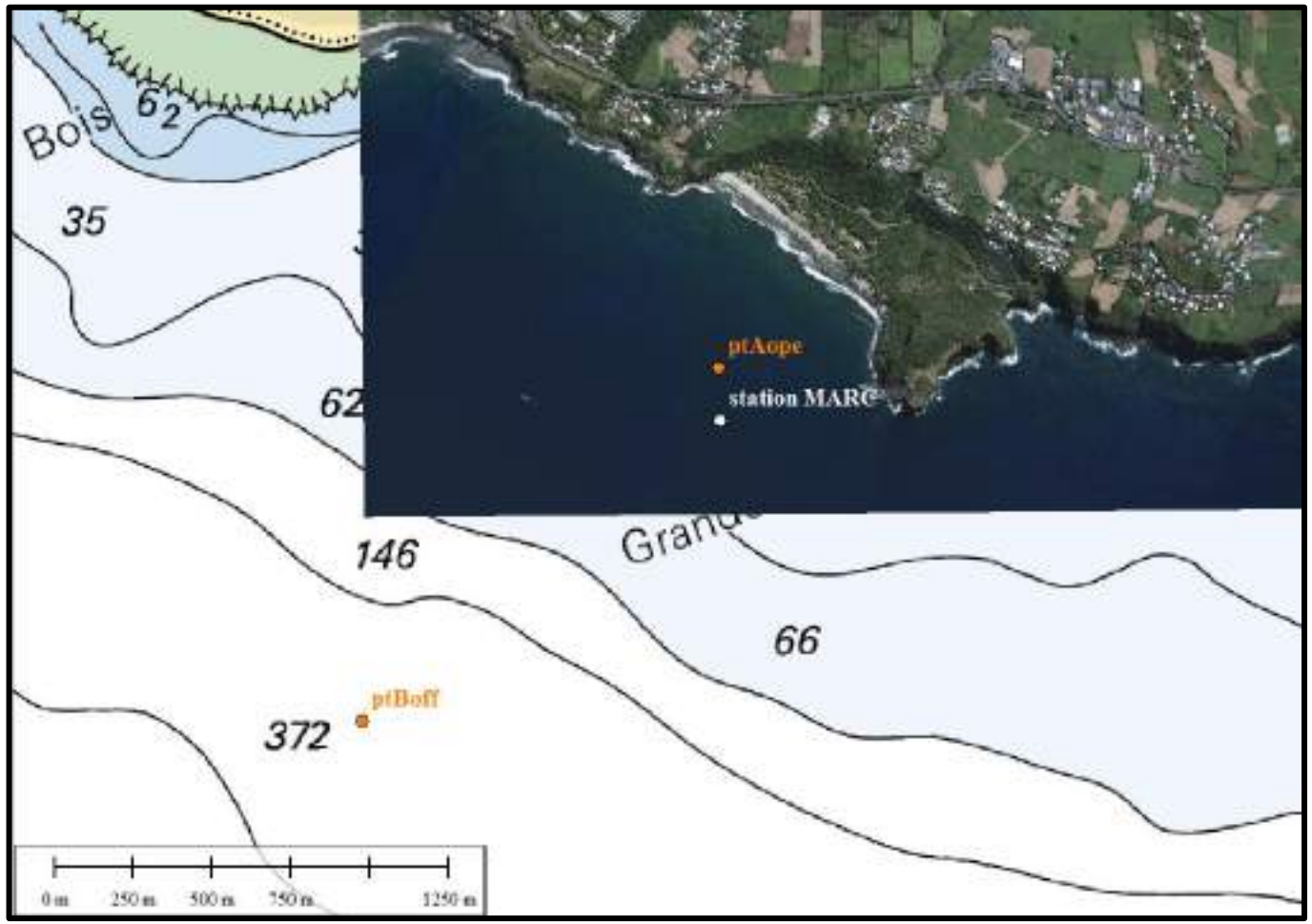
Les échanges d'eau entre le nouveau bassin de baignade et l'extérieur permettant le renouvellement des eaux peuvent être favorisés de différentes manières : franchissements par paquets de mer au-dessus de la crête de l'ouvrage, flux à travers l'ouvrage du fait de sa porosité, débordements au-dessus des retour de digues (jonctions entre le linéaire de digue parallèle au rivage et la plage), potentiellement trois buses positionnées dans l'enrochement, si toutefois leur effet est significatif vis-à-vis des autres contributions , potentiellement quelques modifications de la géométrie de l'ouvrage ou de sa conception (en particulier pour la cote d'arase de la digue) qui pourraient avoir des effets bénéfiques. Des préconisations sont formulées dans le cadre de la présente étude.

2. Conditions hydrodynamiques

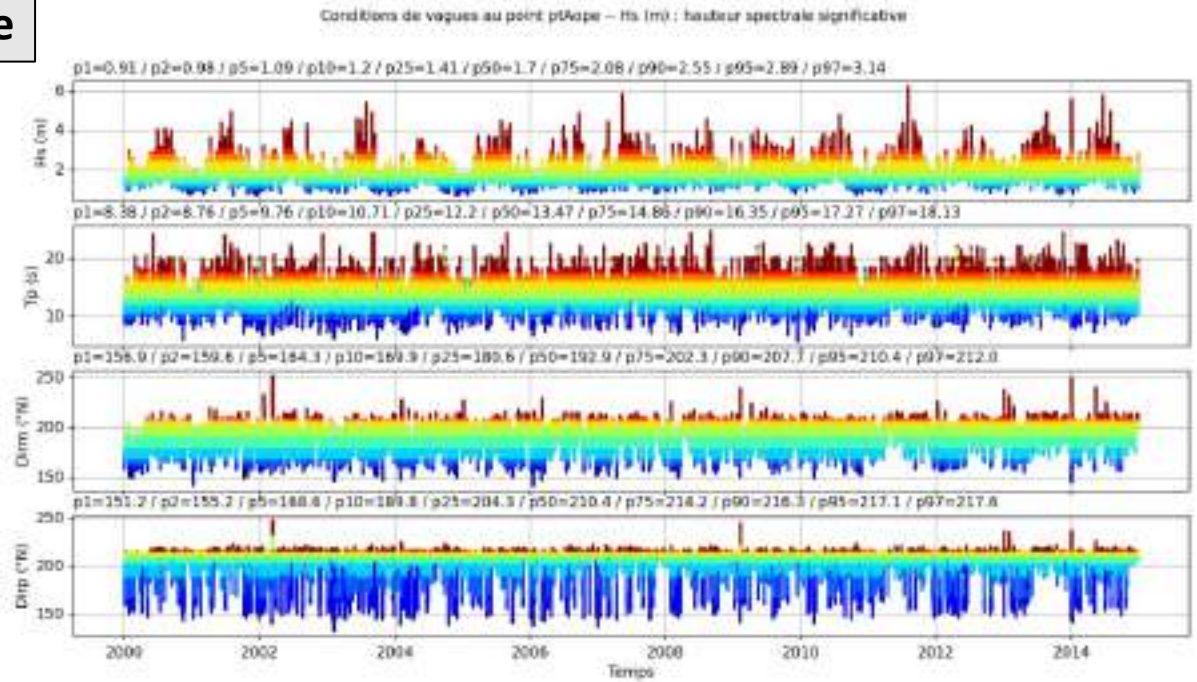
Analyse des conditions de vagues (sorties modèles ERM-WW3 Actimar et MARC IFREMER)

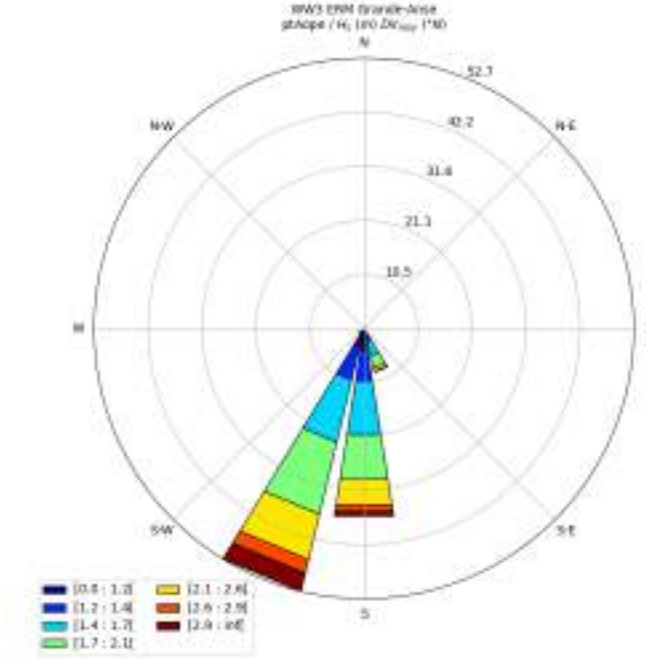
Exploitation de résultats de modélisations WaveWatch3 :

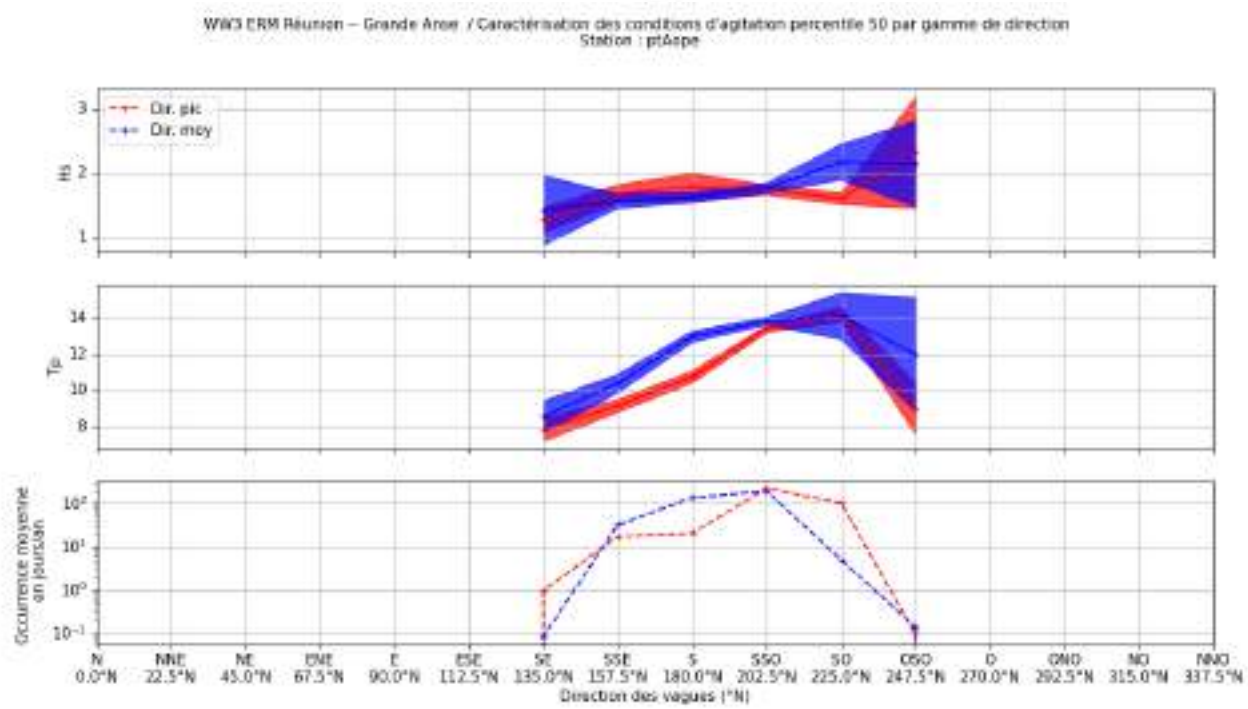
- Ré-analyses ERM d'Actimar (période 2000-2014)
- Prévisions MARC d'Ifremer (période 2017-2021)

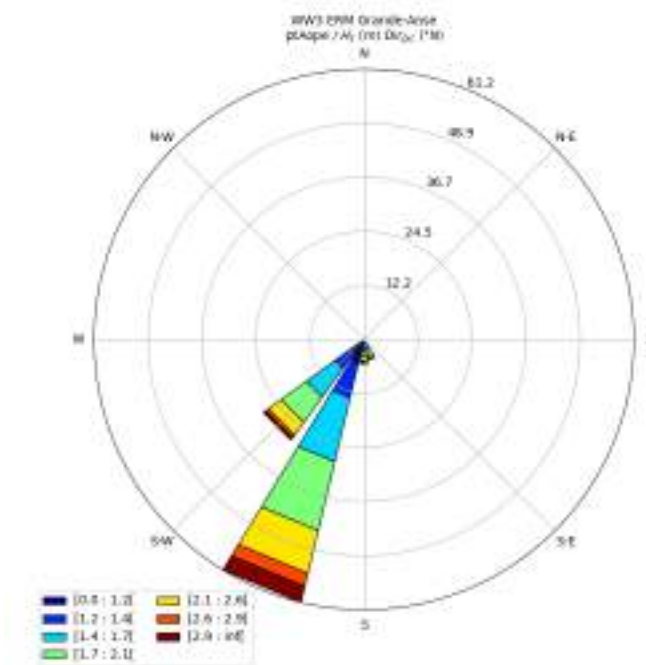


ptAope

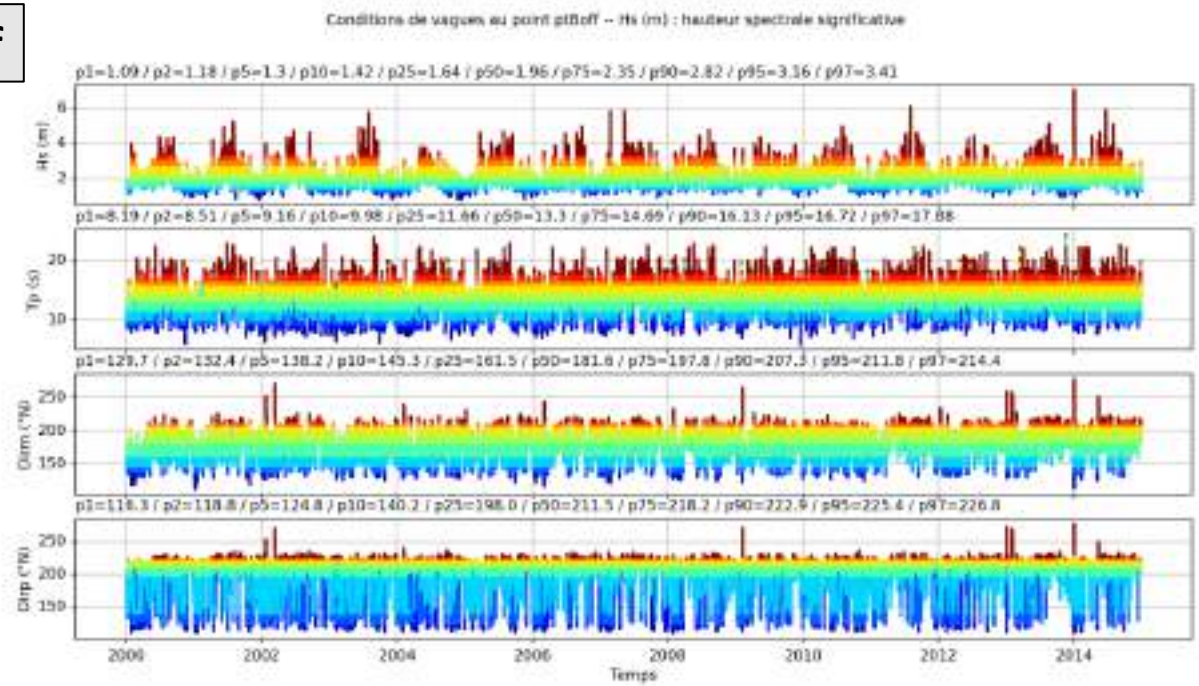

Conditions de vagues au point ptAope – Hs (m) : hauteur spectrale significative
p1=0.91 / p2=0.98 / p5=1.09 / p10=1.2 / p25=1.41 / p50=1.7 / p75=2.08 / p90=2.55 / p95=2.89 / p97=3.14
Hs (m)
p1=8.38 / p2=8.76 / p5=9.76 / p10=10.71 / p25=12.2 / p50=13.47 / p75=14.86 / p90=16.35 / p95=17.27 / p97=18.13
Tp (s)
p1=156.9 / p2=159.6 / p5=164.3 / p10=169.9 / p25=180.6 / p50=192.9 / p75=202.3 / p90=207.7 / p95=210.4 / p97=212.0
Dirm (°N)
p1=151.2 / p2=155.2 / p5=160.6 / p10=169.8 / p25=204.3 / p50=210.4 / p75=214.2 / p90=216.3 / p95=217.1 / p97=217.6
Dirp (°N)
2000
2002
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Temps

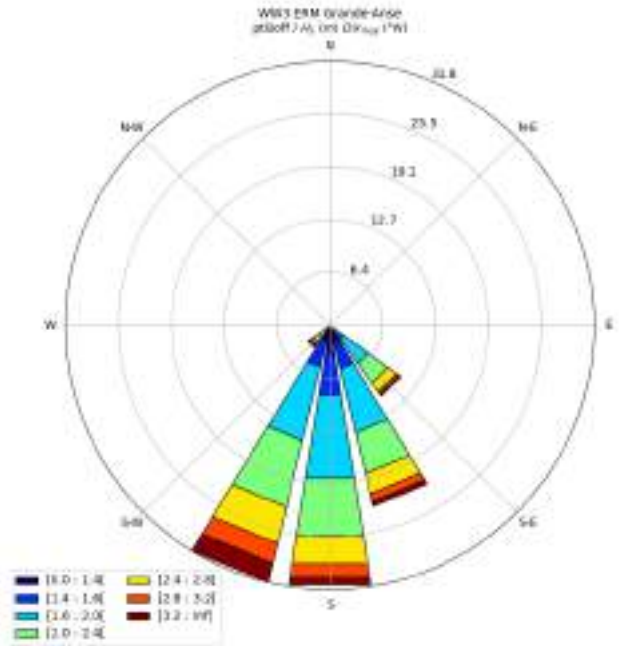

WW3 ERM Grande-Anse
ptAope / H_s (m) Dir_{Tp} (°N)
N
NW
NE
W
E
SW
SE
S
52.7
43.2
31.8
21.3
10.5
[0.8 : 1.2[
[1.2 : 1.4[
[1.4 : 1.7[
[1.7 : 2.1[
[2.1 : 2.6[
[2.6 : 2.9[
[2.9 : inf[

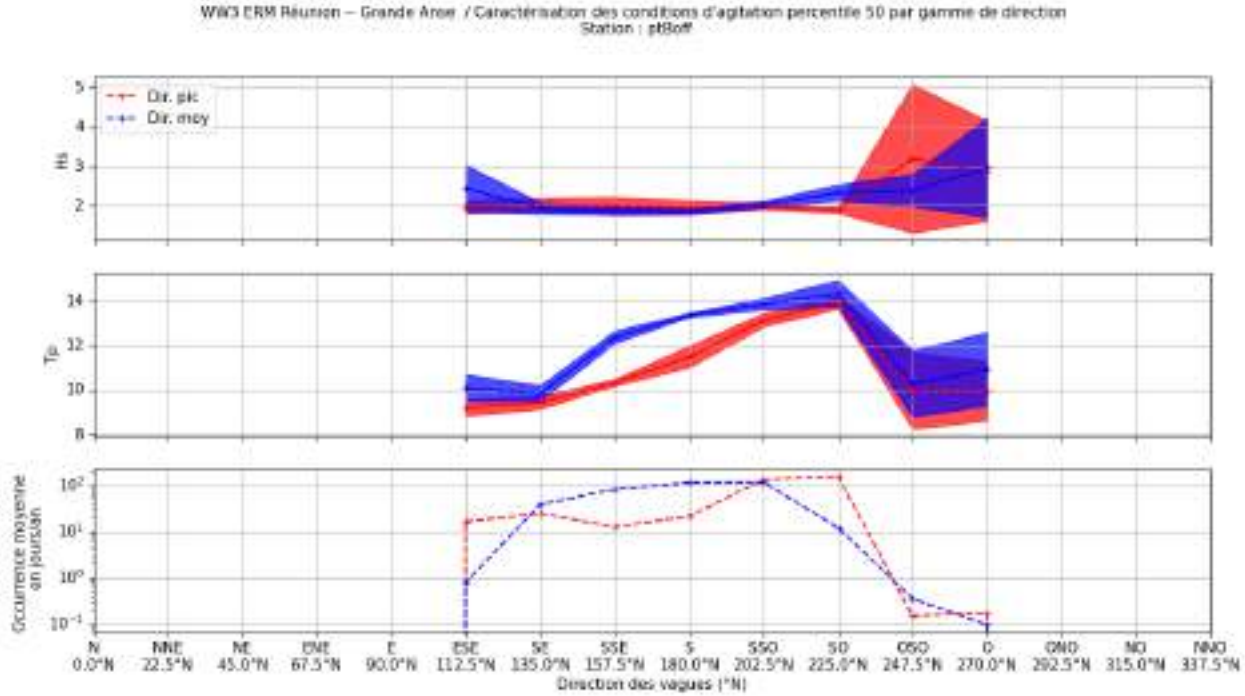

WW3 ERM Réunion – Grande Anse / Caractérisation des conditions d'agitation percentile 50 par gamme de direction
Station : ptAope
Dir. pic
Dir. moy
Hs
Tp
Occurence moyenne en jour/an
N 0.0°N
NNE 22.5°N
NE 45.0°N
ENE 67.5°N
E 90.0°N
ESE 112.5°N
SE 135.0°N
SSE 157.5°N
S 180.0°N
SSO 202.5°N
SO 225.0°N
OSO 247.5°N
O 270.0°N
ONO 292.5°N
NO 315.0°N
NNO 337.5°N
Direction des vagues (°N)

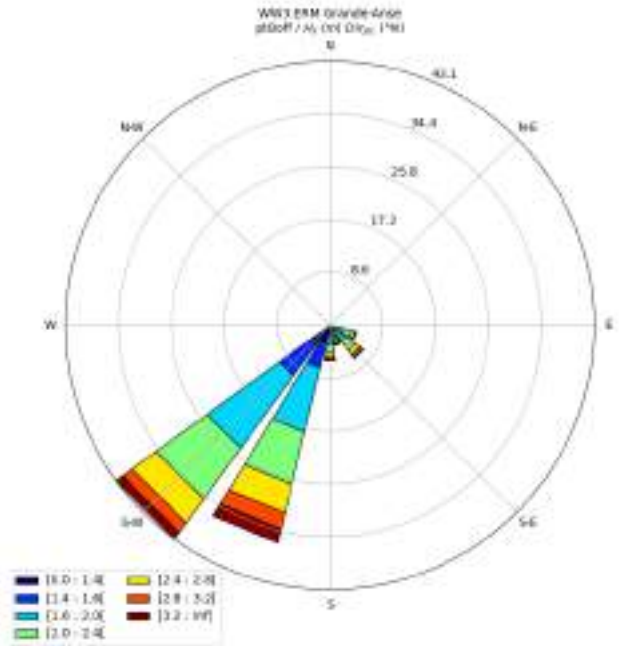

WW3 ERM Grande-Anse
ptAope / H_s (m) Dir_{Tp} (°N)
N
NW
NE
W
E
SW
SE
S
61.2
48.9
36.7
24.5
12.2
[0.8 : 1.2[
[1.2 : 1.4[
[1.4 : 1.7[
[1.7 : 2.1[
[2.1 : 2.6[
[2.6 : 2.9[
[2.9 : inf[

ptBoff


Conditions de vagues au point ptBoff -- Hs (m) : hauteur spectrale significative
p1=1.09 / p2=1.18 / p5=1.3 / p10=1.42 / p25=1.64 / p50=1.96 / p75=2.35 / p90=2.82 / p95=3.16 / p97=3.41
Hs (m)
p1=8.19 / p2=8.51 / p5=9.16 / p10=9.98 / p25=11.66 / p50=13.3 / p75=14.69 / p90=16.13 / p95=16.72 / p97=17.88
Tp (s)
p1=129.7 / p2=132.4 / p5=138.2 / p10=145.3 / p25=161.5 / p50=181.6 / p75=197.8 / p90=207.3 / p95=211.8 / p97=214.4
Dirm (°N)
p1=116.3 / p2=118.8 / p5=124.8 / p10=140.2 / p25=198.0 / p50=211.5 / p75=218.2 / p90=222.9 / p95=225.4 / p97=226.8
Dirp (°N)
2000
2002
2004
2006
2008
2010
2012
2014
Temps


WW3 ERM Grande-Anse
ptBoff / Hs (m) Dirm (°N)
N
NW
NE
W
E
S
[0.0 : 1.4[
[1.4 : 1.6[
[1.6 : 2.0[
[2.0 : 2.4[
[2.4 : 2.8[
[2.8 : 3.2[
[3.2 : inf[


WW3 ERM Réunion -- Grande Anse / Caractérisation des conditions d'agitation percentile 50 par gamme de direction
Station : ptBoff
Dir. pic
Dir. moy
Hs
Tp
Occurence moyenne en jours/an
N 0.0°N
NNE 22.5°N
NE 45.0°N
ENE 67.5°N
E 90.0°N
ESE 112.5°N
SE 135.0°N
SSE 157.5°N
S 180.0°N
SSO 202.5°N
SO 225.0°N
OSO 247.5°N
O 270.0°N
ONO 292.5°N
NO 315.0°N
NNO 337.5°N
Direction des vagues (°N)


WW3 ERM Grande-Anse
ptBoff / Hs (m) Dirp (°N)
N
NW
NE
W
E
S
[0.0 : 1.4[
[1.4 : 1.6[
[1.6 : 2.0[
[2.0 : 2.4[
[2.4 : 2.8[
[2.8 : 3.2[
[3.2 : inf[

Station MARC

- Conditions similaires au point Actimar **ptAope**
- Complément du rejeu Actimar sur la période 2017-2021
- Statistiques de vagues (toute direction confondue) :

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

3. Mise en place du modèle SWASH

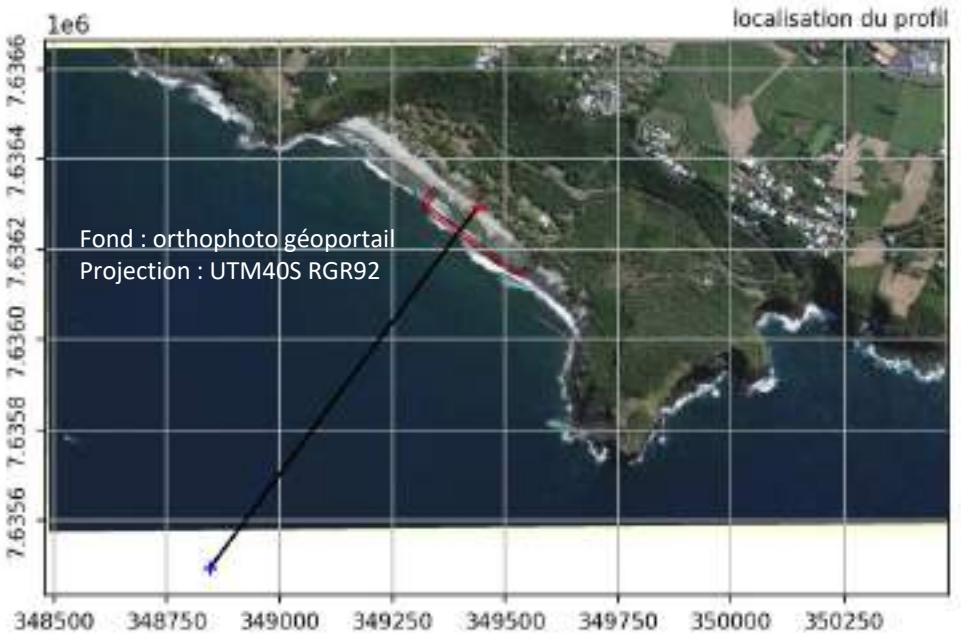
Profil 1DH SWASH en travers de l'ouvrage projeté (Profil 1)

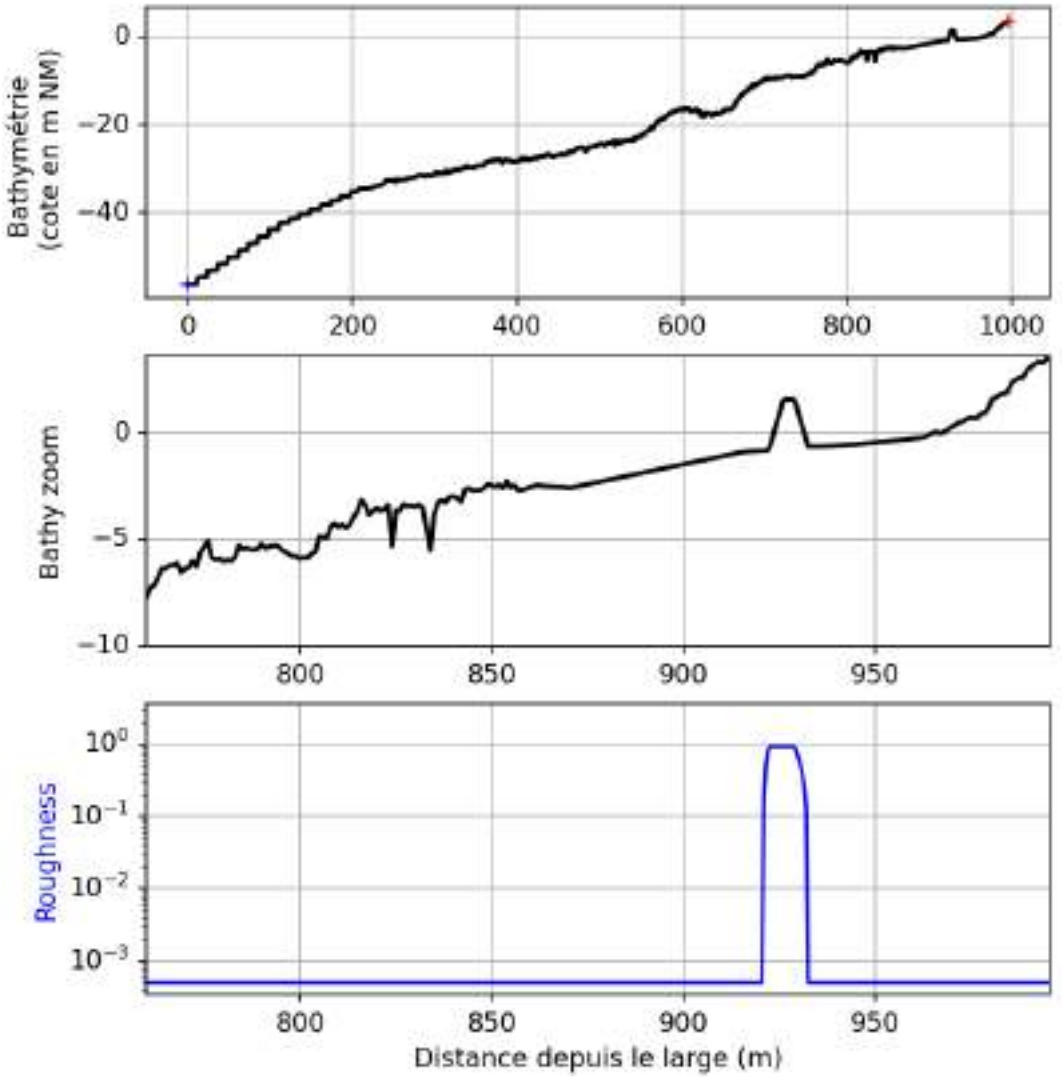
(réf. : Zijlema et al., 2011)

- Prof1 : Proche de la coupe B-B'
- Durée des simulations : 1 heure
- Résolution spatiale : 0.5 m
- 1 couche sur la verticale
- Cote d'arase : référence → +1.5 m NGR / testées → +1.3 m NGR, +1.1 m NGR
- Rugosité variable (k_s)

  Ouvrage : k_s =0.92 m (Dn50 mentionné dans l'AVP)

  Reste du profil : k_s =0.0005 m
- Hyp. : ouvrage rugueux mais non poreux (pas de buses, pas d'infiltration)





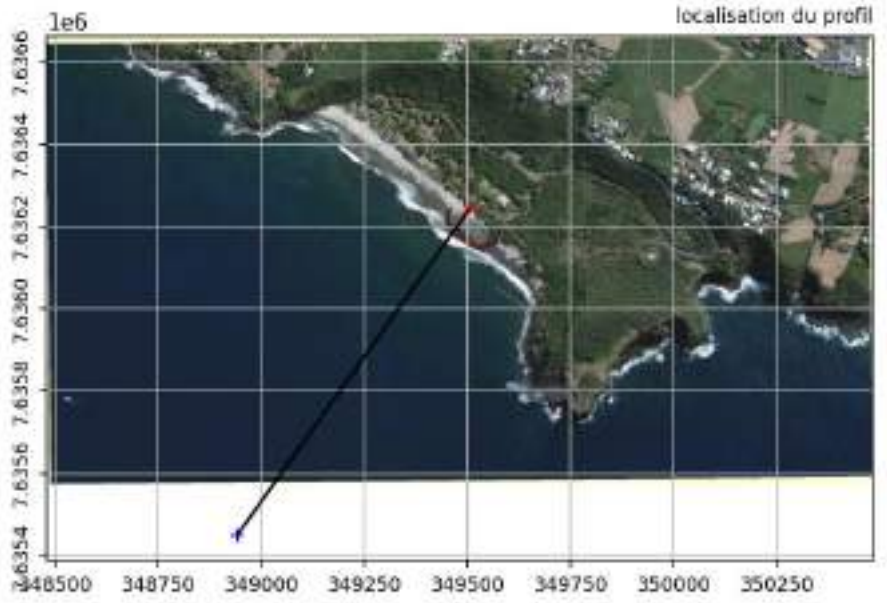
Profil 1DH SWASH en travers de l'ouvrage existant (Profil 2)

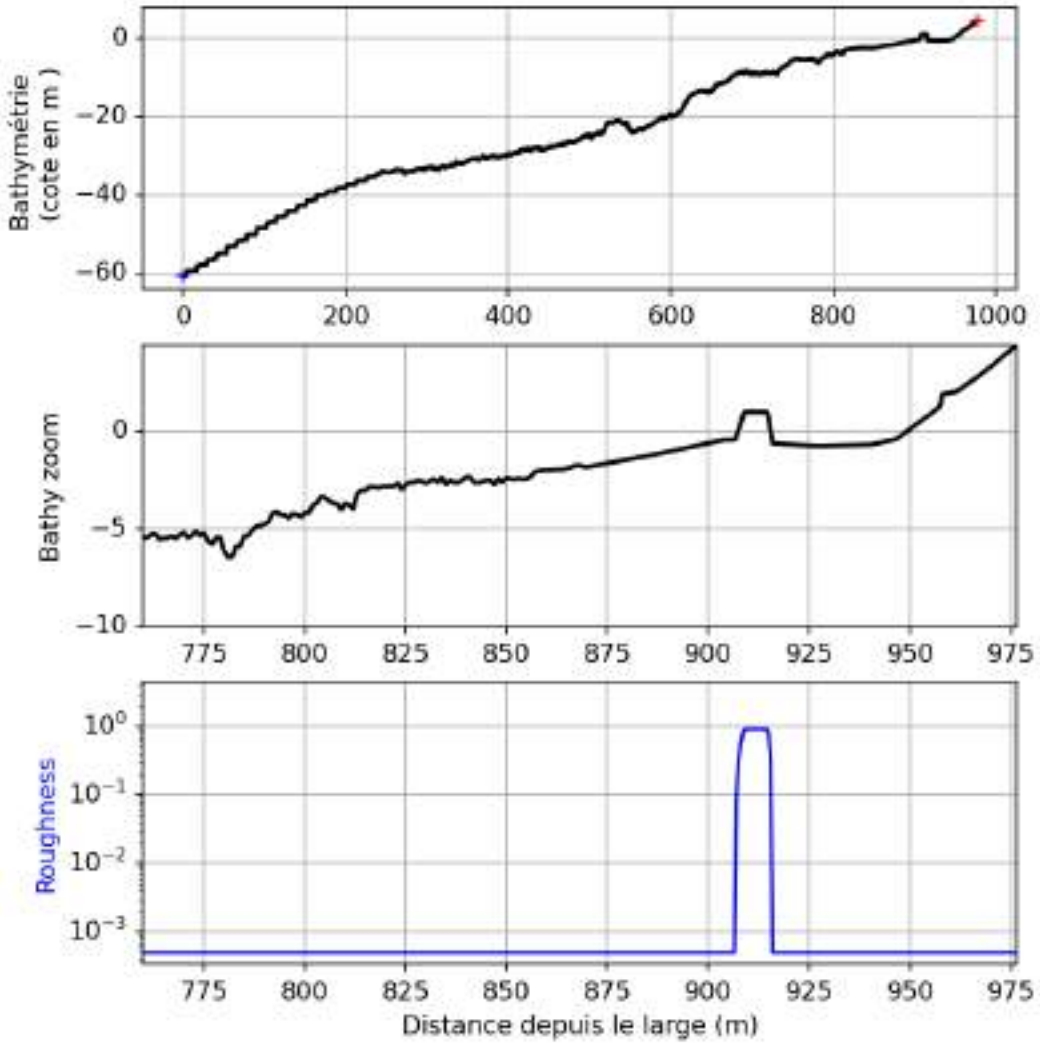
(réf. : Zijlema et al., 2011)

- Durée des simulations : 1 heure
- Résolution spatiale : 0.5 m
- 1 couche sur la verticale
- Cote d'arase : réf +1.0 m NGR
- Rugosité variable (k_s)

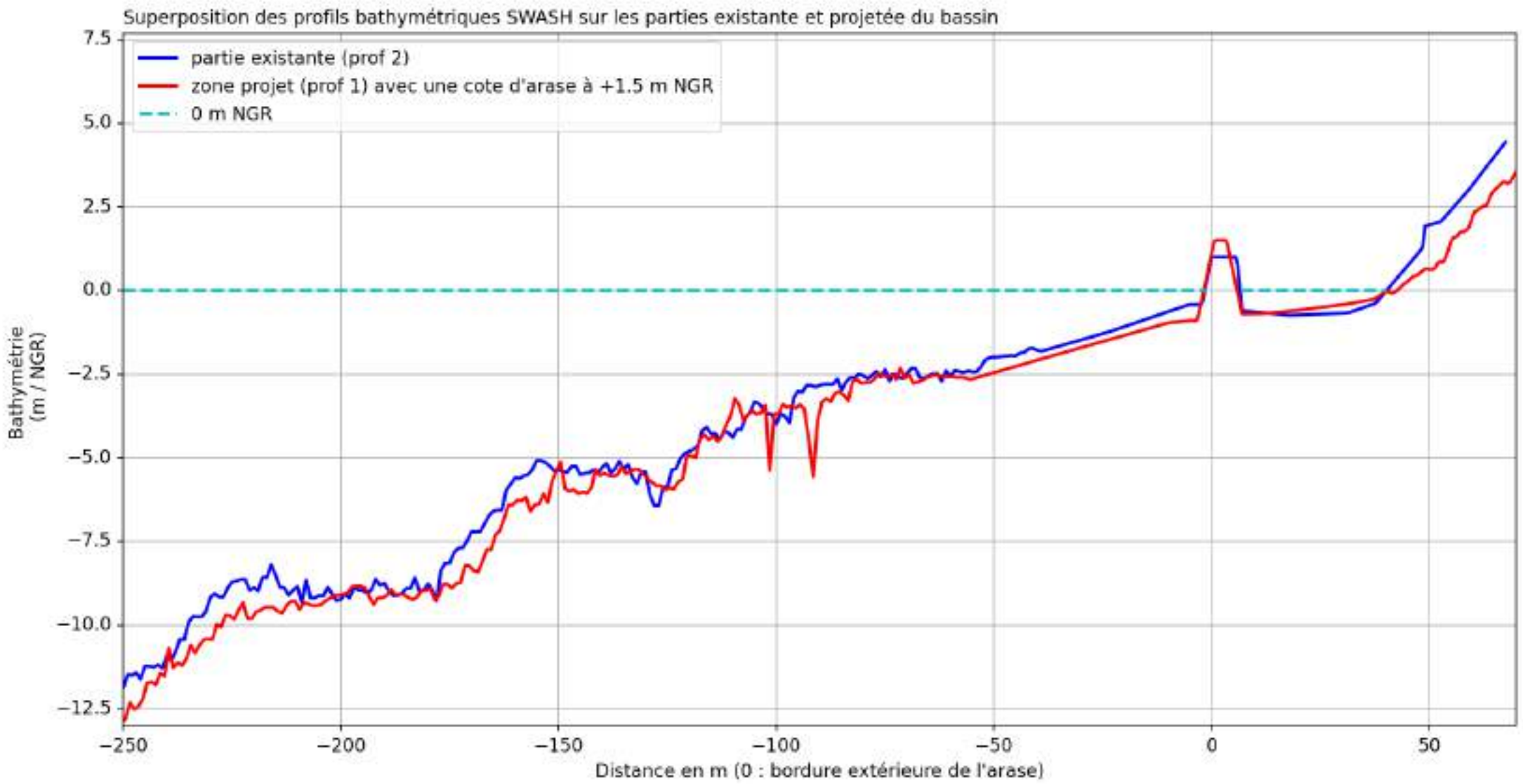
  Ouvrage : k_s =0.92 m (Dn50 mentionné dans l'AVP)

  Reste du profil : k_s =0.0005 m
- Hyp. : ouvrage rugueux mais non poreux (pas de buses, pas d'infiltration)





Comparaisons des profils bathymétriques (1 et 2) sur les parties projetée/existante du bassin



Mise en place du modèle SWASH en configuration 1DH

(réf. : Zijlema et al., 2011)

- Forçages de vagues : conditions retenues pour les simulations SWASH (station 1)

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

- Forçage de marée : niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) retenus pour les simulations SWASH

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

4. Etude des conditions de débits franchissants - bassin existant - à partir de l'analyse croisée des images Google Earth, de l'outil Eurotop, et des simulations SWASH

- 45 images exploitées entre le 10/07/2015 et le 15/09/2021 (heure de la prise de vue évaluée à partir de l'orientation des ombres à terre, pour connaitre le niveau de marée)
- 22 simulations de contrôle réalisées avec SWASH afin de comparer avec les estimations empiriques de l'Eurotop

Stratégie

4.1 Détermination des niveaux d'eau et des conditions d'agitation associées aux différentes images G*oogle Earth* disponibles (cf. Annexe 1) à partir des résultats de modèles de vagues (ré-analyses Actimar ou MARC Ifremer) et des données de marée.

4.2 Modélisation SWASH :

- Définition d'un profil (1DH) caractéristique d'une coupe-type « moyenne » de l'ouvrage existant (**profil 2 ; cf. section 2**)
- Calcul des débits franchissants pour des conditions hydrodynamiques variées (mêmes dates que les images *Google Earth*)
- Détermination d'un facteur d'atténuation des vagues entre le large et l'ouvrage (méthodes A et B)

4.3 Calculs avec l'Eurotop (formule empirique Eq 6.5) :

- Estimation des débits franchissants à partir des conditions en pied d'ouvrage issues de SWASH (Q eurotop *)
- Estimation des débits franchissants à partir des relations sur le facteur d'atténuation des vagues issues de SWASH (Q eurotop **)
- Reconstitution des séries temporelles de débits franchissants (« rejeu ») sur la période 2017/2021

4.4 Corrélation entre les observations *Google Earth*, les calculs SWASH et les estimations de l'Eurotop :

→ Recommandations sur la cote d'arase de l'ouvrage projeté.

Débits franchissants : Eurotop (2018), méthodologie

Revanche = cote d'arase – niveau moyen

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.09 \cdot \exp[-(1.5 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta})^{1.3}] \qquad \text{for steep slopes 1:2 to 1:4/3} \qquad 6.5$$

=1 (incidence perpendiculaire à l'ouvrage)

En pied d'ouvrage

=0.4 pour deux couches perméables d'enrochement

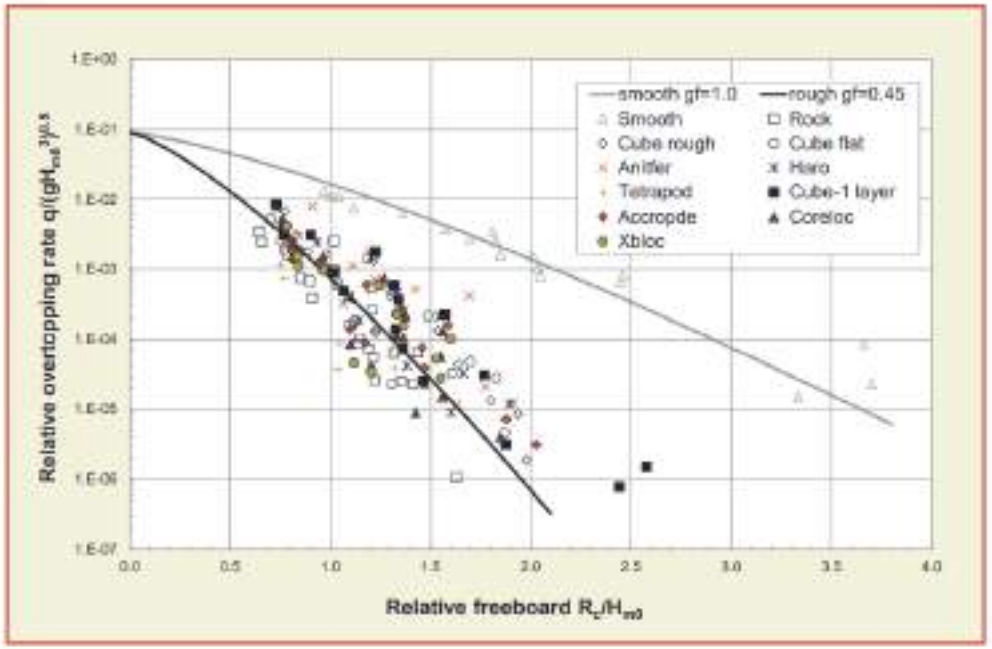
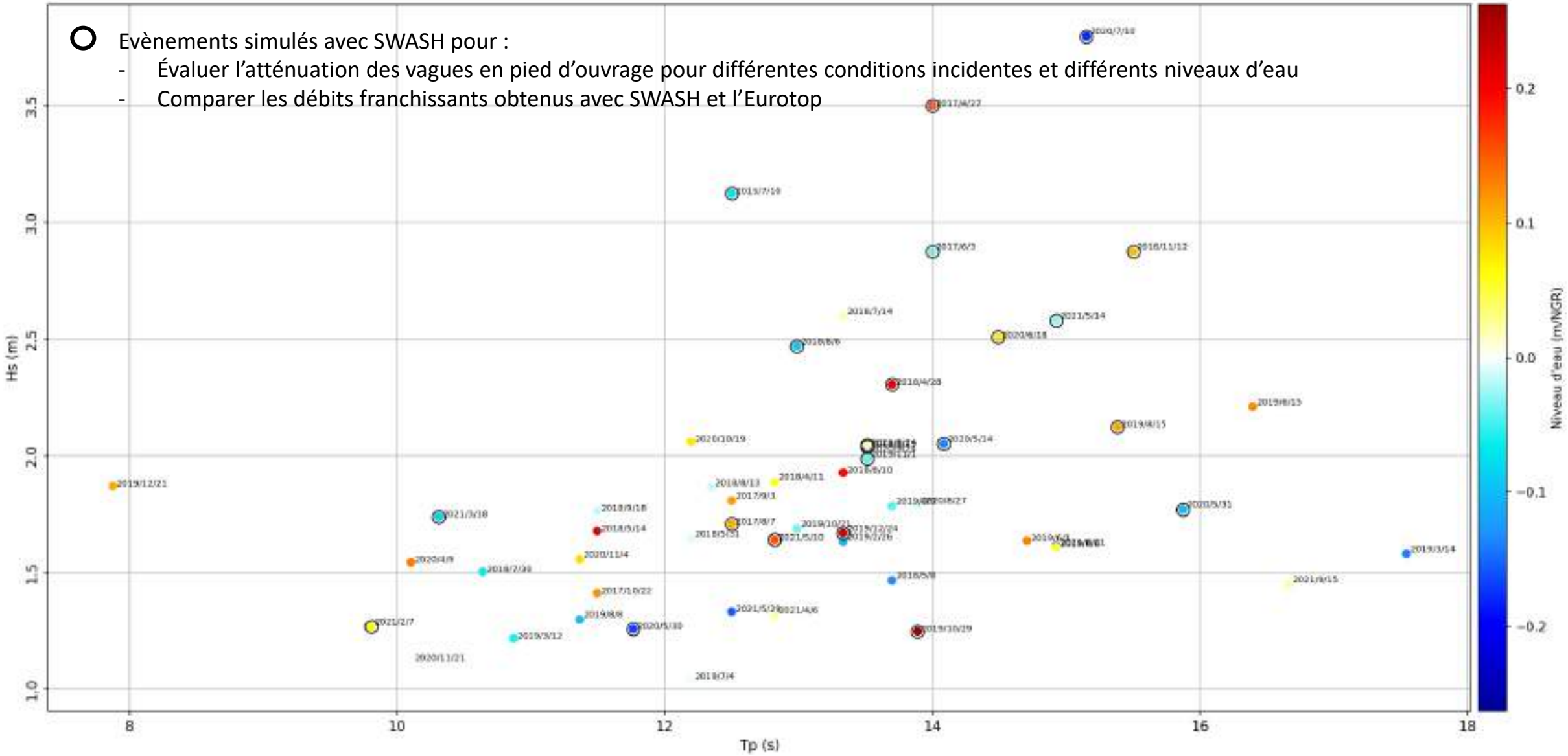


Figure 6.7: Mean overtopping discharge for 1:1.5 smooth and rubble mound slopes. CLASH-project

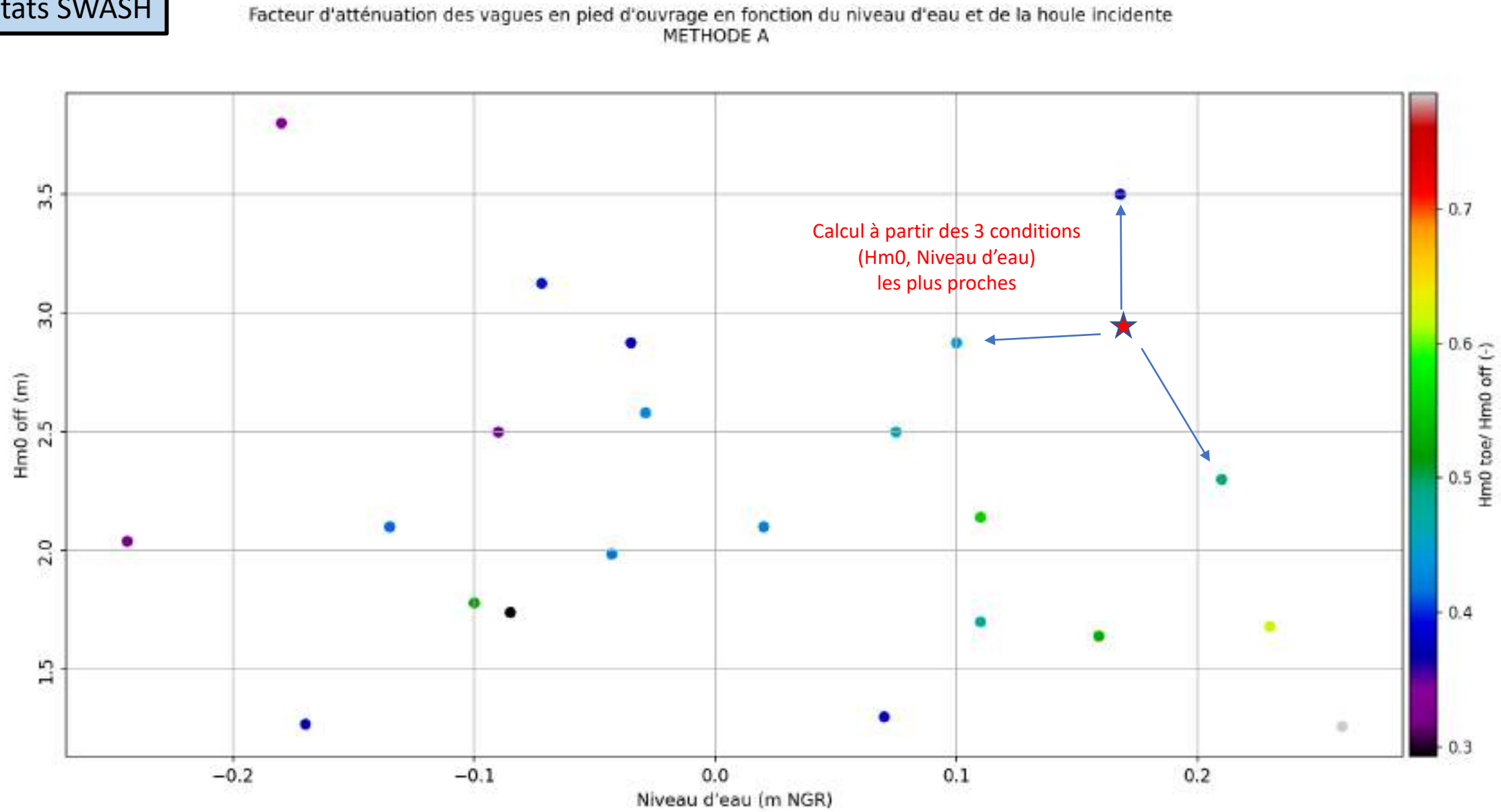
Conditions hydrodynamiques associées aux images google earth disponibles
Marée : FES2014 ; Vagues avant déferlement (sta1 55.545 -21.375 REUNION UG MARC)

cf. images Annexe A

- Evènements simulés avec SWASH pour :
  - Évaluer l'atténuation des vagues en pied d'ouvrage pour différentes conditions incidentes et différents niveaux d'eau
  - Comparer les débits franchissants obtenus avec SWASH et l'Eurotop



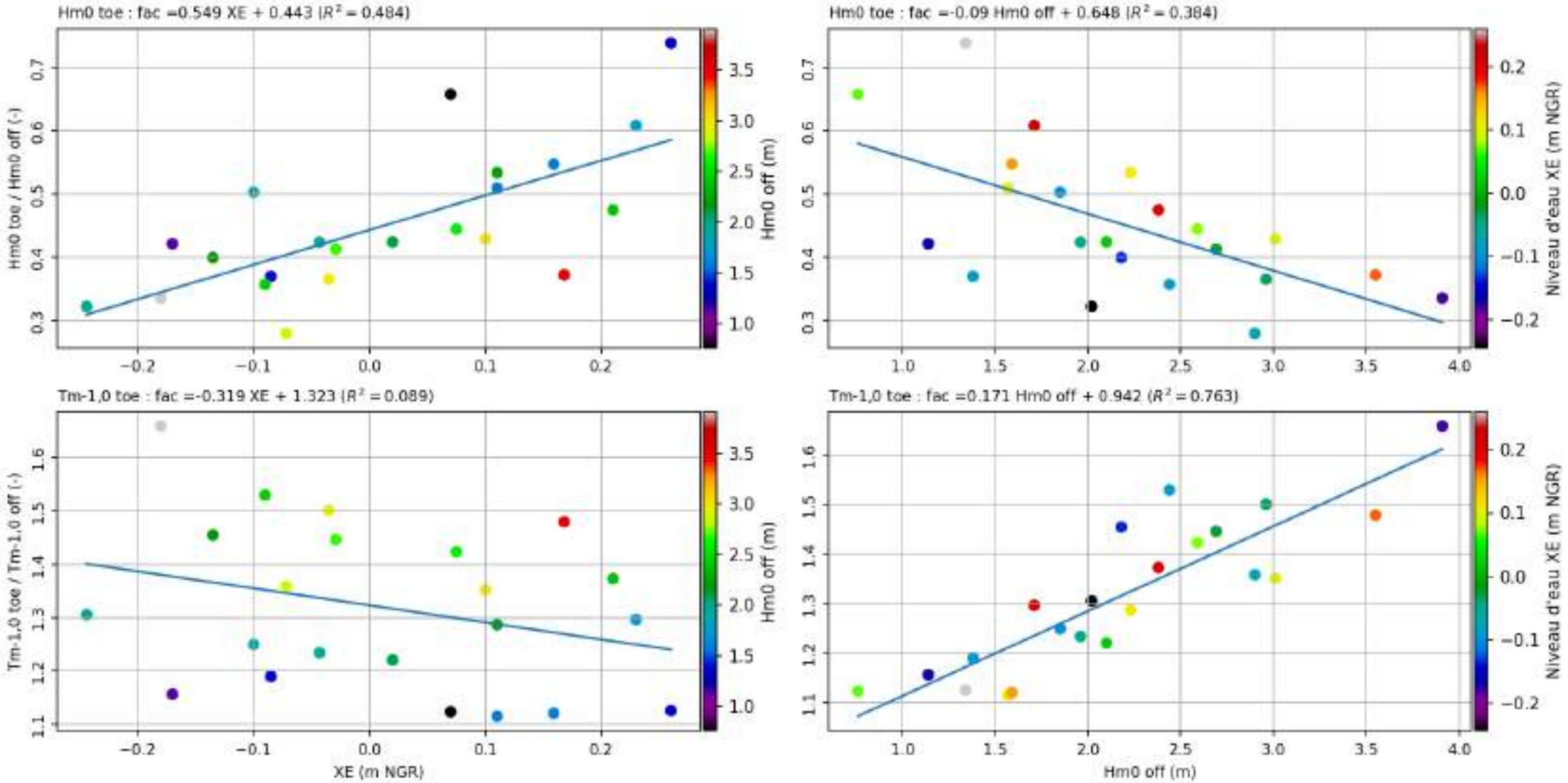
Résultats SWASH



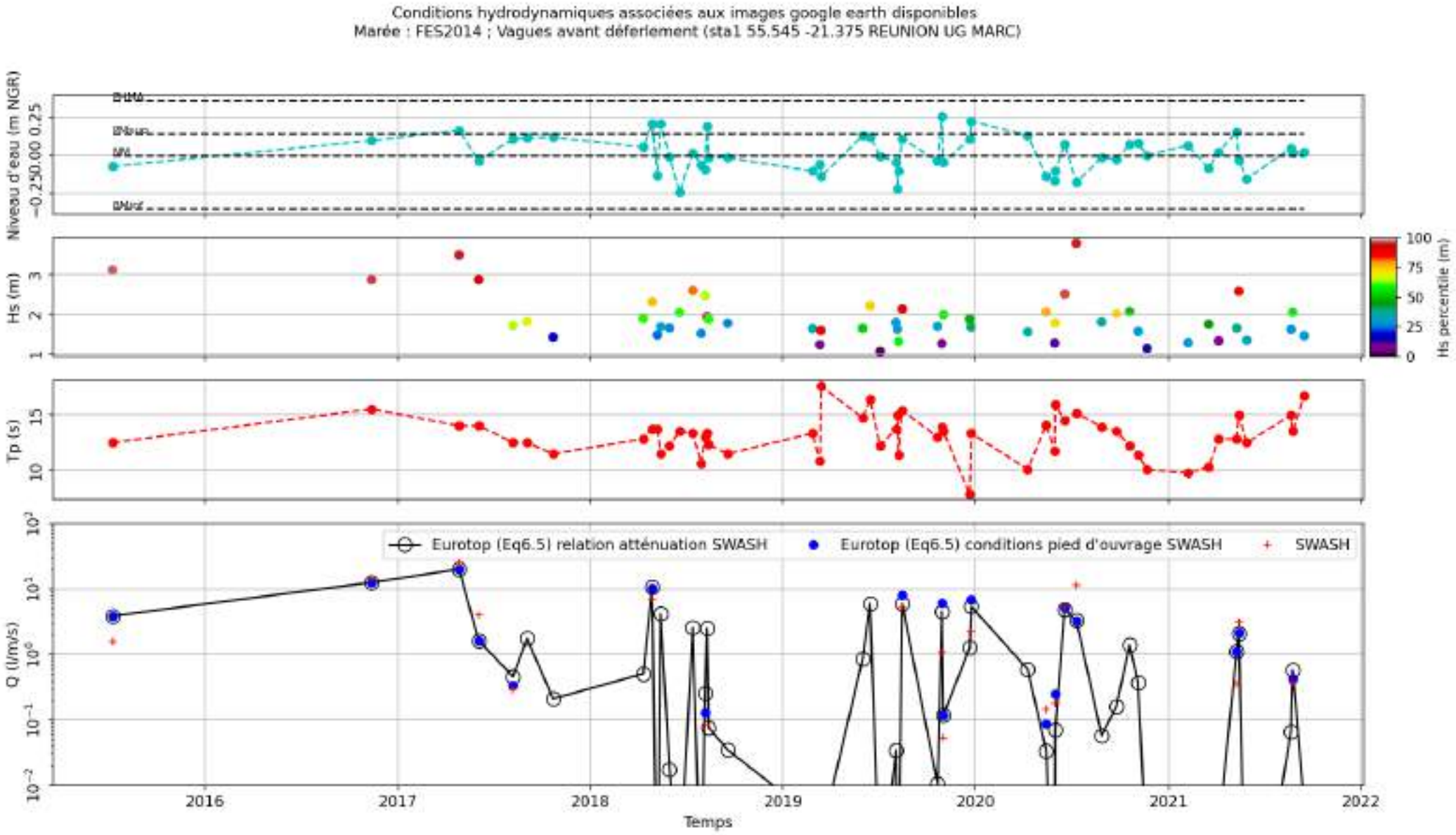
→ Méthode utilisée par la suite pour les rejeux de débits franchissants avec l'Eurotop (Eq 6.5)

Résultats SWASH

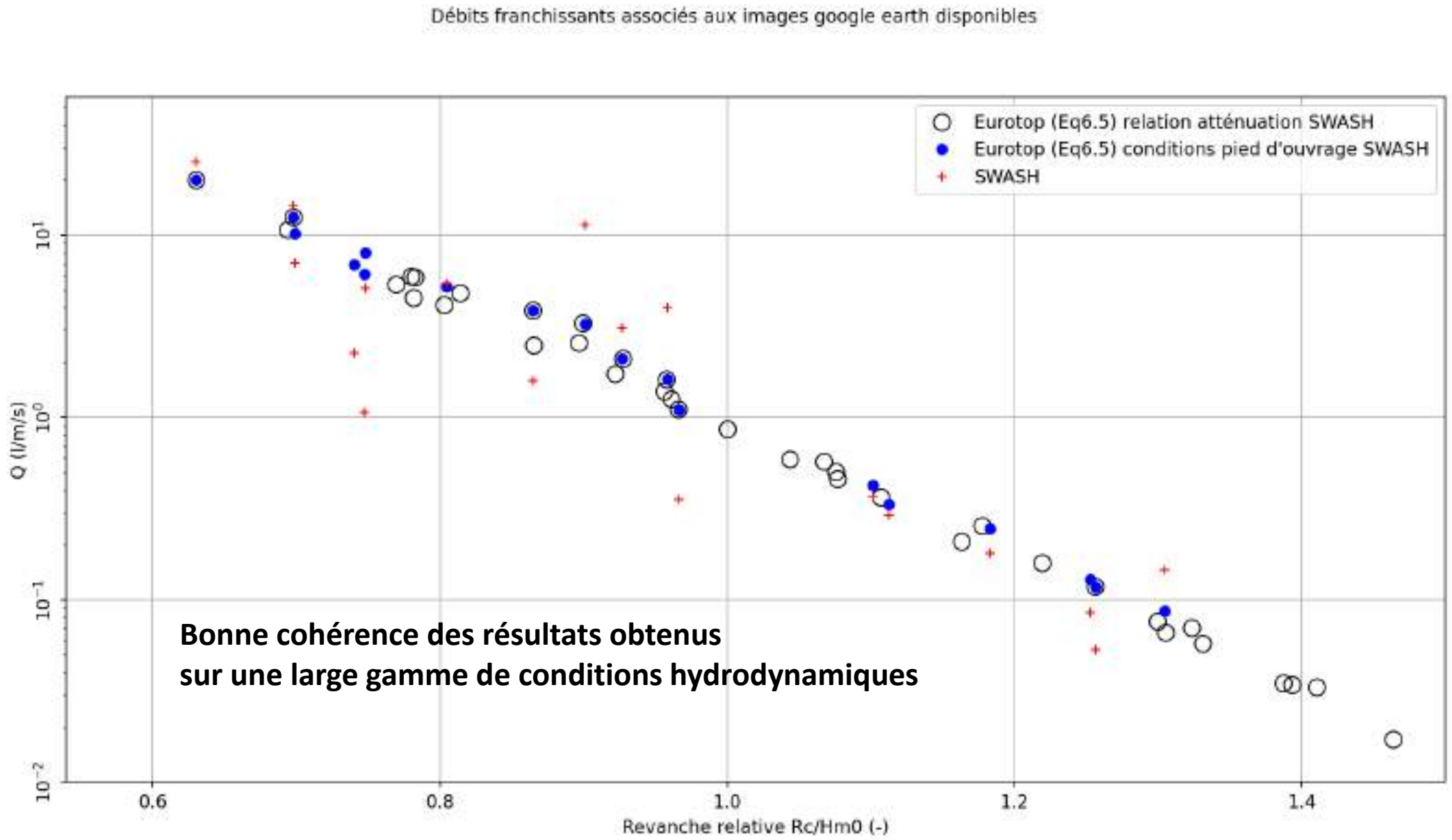
Caractéristiques des vagues en pied d'ouvrage en fonction du niveau d'eau et de la houle incidente
METHODE B



Comparaisons des débits franchissants SWASH / Eurotop (* ou **) aux différentes dates



Comparaisons des débits franchissants SWASH / Eurotop (* ou **) aux différentes dates



Bonne cohérence des résultats obtenus
sur une large gamme de conditions hydrodynamiques

Comparaisons des débits franchissants SWASH / Eurotop (* ou **) aux différentes dates
+
Mise en relation avec la conditions de baignade observées

(cf. Annexe 1)

Remarques :

- *événements classés par ordre décroissant de débit franchissant (estimé)*
- *très nombreuses simulations Swash !*

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 ++
2021-5-10	0.159	1.64	12.821	1.10881	1.103	0.354	Ok ++
2019-6-1	0.133	1.636	14.706	0.86128			Ok ++
2020-4-9	0.134	1.544	10.101	0.58788			Ok ++
2021-8-24	0.02	2.046	13.514	0.57474	0.4266	0.37	Ok ++
2018-4-11	0.057	1.888	12.821	0.50558			Ok ++
2017-8-7	0.11	1.708	12.5	0.45838	0.334	0.29	Ok ++
2020-11-4	0.082	1.556	11.364	0.3675			Ok ++
2018-8-6	-0.093	2.47	12.987	0.25589	0.123	0.085	Ok +
2017-10-22	0.123	1.412	11.494	0.20932			Ok ++
2020-9-24	-0.026	2.01	13.514	0.16001			Ok ++
2019-11-1	-0.043	1.986	13.514	0.1179	0.1176	0.053	Ok ++
2018-8-13	-0.012	1.864	12.346	0.07629			Ok +++
2020-5-31	-0.101	1.77	15.873	0.07022	0.2461	0.18	Ok ++
2021-8-21	0.05	1.608	14.925	0.06632			Ok +++
2020-8-27	-0.012	1.796	13.889	0.05749			Ok +++
2018-9-18	-0.015	1.764	11.494	0.03479			X
2019-8-3	-0.044	1.784	13.699	0.03434			Ok +++
2020-5-14	-0.136	2.052	14.085	0.03334	0.0868	0.146	Ok +++
2018-5-31	-0.008	1.644	12.195	0.01716			Ok +++
2019-10-21	-0.035	1.688	12.987	0.01048			X
2021-9-15	0.023	1.448	16.667	0.00532			Ok +++
2019-2-26	-0.103	1.632	13.333	0.00334			X
2021-4-6	0.024	1.316	12.821	0.00204			Ok +++
2021-2-7	0.068	1.268	9.804	0.00191			X
2019-3-14	-0.139	1.58	17.544	0.00166			Ok +++
2019-8-6	-0.22	1.612	14.925	0.00087			Ok +++
2020-11-21	0.002	1.122	10.101	0.00057			X
2018-6-19	-0.244	2.04	13.514	0.00035	0.00035	0.0	Ok +++
2019-3-12	-0.059	1.218	10.87	0.00024			X
2019-7-4	-0.005	1.044	12.195	0.0002			Ok +++
2019-8-8	-0.102	1.298	11.364	0.00017			Ok +++
2018-7-30	-0.064	1.504	10.638	0.0001			Ok +++
2021-3-18	-0.086	1.738	10.309	8e-05	3e-5	0.0	Ok +++
2018-5-8	-0.133	1.466	13.699	2e-05			Ok +++
2021-5-29	-0.154	1.332	12.5	0.0			Ok +++
2020-5-30	-0.168	1.258	11.765	0.0			Ok +++

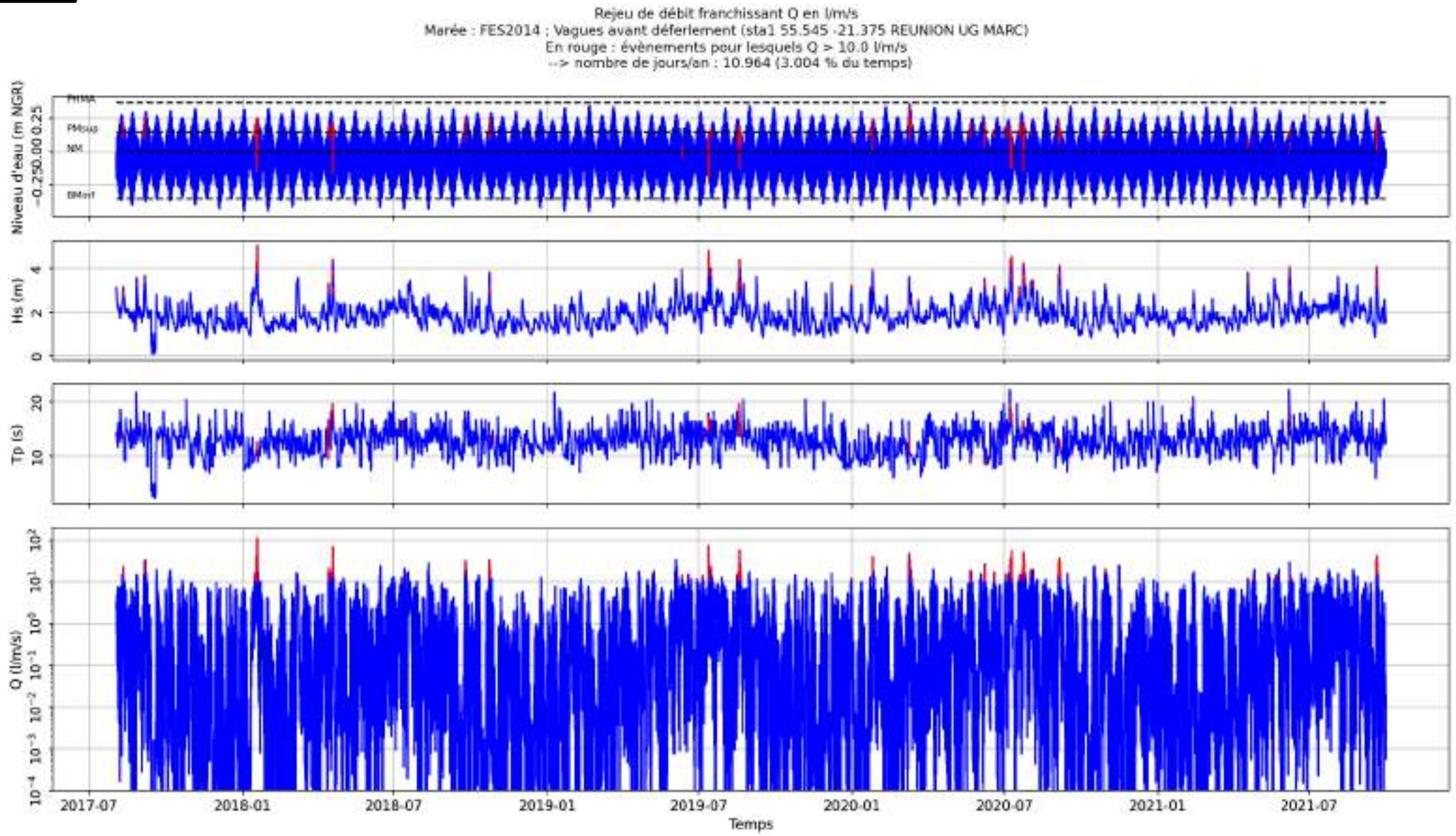
Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

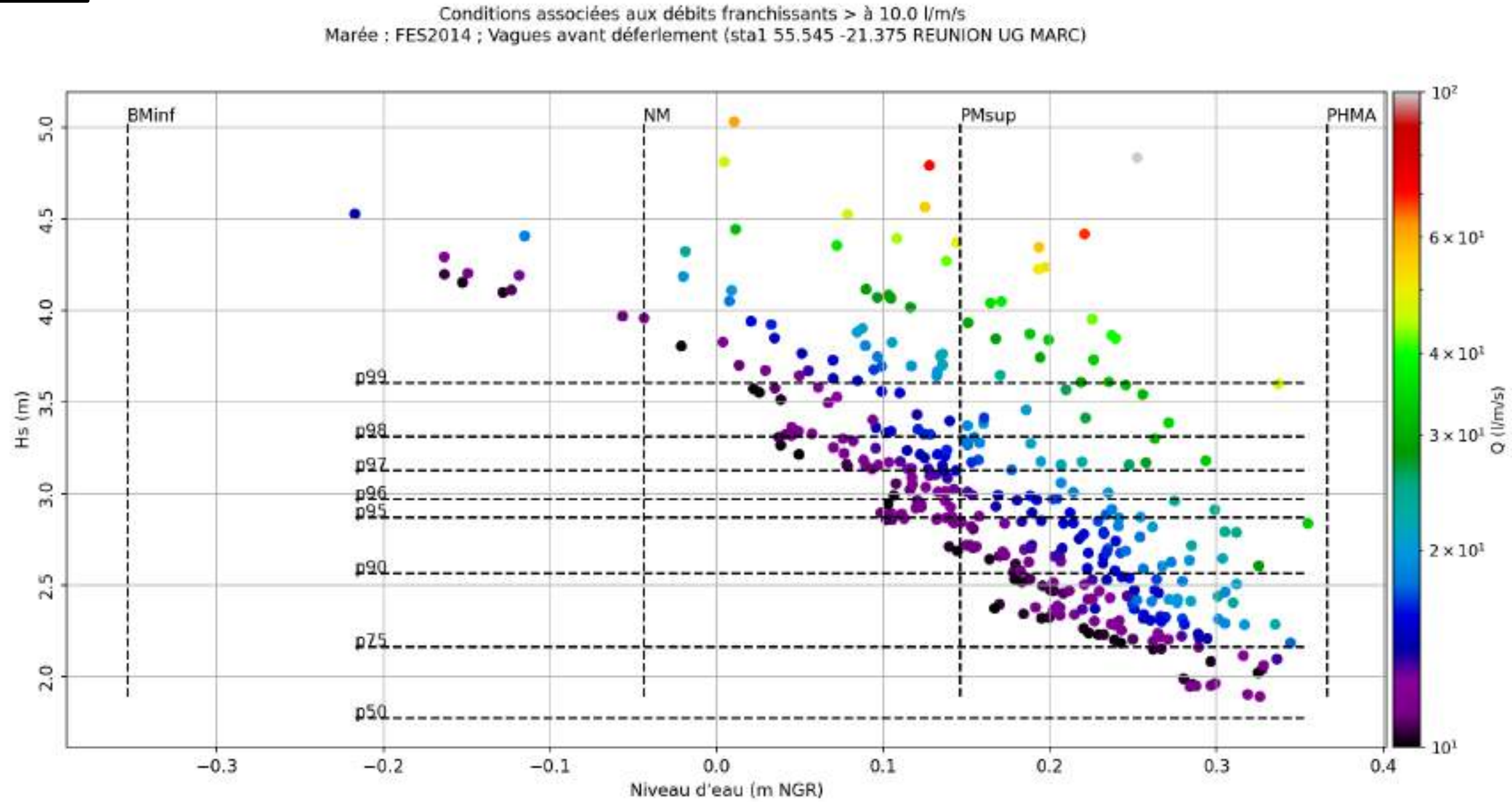
Rejeu de débits franchissants sur la période 2017-2021 à partir de l'Eurotop (**)

↳ Analyse des conditions de dépassement de différents seuils de débits franchissants

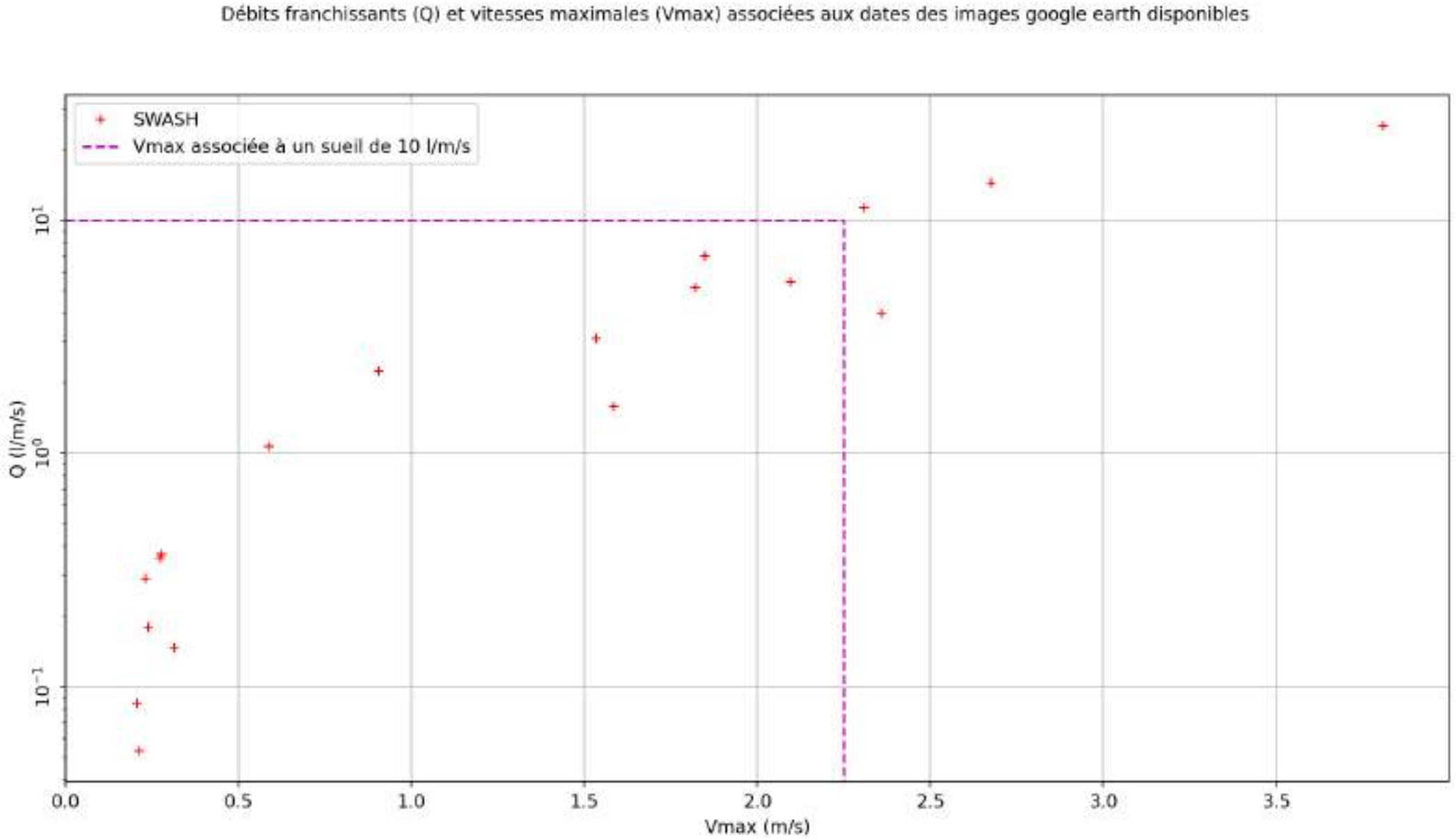
Q seuil de 10 l/m/s



Q seuil de 10 l/m/s



Vitesse maximale des lames d'eau franchissantes aux différentes dates



Conclusions intermédiaires basées sur la configuration existante du bassin

L'analyse croisée des résultats de simulation SWASH, des prédictions de l'Eurotop, et des images *google earth* à différentes dates englobant une diversité importante de conditions hydrodynamiques 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**

En considérant un seuil sécuritaire de 10 l/m/s pour les débits franchissants, les conditions de baignade sont estimées comme étant acceptables **plus de 95% du temps**.

↳ Il est désormais nécessaire d'évaluer les conditions de débits franchissants sur la partie projetée de l'ouvrage, et de déterminer une cote d'arase permettant de respecter au mieux le seuil sécuritaire de 10 l/m/s.

5. Simulations des débits franchissants sur la coupe-type projetée (profil 1 ; cf. section 2)

Cotes d'arase testées :

- +1.5 m NGR (référence)
- +1.3 m NGR
- +1.1 m NGR

Conditions hydrodynamiques simulées **pour les 3 configurations** (cote d'arase à +1.5, +1.3, et +1.1 m NGR) :

➢ **Niveaux d'eau**

- BMinf (-0.354 m NGR)
- NM (-0.044 m NGR)
- PMsup (0.146 m NGR)
- PHMA (0.366 m NGR)

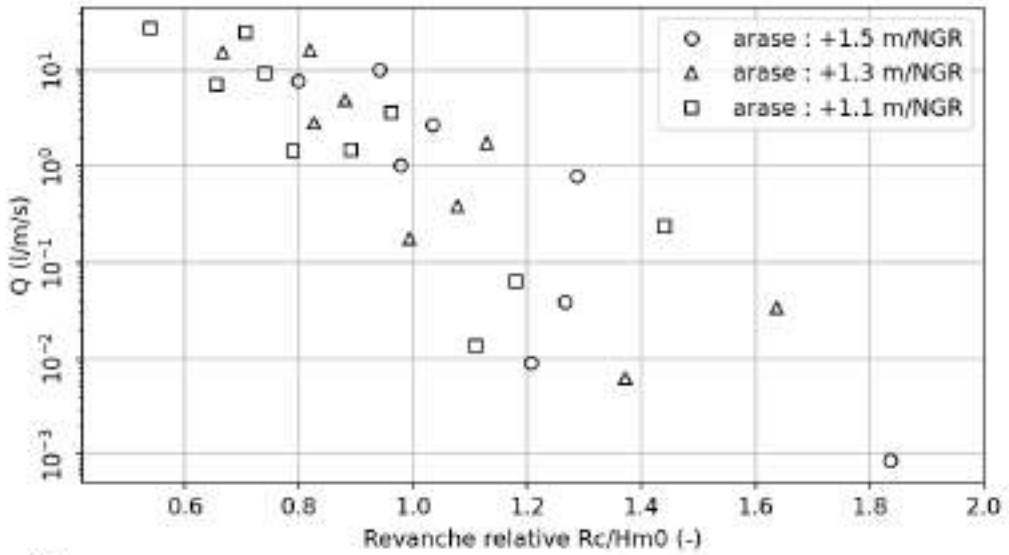
➢ **Vagues (percentiles P ; sorties IOWAGA)**

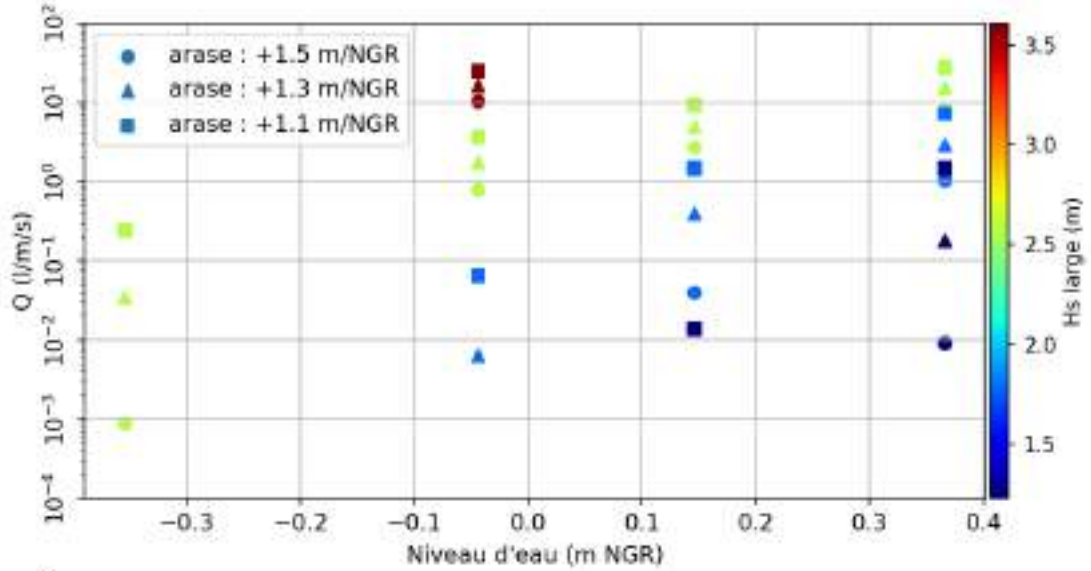
- P10 (Hs=1.23 m ; Tp=12.03 s) -> pour les 4 niveaux
- P50 (Hs=1.78 m ; Tp=12.78 s) -> pour les 4 niveaux
- P90 (Hs=2.57 m ; Tp=13.27 s) -> pour les 4 niveaux
- P99 (Hs=3.61 m ; Tp=14.72 s) -> NM uniquement

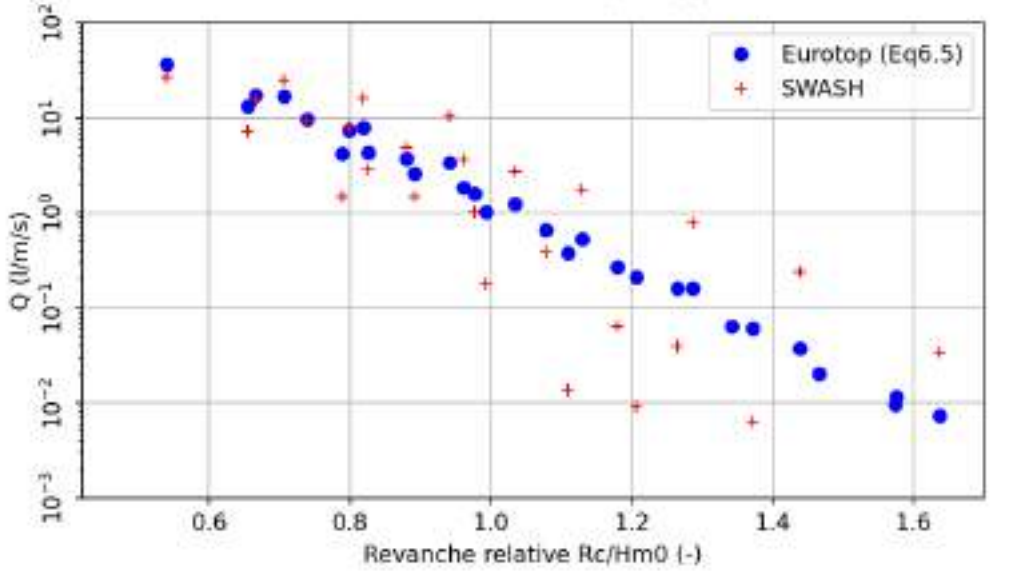
39 simulations

Débits et vitesses maximales des lames d'eau franchissantes pour les différentes conditions simulées

Synthèse des résultats de débits franchissants (Q) et de vitesses maximales associées (Vmax), obtenus pour les différentes configurations le long du profil sur la partie projetée du bassin







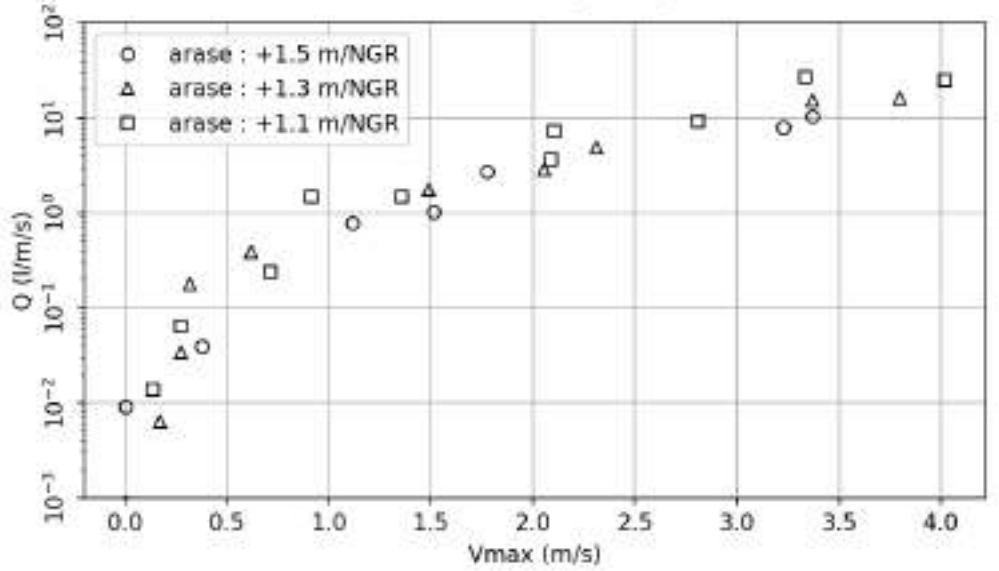


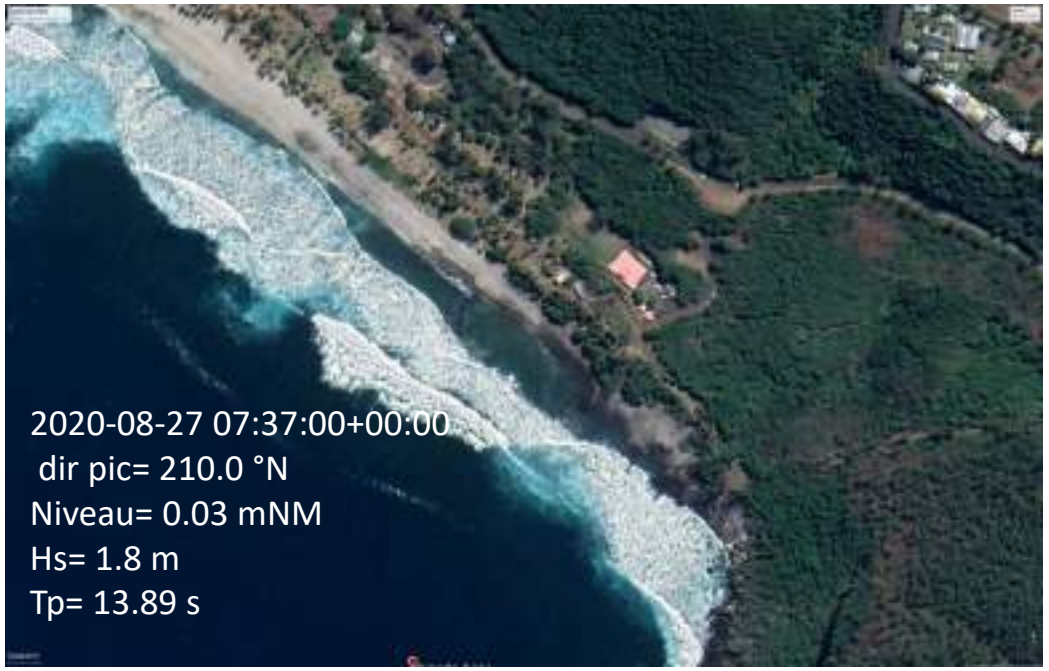
Image *Google Earth* : mise en regard par rapport aux résultats SWASH sur prof1 (ouvrage projeté) pour un niveau à -0.044 m NGR (NM) et des conditions de vagues moyennes (p50)

Cote d'arase +1.5 m NGR → Q<0.001 l/m/s
Cote d'arase +1.3 m NGR → Q=0.0063 l/m/s
Cote d'arase +1.1 m NGR → Q=0.0636 l/m/s**

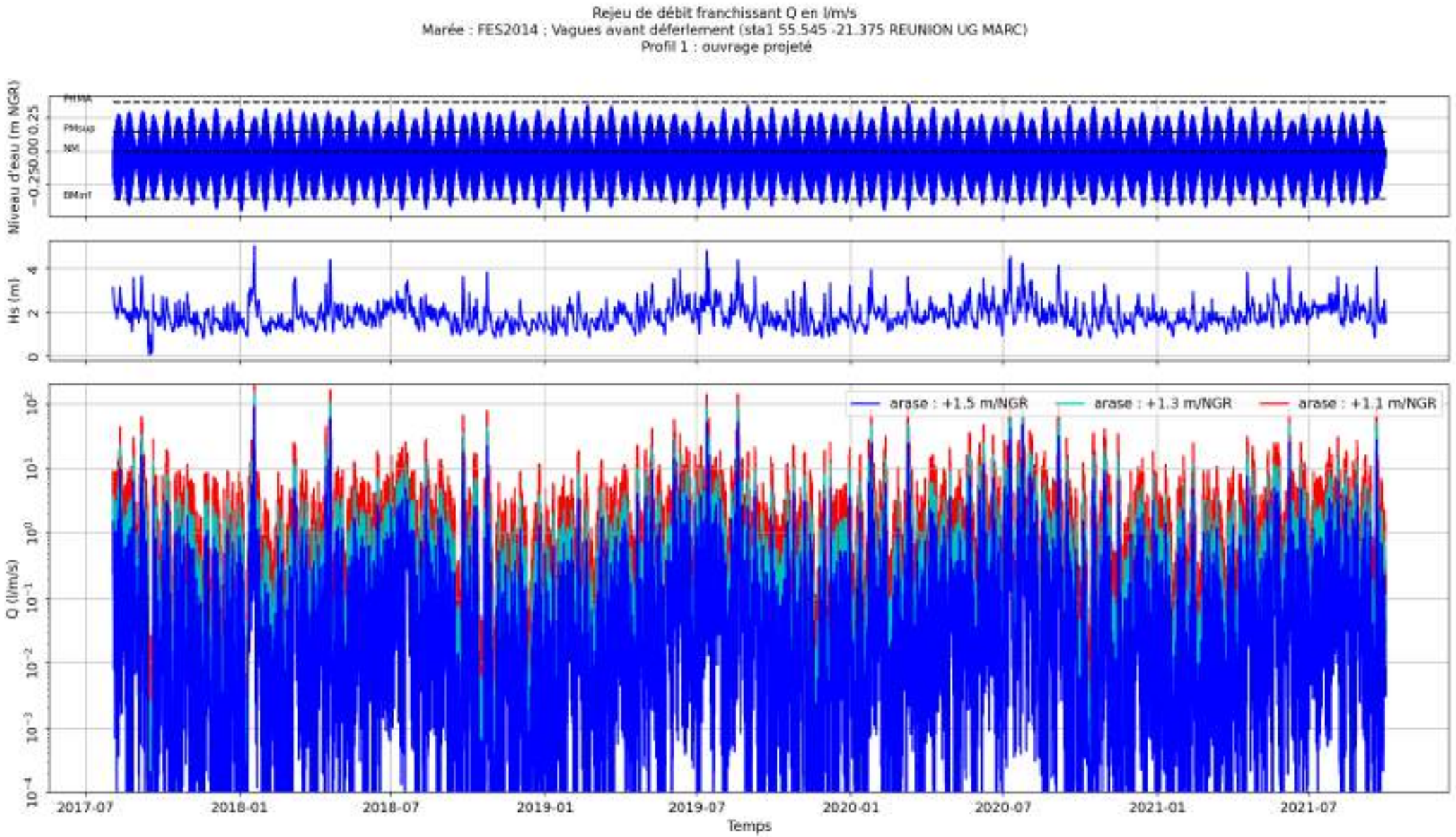
***Remarque : une cote d'arase se rapproche de l'ouvrage existant, en restant plutôt du côté sécuritaire (càd moins de franchissements et pas de singularité de type tronçons bas le long de l'ouvrage).*

Conditions adaptées à la baignade

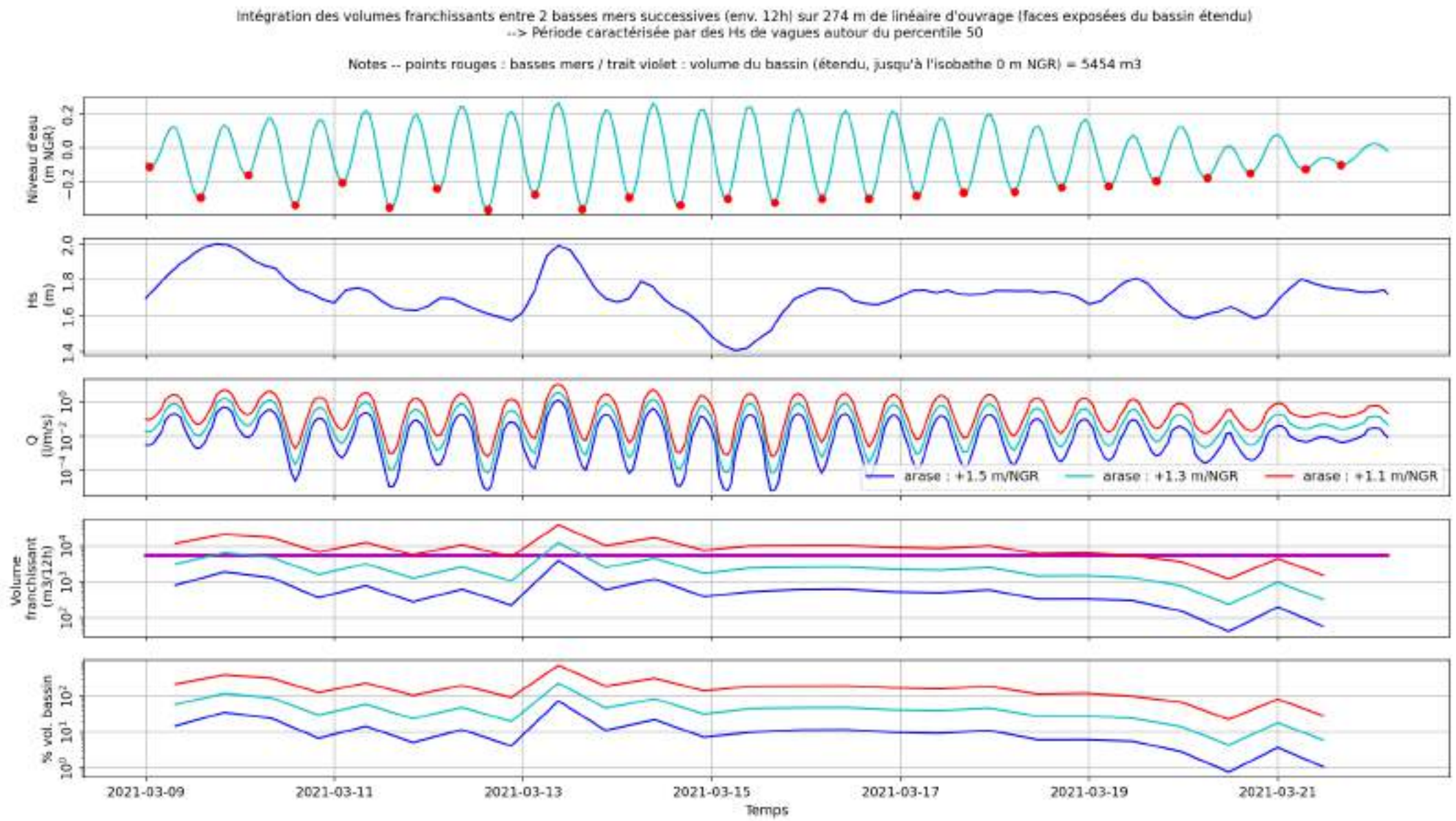




Rejeux de débits franchissants, configuration projet (pour les différentes cotes d'arase)



Volumes franchissants à l'échelle du bassin en conditions de vagues moyennes



Note : le calcul du volume du bassin est donné à titre indicatif, en considérant une profondeur moyenne de 0.615 m et une surface de 8870 m².

6. Synthèse des analyses sur les franchissements par paquets de mer

Q seuil (l/m/s)	Nb jours/an où Q > Q seuil	% temps	Indicateur du percentile de Hs pour un niveau de PHMA (**toute direction confondue)
10	11	3	P50**
7	20.5	5.6	P25**
5	32	8.8	P10**
3	47.5	13	P5**

Dans sa configuration existante (cote d'arase à + 1 m NGR environ), les observations des conditions d'agitation (images Google Earth ; cf. Annexe 1) et les estimations de débits franchissants (Eq 6.5 Eurotop, modèle SWASH) réalisées à différentes dates semblent indiquer que les conditions de baignade du bassin sont acceptables tant que les débits franchissants moyens restent inférieurs à **10 l/m/s**.
Sur la période 2017 à 2021, ces conditions de débits franchissants n'interviennent que **3% du temps**, suggérant donc que la bassin est praticable la majeure partie du temps.

Remarque : 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).

Pour l'ouvrage projeté, les résultats obtenus selon le profil 1 (cote d'arase +1,1 m NGR) ont permis de mettre en évidence les mêmes ordres de grandeur de débits franchissants que ceux obtenus selon le profil 2 (coupe-type « moyenne » de la digue existante). Ces résultats confirment la pertinence d'une cote d'arase de l'ouvrage projeté à 1,1m NGR vis-à-vis :

- Du renouvellement des eaux, en supposant bien entendu que le bassin actuel ne présente pas de problème de qualité des eaux. Les taux de renouvellement des eaux en lien avec l'ouvrage projet reste cependant à évaluer.
- De la sécurité de la baignade, d'autant plus 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 résultats précédemment obtenus pour le bassin de la Possession, avec des débits franchissants comparables pour l'ouvrage optimisé à +0.6 m NGR de cote d'arase (e.g. 10 l/m/s obtenus pour des vagues moyennes et un niveau de PHMA).

Ces résultats confirment qu'une cote d'arase à +1.1 m NGR serait une configuration optimale, du moins adaptée, de l'ouvrage projeté pour garantir la sécurité de la baignade (respect du seuil de 10 l/m/s plus de 95% du temps) et un renouvellement des eaux suffisant et donc une bonne qualité des eaux .

➡ *Analyses complémentaires disponibles en annexes :*

- Étude de la surélévation induite par les vagues devant l'ouvrage (développement du « wave setup » dans la zone de déferlement ; Annexe C2).
- Analyse des conditions de dépassement des seuils de débits franchissants à 3, 5 et 7 l/m/s (Annexe D) ;

Remarque : avec une cote d'arase à +1.1 m NGR, le débit franchissant est estimé à 7.148 l/m/s pour un niveau d'eau exceptionnel (PHMA) et des conditions moyennes de vagues. La combinaison d'un tel percentile et d'un niveau de pleine mer peu fréquent représente bien une durée cumulée (en moyenne par an) faible.

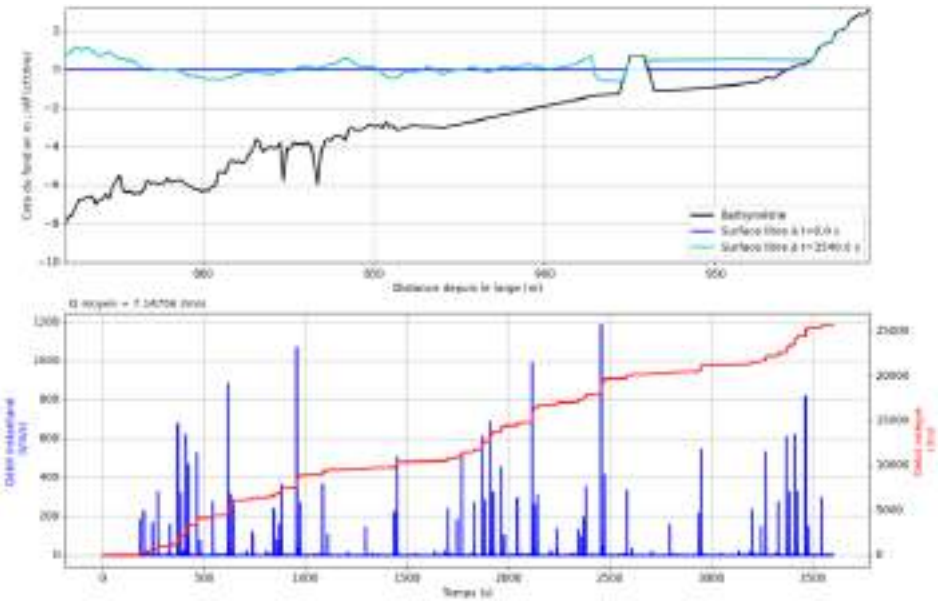
Profil 1 (ouvrage projeté)

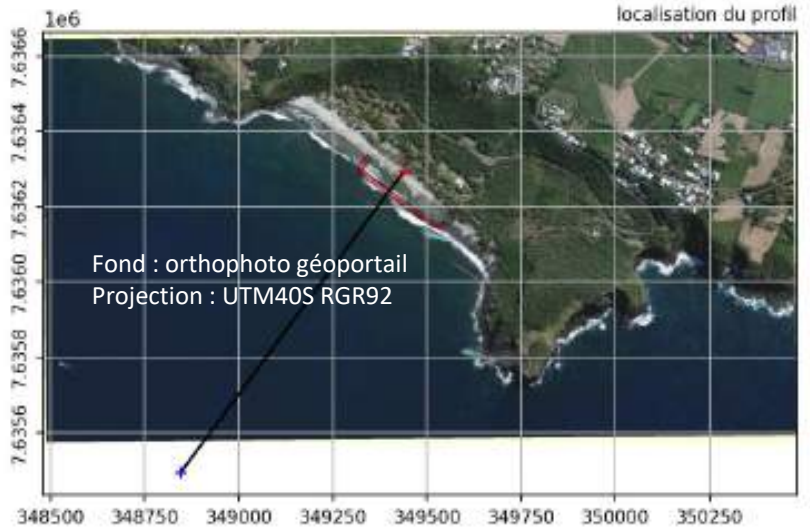
Cote d'arase +1.1 m NGR

Conditions de vagues « moyennes » (cf. rq bas de page)

Hs=1.78 m Tp=12.78 s

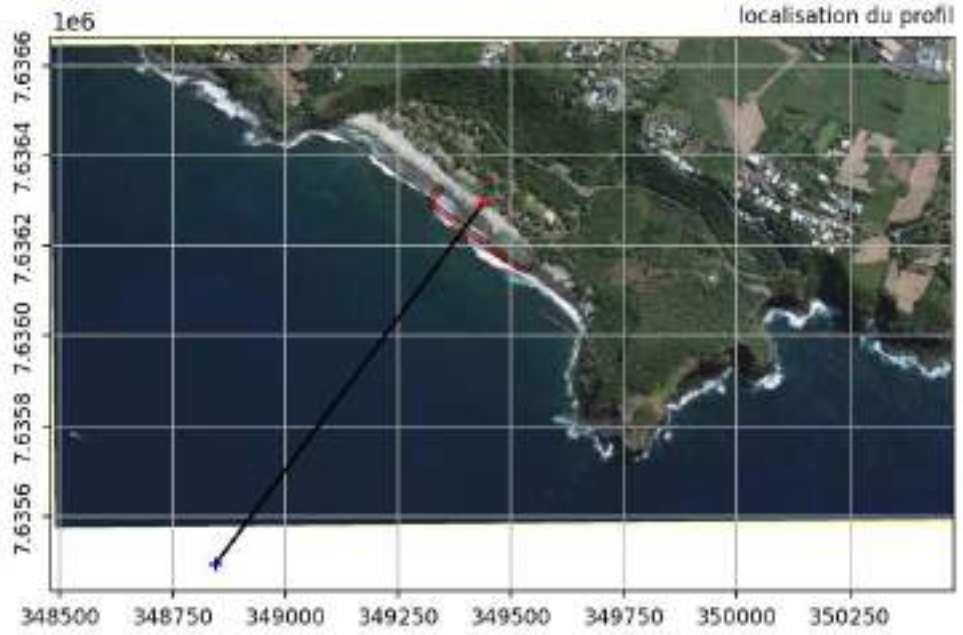
Niveau d'eau : **PHMA (+0.366 m NGR) → Q=7.148 l/m/s**



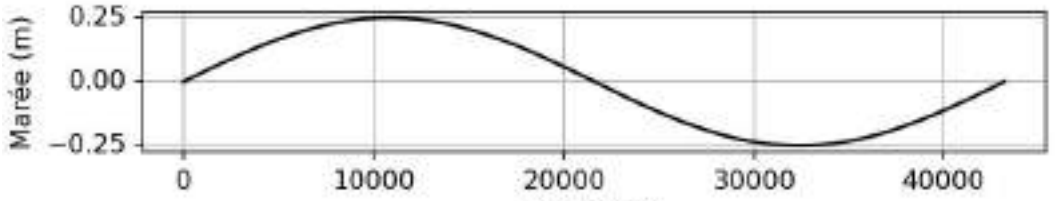


7. Propagation de la marée à travers l'ouvrage

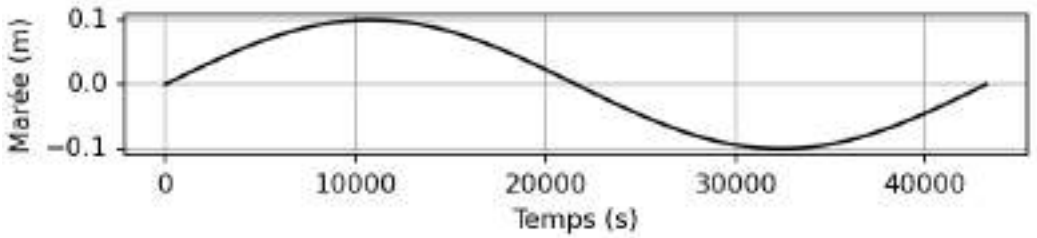
Propagation de la marée (semi-diurne ; M2) à travers l'ouvrage, analyse de sensibilité à la porosité/perméabilité de l'ouvrage



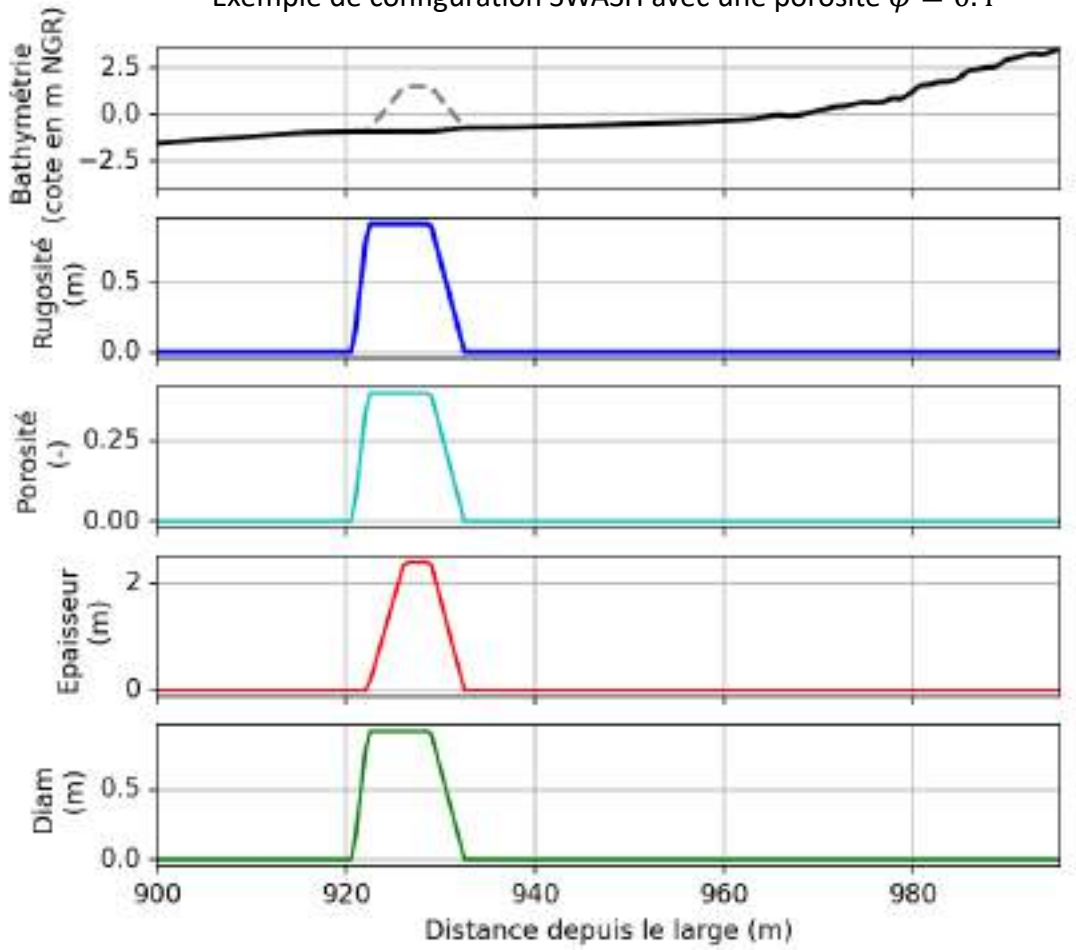
VE



ME



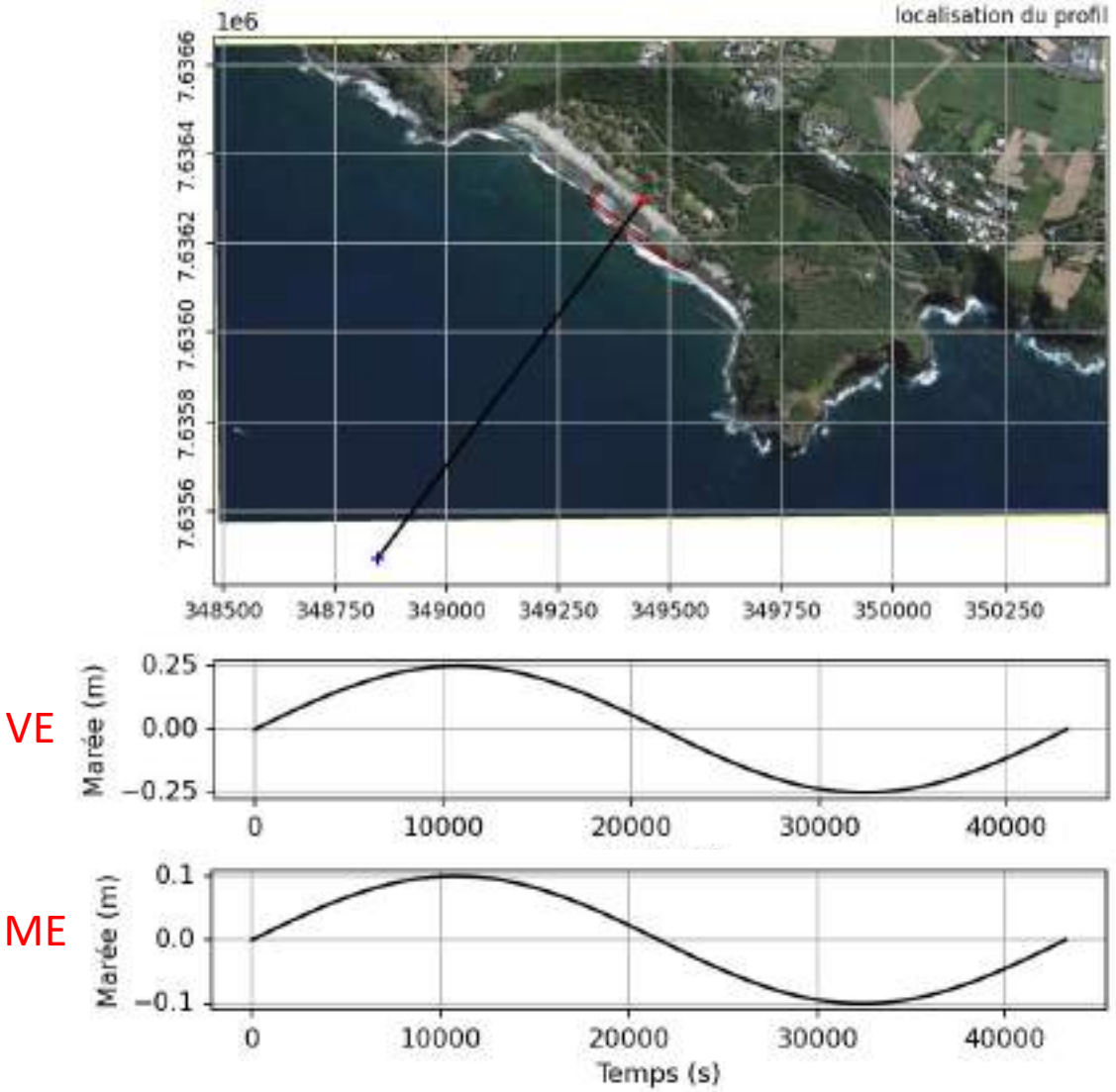
Exemple de configuration SWASH avec une porosité $\phi = 0.4$



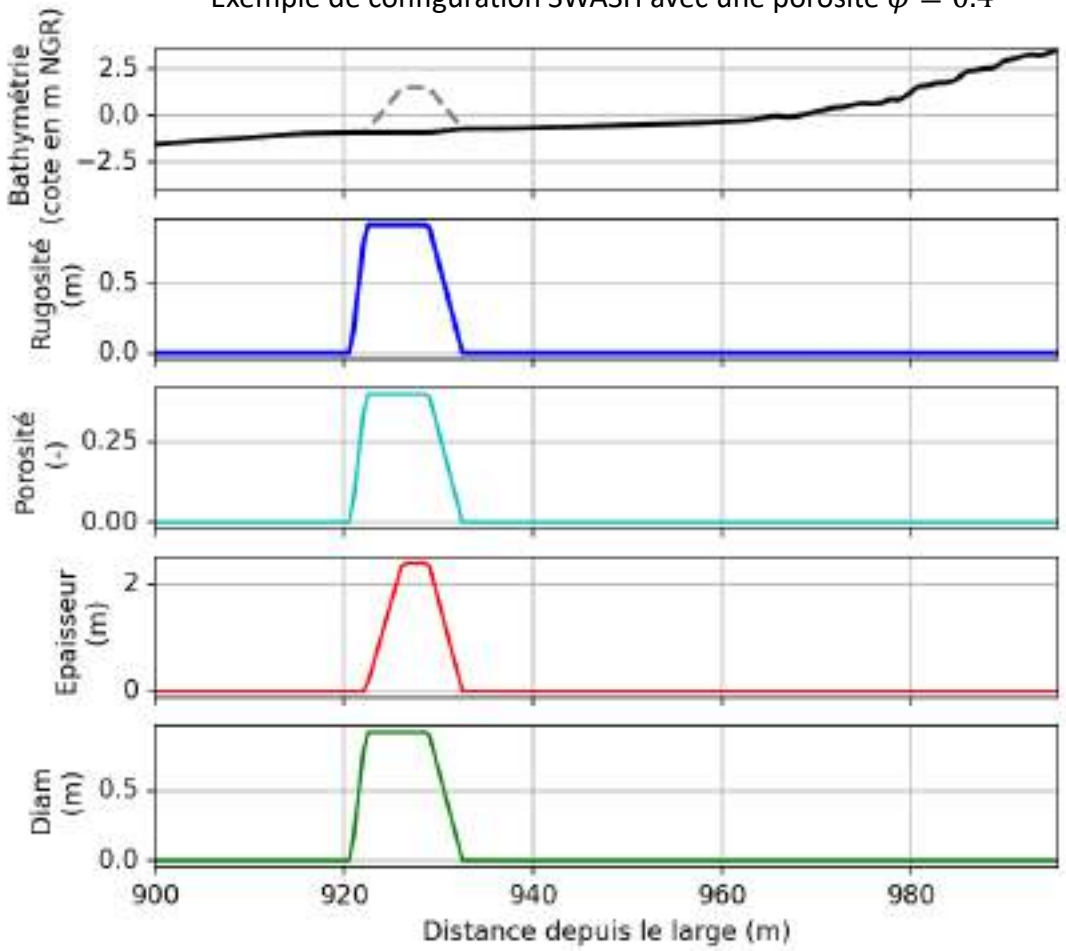
Simulations réalisées pour 2 amplitudes de marée (**ME, VE**) et 3 valeurs de porosité de l'ouvrage ($\boldsymbol{\phi = 0.1, 0.2, 0.4}$)

Propagation de la marée (semi-diurne ; M2) à travers l'ouvrage

↳ Profil 1 (ouvrage projeté) avec une cote d'arase à +1.5 m NGR**



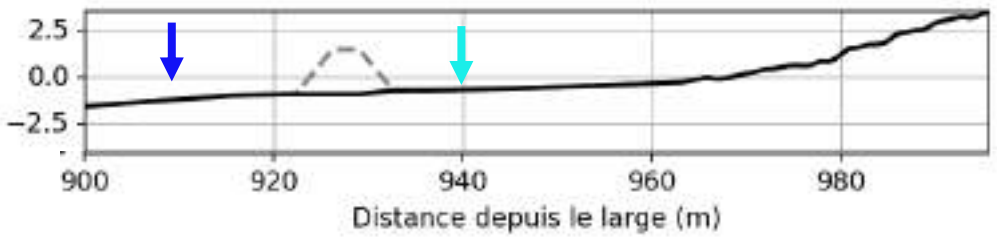
Exemple de configuration SWASH avec une porosité $\phi = 0.4$



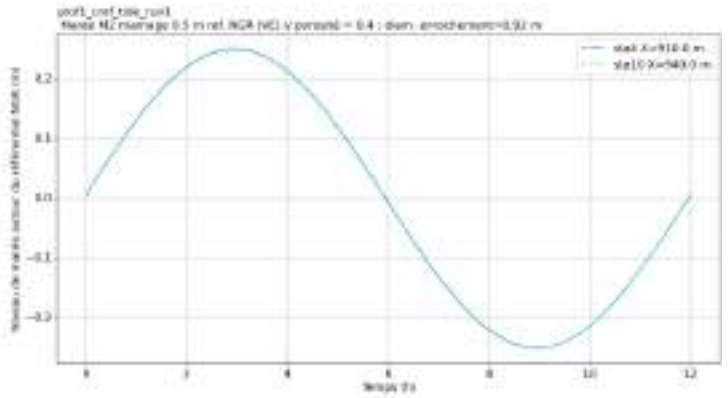
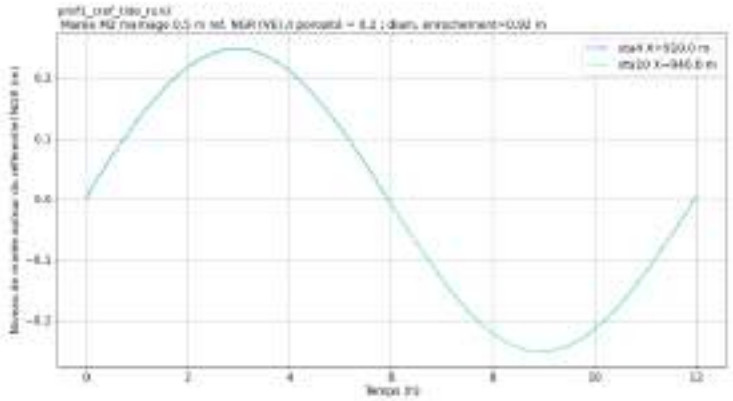
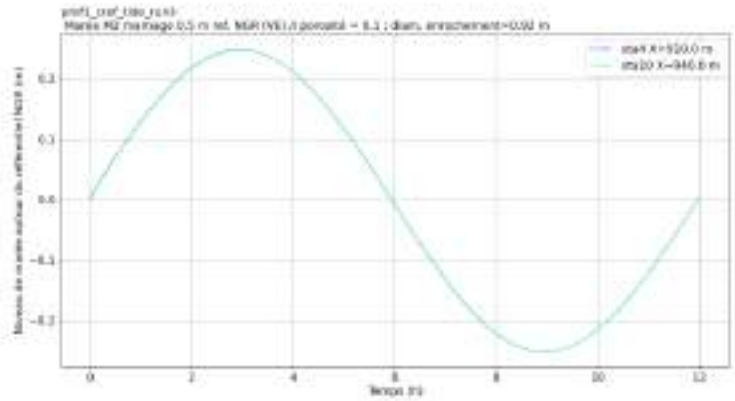
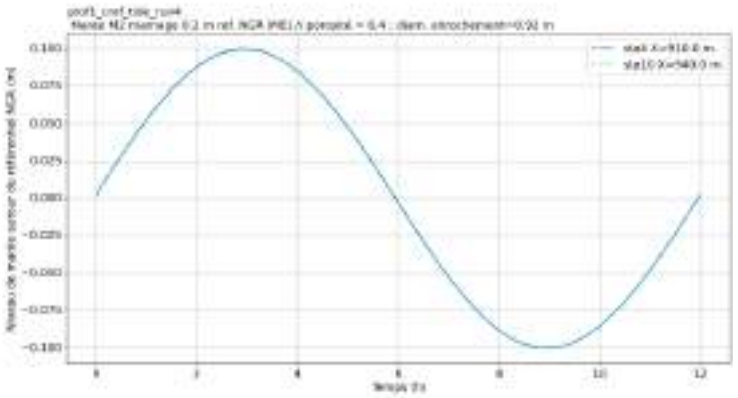
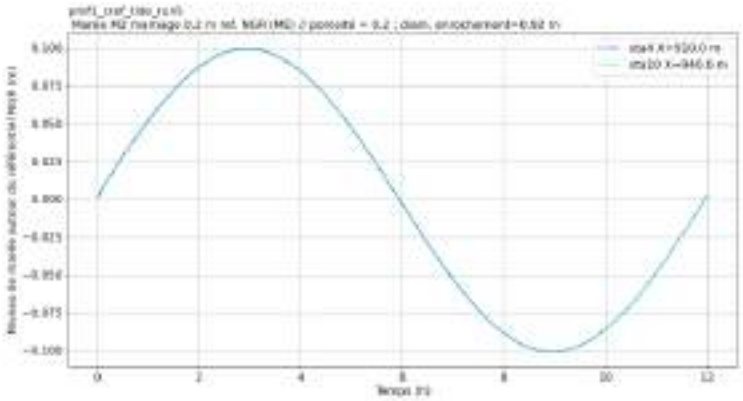
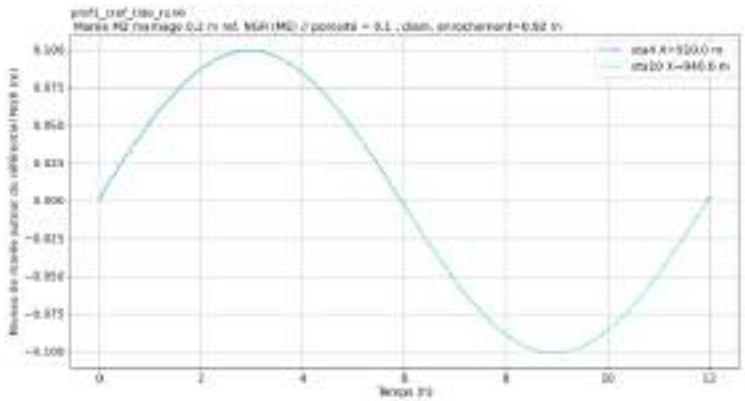
Simulations réalisées pour 2 amplitudes de marée (**ME, VE**) et 3 valeurs de porosité de l'ouvrage ($\boldsymbol{\phi = 0.1, 0.2, 0.4}$)

** Note : les résultats présentés par la suite sont également valables pour les configurations avec une cote d'arase à +1.3 et +1.1 m NGR

Propagation de la marée (semi-diurne ; M2) à travers l'ouvrage



Note : les résultats sont valables quelle que soit la cote d'arase de l'ouvrage (e.g. +1.1 ou +1,5 m NGR)

	$\phi = 0.4$	$\phi = 0.2$	$\phi = 0.1$
VE			
ME			

Aucune atténuation et déphasage non significatif (10 à 30 s) de la composante principale de la marée M2 à travers l'ouvrage, en ME et en VE, quelle que soit sa perméabilité (valeur la plus faible testée à 0,1)

8. Estimations des temps de renouvellement des eaux

Approche standard, marée seule (Sanford, 1992) : $T_{chasse(80\%)} = T_{marée} \times [vol_{bassin}/vol_{tidal}(1\text{-}taux_{retour})]$

Dans un cas où le renouvellement des eaux se fait par la marée et par le franchissement des vagues :

On considère le volume apporté par la marée et le volume apporté par les vagues:

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

avec $volume_{franchissant}$ calculé (cumul) sur la période de marée (~12h)

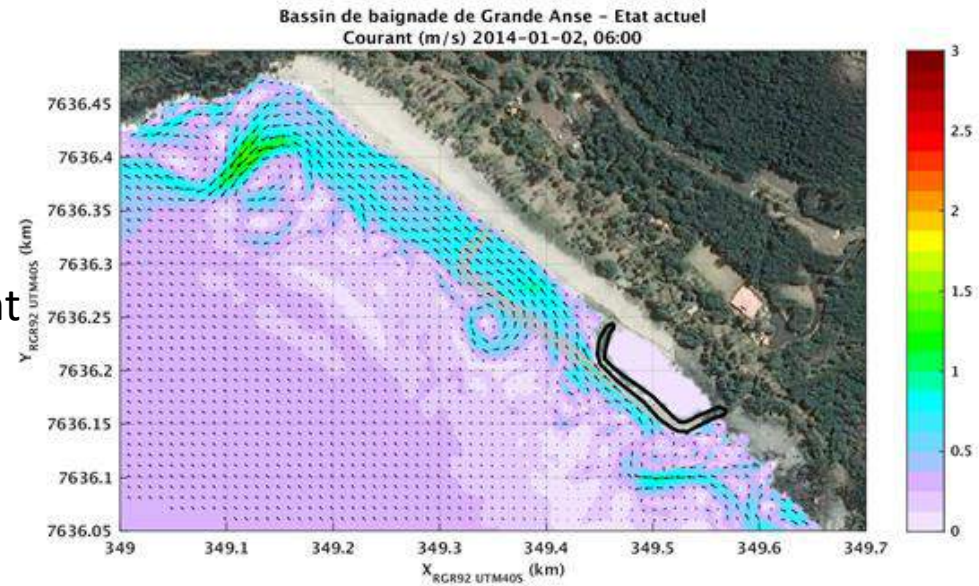
On peut raisonner par analogie, d'après les résultats des modélisations spatialisées disponibles pour le bassin de La Possession. Le rapport vol_{bassin}/vol_{tidal} , cf. annexe B, se ramène en première approche à un rapport profondeur moyenne du bassin/marnage. La profondeur moyenne (à mi-marée) du projet de bassin à La Possession est de 1m. Pour le bassin projeté à Grande-Anse, les données topo-bathymétriques disponibles indiquent une profondeur moyenne de 0.6 m. Il faut de plus tenir compte d'un approfondissement de l'ordre de 1m 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 (0,6mx85% + 1,6mx15%). Le rapport de profondeur entre les deux bassins est de 1.33 et, compte tenu de taux de retour estimés comme particulièrement faibles pour le bassin de Grande-Anse (cf. pages suivantes : dynamique et « brassage » important à l'extérieur du bassin par les vagues dans la zone de déferlement, et circulation résiduelle induite favorable à l'échelle de l'Anse) le renouvellement est attendu, toutes choses égales par ailleurs, 1.5 fois plus rapide dans le bassin projeté de Grande-Anse que dans le bassin projeté de La Possession.

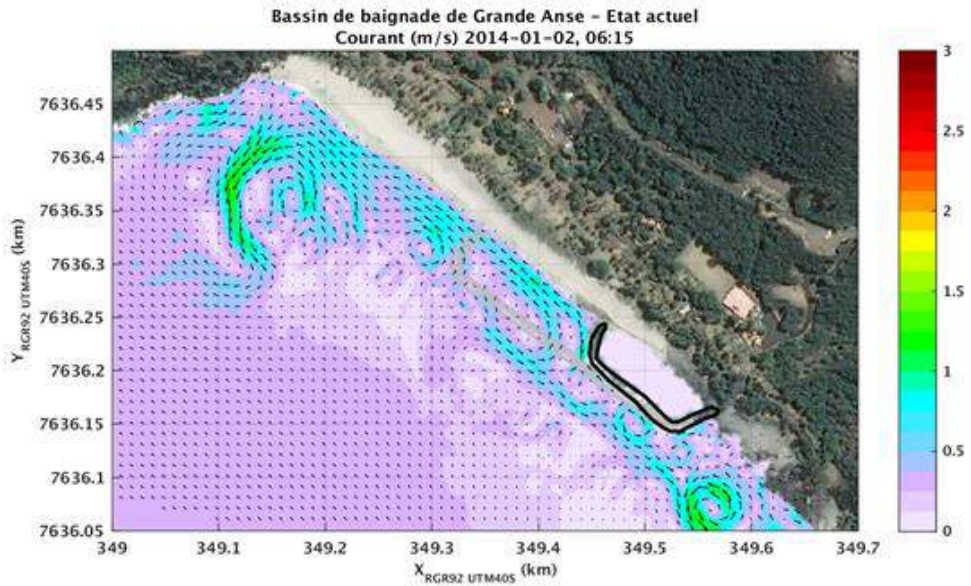
On peut retenir en première rapproche ces valeurs, pour des débits franchissants équivalents (cas d'une arase à +0,6m NGR à la Possession et de +1,1m NGR à Grande-Anse), dans le cas d'une condition hydrodynamique moyenne (marée moyenne et vagues moyennement énergétiques) :

- **Renouvellement de 50% des eaux du bassin en** 7h /1.5 **~ 4.5h**
- **Renouvellement de 80% des eaux du bassin en** 13h / 1.5 ~ **8.5h**
- **Renouvellement de 98% des eaux du bassin en** 24h / 1.5 ~ **16h**

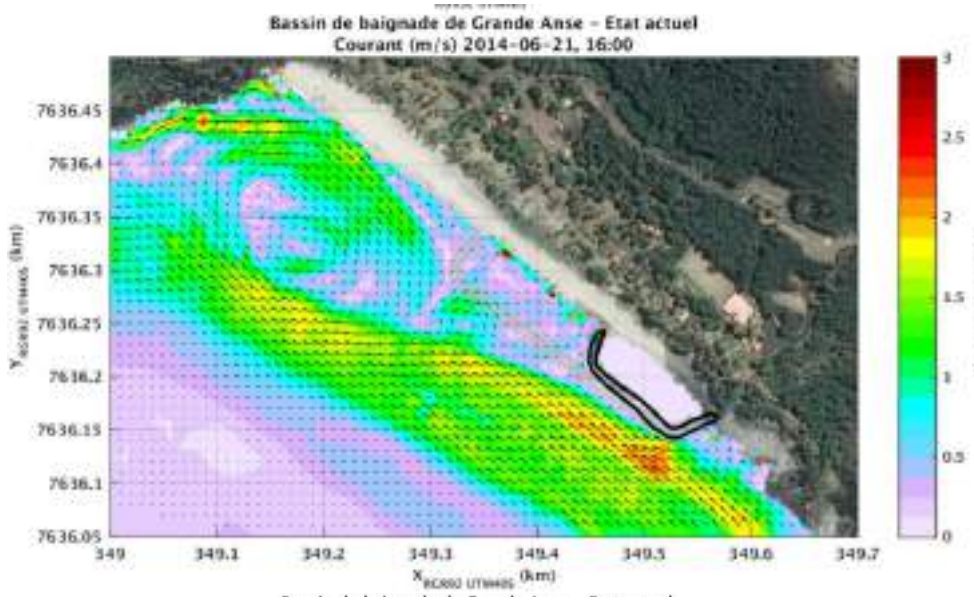
Les conditions de site à l'extérieur du bassin de Grande-Anse, particulièrement énergétiques (cf. modélisations Actimar, 2019), favorisent le renouvellement des eaux :

Conditions faiblement à moyennement énergétiques



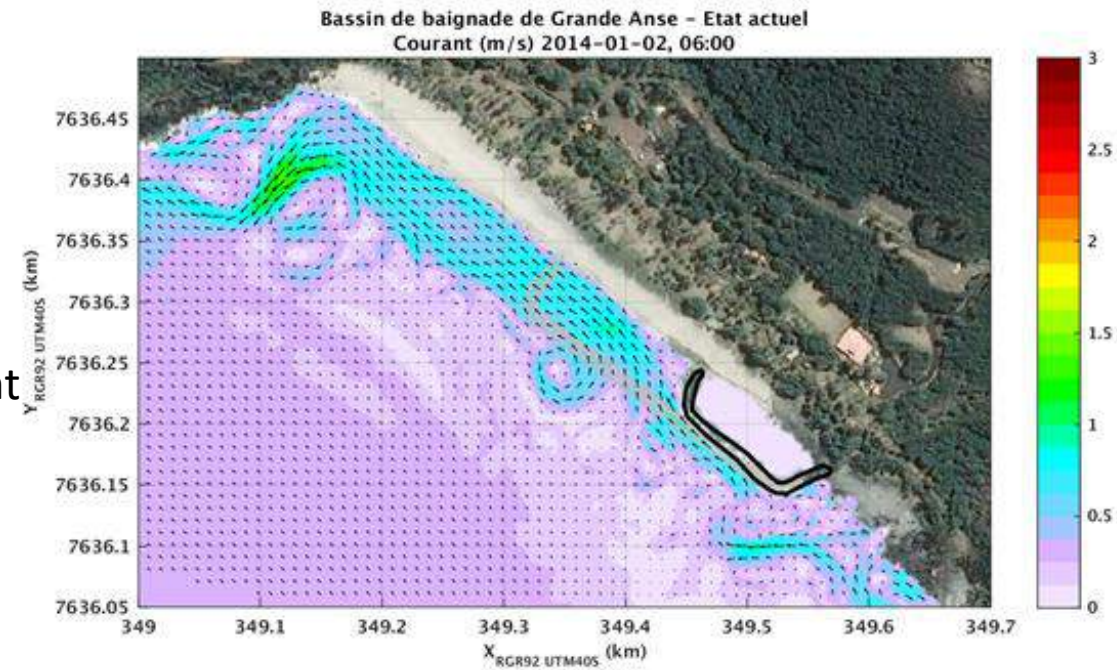


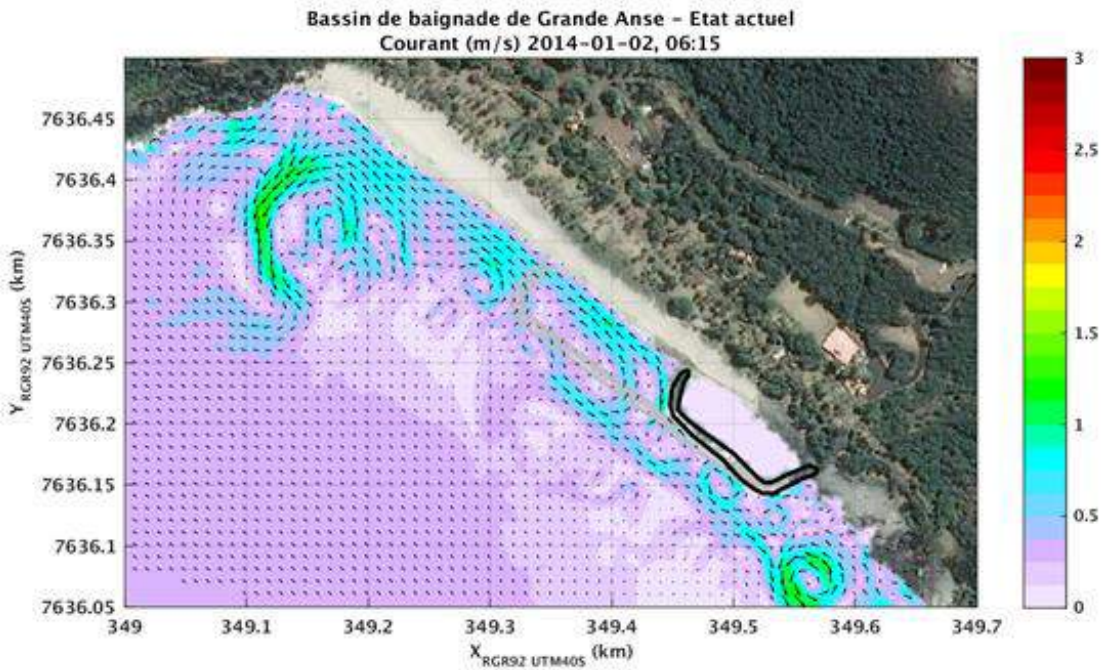
Houle australe énergétique





Conditions faiblement à moyennement énergétiques

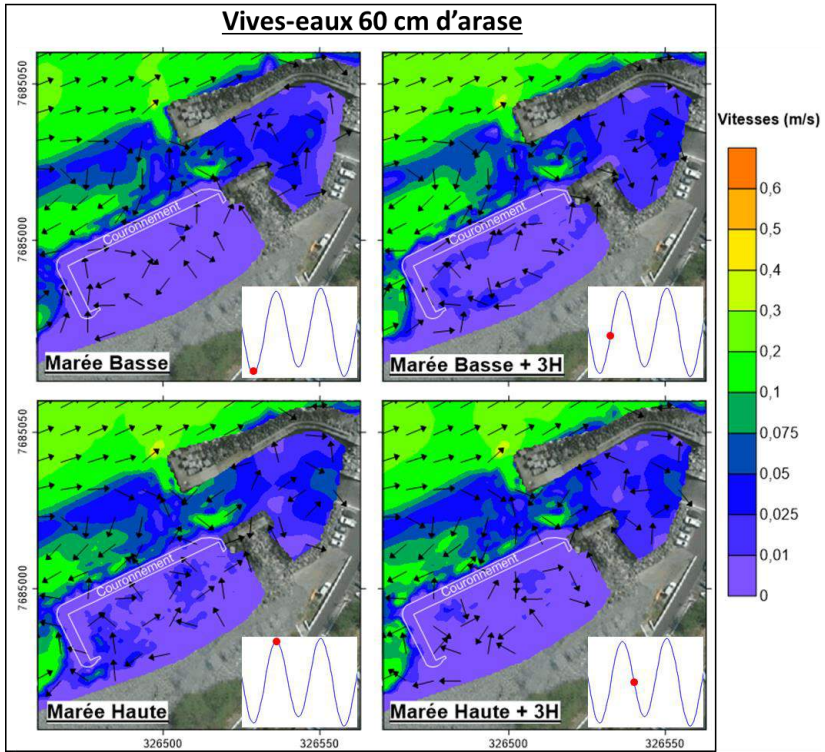




Comparaison des circulations littorale à l'extérieur du bassin :

- La Possession : circulation générale forcée par les vents de Nord-Est et dérive littorale à la côte en lien avec des vagues relativement peu énergétiques
- Grande-Anse : a priori zone de projet décorrélée des circulations générales littorales, et courants induits par des vagues à la côte très énergétiques

La dynamique est plus énergétique (plus de « brassage ») au sein de (la) Grande-Anse qu'en fond de baie de La Possession (du moins dans la zone de projet en retrait de l'abri côtier). **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.**



conditions moyennes (sans vent)

9. Synthèse des résultats de franchissement (par les vagues) et de renouvellement des eaux pour la conception et le dimensionnement de la digue :

Une première partie de l'étude concerne le bassin actuel. Un « rejeu » des conditions de franchissement observées sur une quarantaine d'images satellites est réalisé à partir de simulations Swash et de l'application d'une formule de l'Eurotop, en supposant une coupe-type représentative de (l'ensemble) de l'ouvrage avec une cote d'arase à +1m CM.

Ces résultats indiquent notamment que la sécurité de la baignade peut devenir problématique à partir d'un débit franchissant autour de 10 l/m/s.

Les mêmes outils de calcul ont été appliquées à une coupe-type représentative de l'ouvrage projeté, pour différentes cotes d'arase (+1.5, +1.3 et +1.1 m NGR).
Une conception avec une cote d'arase de l'ouvrage à +1.1m NGR est associée à des débits franchissants :

- **qui autoriseront une baignade sécurisée (nettement) plus de 90% des marées de l'année**, d'après les simulations réalisées et les retours d'expérience sur le bassin actuel.

- **qui garantiront des temps de renouvellement des eaux a minima de :**
  - 50% des eaux du bassin en ~ 4.5h
  - 80% des eaux du bassin en ~ 8.5h
  - **98% des eaux du bassin en ~ 16h**

On peut noter que dans le cas d'une cote d'arase à +1.5m NGR (avec des débits franchissants très faibles, 1 à 2 ordres de grandeur inférieurs à ceux estimés pour une cote d'arase à +1.1mNGR), ces valeurs seraient de l'ordre de (pour des conditions hydrodynamiques moyennes) : 50% des eaux du bassin en 8h et 80% en 22h.



Des simulations de la propagation de la marée à travers la porosité (perméabilité vis-à-vis de l'écoulement) de l'ouvrage montrent que **le volume oscillant de marée sera pleinement conservé en l'absence de buses**. Des tests de sensibilité à la perméabilité de l'ouvrage indiquent que les résultats sont très peu modifiés en diminuant nettement la perméabilité de l'ouvrage (en lien avec une colonisation des vides entre les blocs d'enrochement); un tel résultat n'est pas surprenant compte tenu d'un faible marnage et d'une perméabilité importante de l'ouvrage (conception avec une seule sous-couche, constituée par des blocs relativement grossiers par rapport à un noyau classique de digue, entre la carapace et le platier rocheux).

Conditions dans le bassin projeté par rapport au bassin actuel :

- **la sécurité de la baignade sera nettement améliorée** compte tenu d'une section exposée de l'ouvrage qui ne présentera pas de singularités (points bas) et que le muret sur lequel se réfléchissent les vagues (à pleine-mer) sera supprimé.
- **le renouvellement sera comparable à celui du bassin actuel dans ses 3 contributions** : le volume oscillant de marée est inchangé, les franchissements par paquets de mer seront comparables, la circulation résiduelle liée au forçage extérieur du plan d'eau par les vagues sera conservée dans le mesure où le retour de digue au Sud-Est n'est pas modifiée et que le retour de igue au Nord-Ouest est prévue selon une géométrie de type échancrure. A noter que la contribution par circulation résiduelle s'est avérée particulièrement efficace d'après des simulations spatialisées sur le bassin de baignade de La Possession; sur le bassin de Grande-Anse, compte tenu de conditions de vagues très énergétiques (en particulier à l'approche du coin Sud-Est du bassin) cette circulation résiduelle est estimée encore plus significative.



réflexion des vagues sur le muret supprimé dans l'état projet

courants forts (localement) et transmission d'ondes par des points bas le long de l'ouvrage, en particulier à pleine-mer, seront limités en état projet (arase de la digue uniforme)



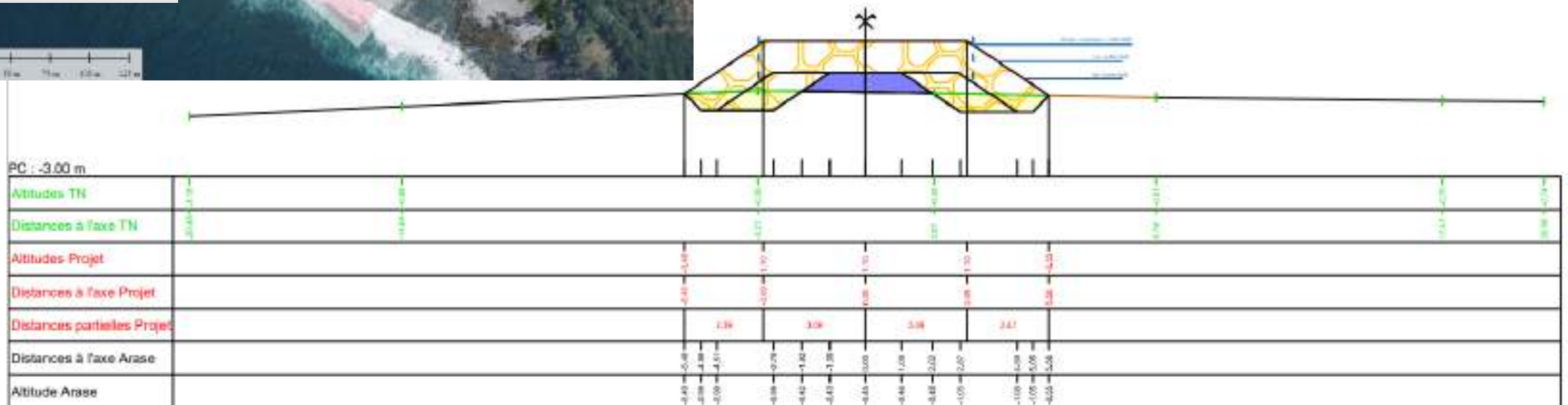


10. Nouveau projet d'extension du bassin (Recherche d'optimisation additionnelle, Tranche Optionnelle n°1) : Simulations des débits franchissants et effets sur les temps de renouvellement des eaux



- Extension moins importante
  - Surface du bassin ~ 5730 m² jusqu'au niveau 0 m NGR
  - Linéaire directement exposé aux vagues ~ 180 m
- Arase de l'ouvrage (à +1,1 m NGR) élargie de 2 m par rapport au projet d'extension n°1, soit 6 m au total

➡ Coupe-type retenue pour l'étude des débits franchissants : **P06**



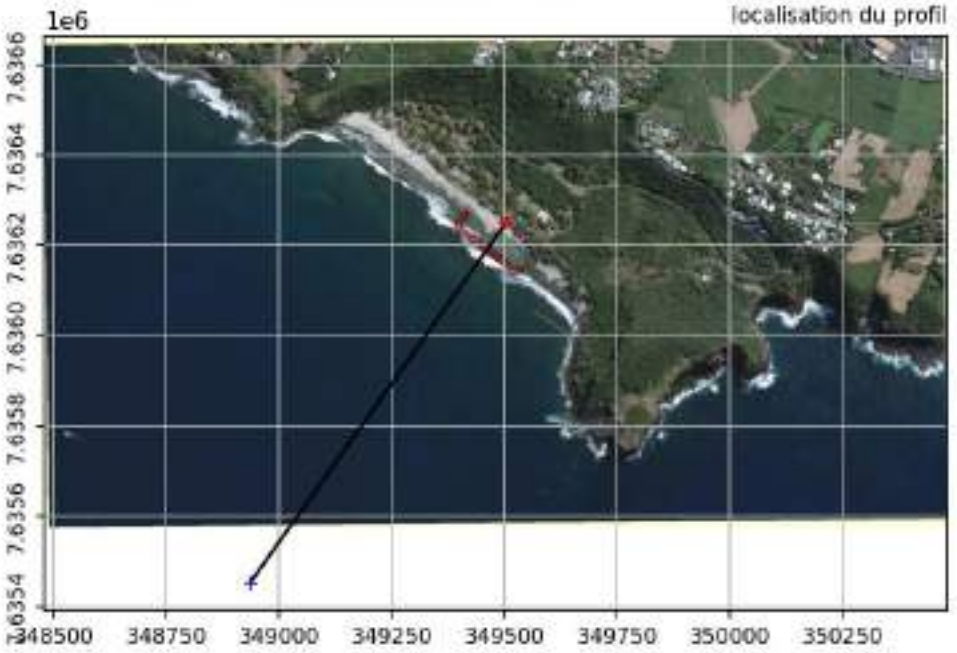
Profil 1DH SWASH correspondant à la coupe-type P06

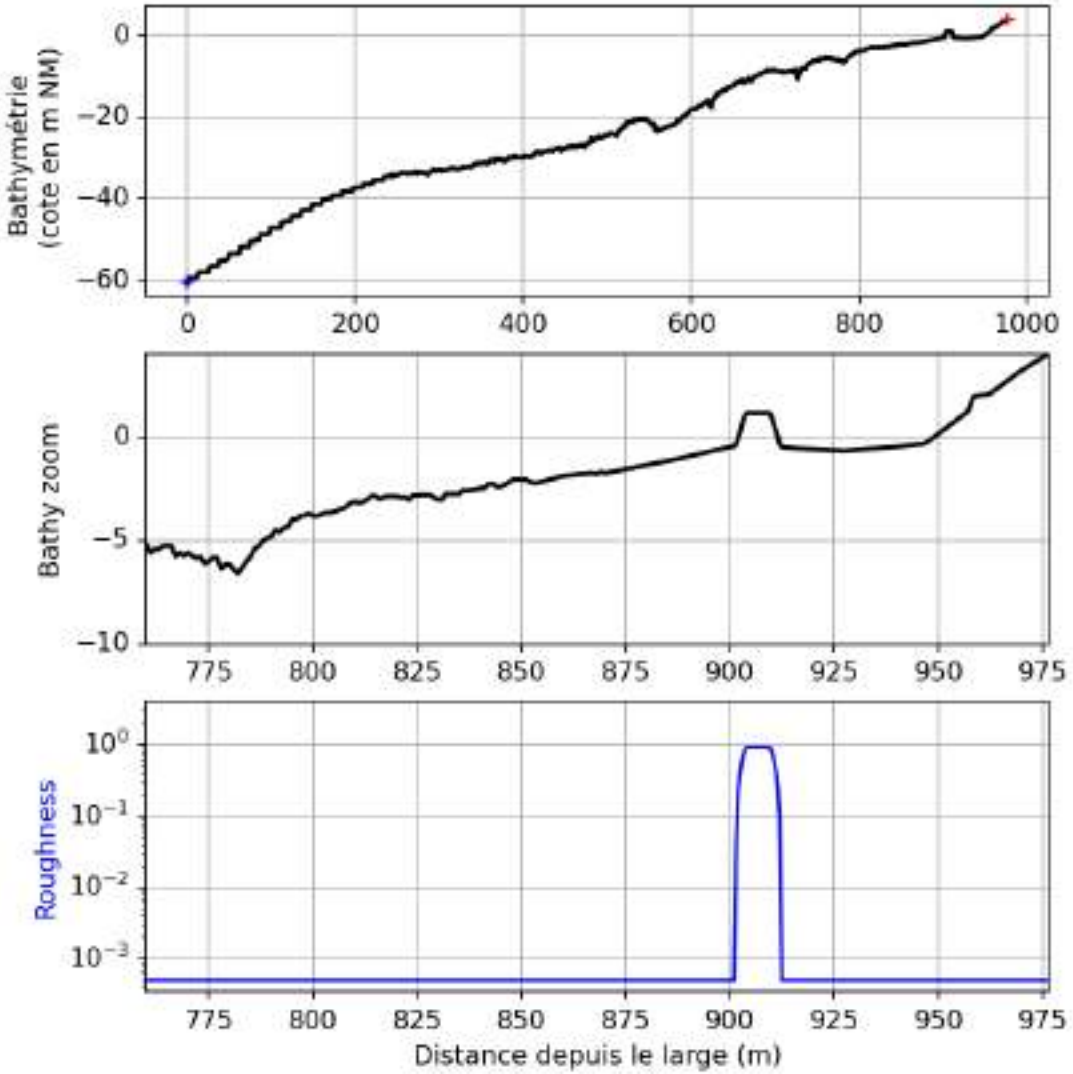
(réf. : Zijlema et al., 2011)

- Durée des simulations : 1 heure
- Résolution spatiale : 0.5 m
- 1 couche sur la verticale
- Cote d'arase : +1.1 m NGR
- Rugosité variable (k_s)

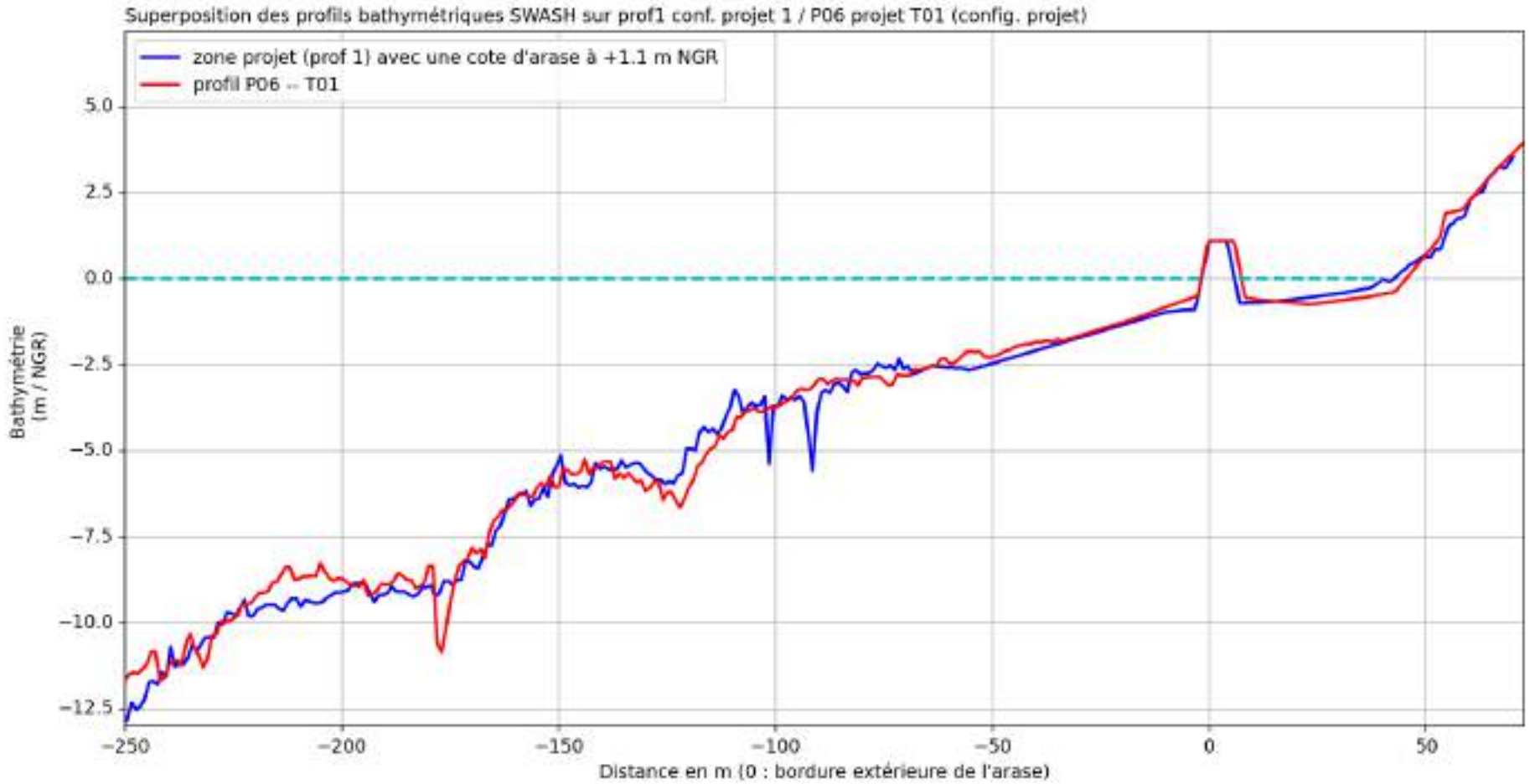
  Ouvrage : k_s =0.92 m (Dn50 mentionné dans l'AVP)

  Reste du profil : k_s =0.0005 m
- Hyp. : ouvrage rugueux mais non poreux (pas de buses, pas d'infiltration)

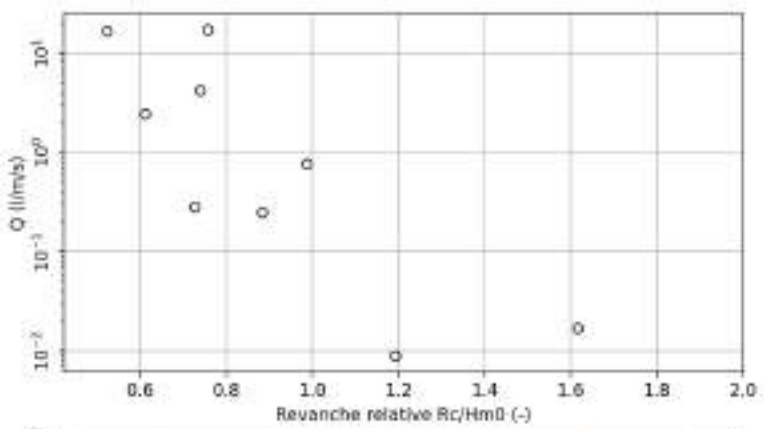


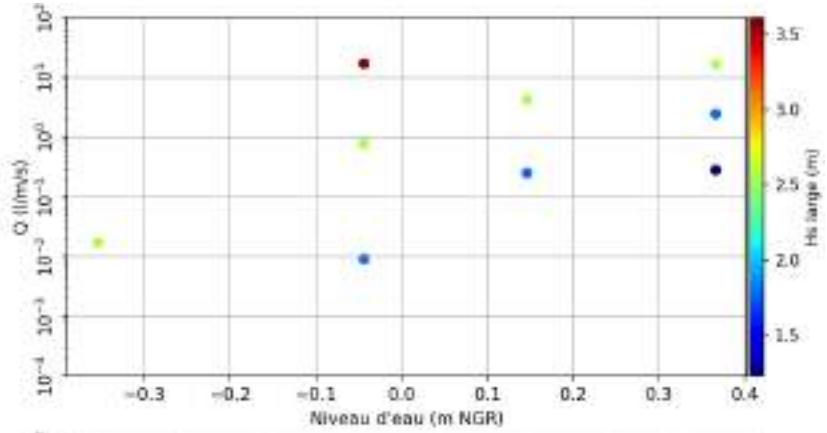


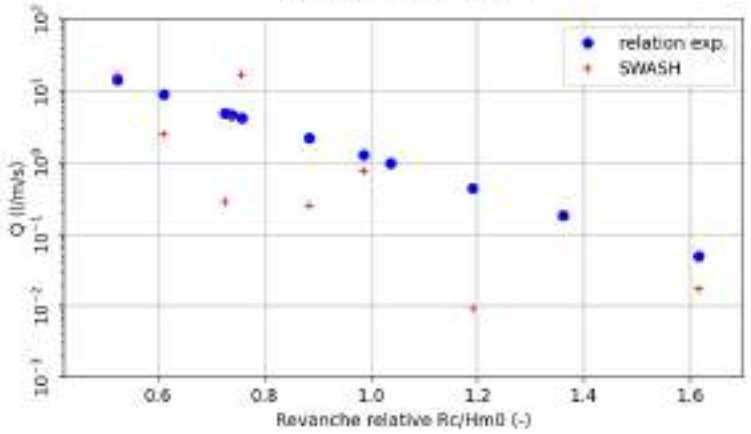
Comparaisons des profils bathymétriques considérés pour l'ancien et le nouveau projet d'extension

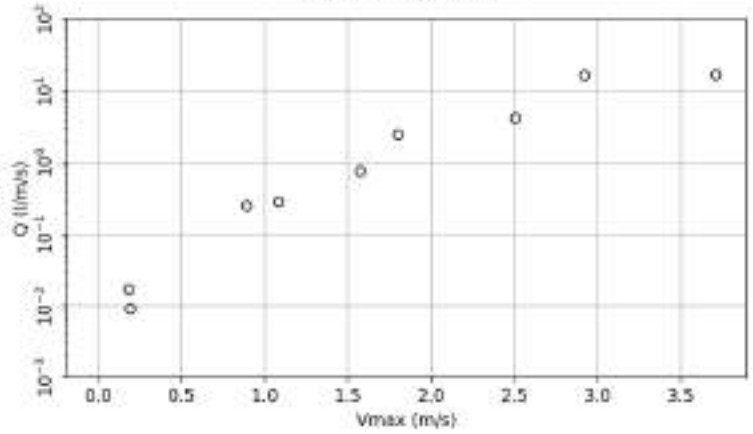


Débits et vitesses maximales des lames d'eau franchissantes pour les différentes conditions simulées









Conditions hydrodynamiques simulées **(13 simulations)** :

➢ **Niveaux d'eau**
- BMinf (-0.354 m NGR)
- NM (-0.044 m NGR)
- PMsup (0.146 m NGR)
- PHMA (0.366 m NGR)

➢ **Vagues (percentiles P ; sorties IOWAGA)**
- 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

Ajustement d'une relation (exponentielle) entre la revanche relative et le débit franchissant à partir des résultats SWASH :

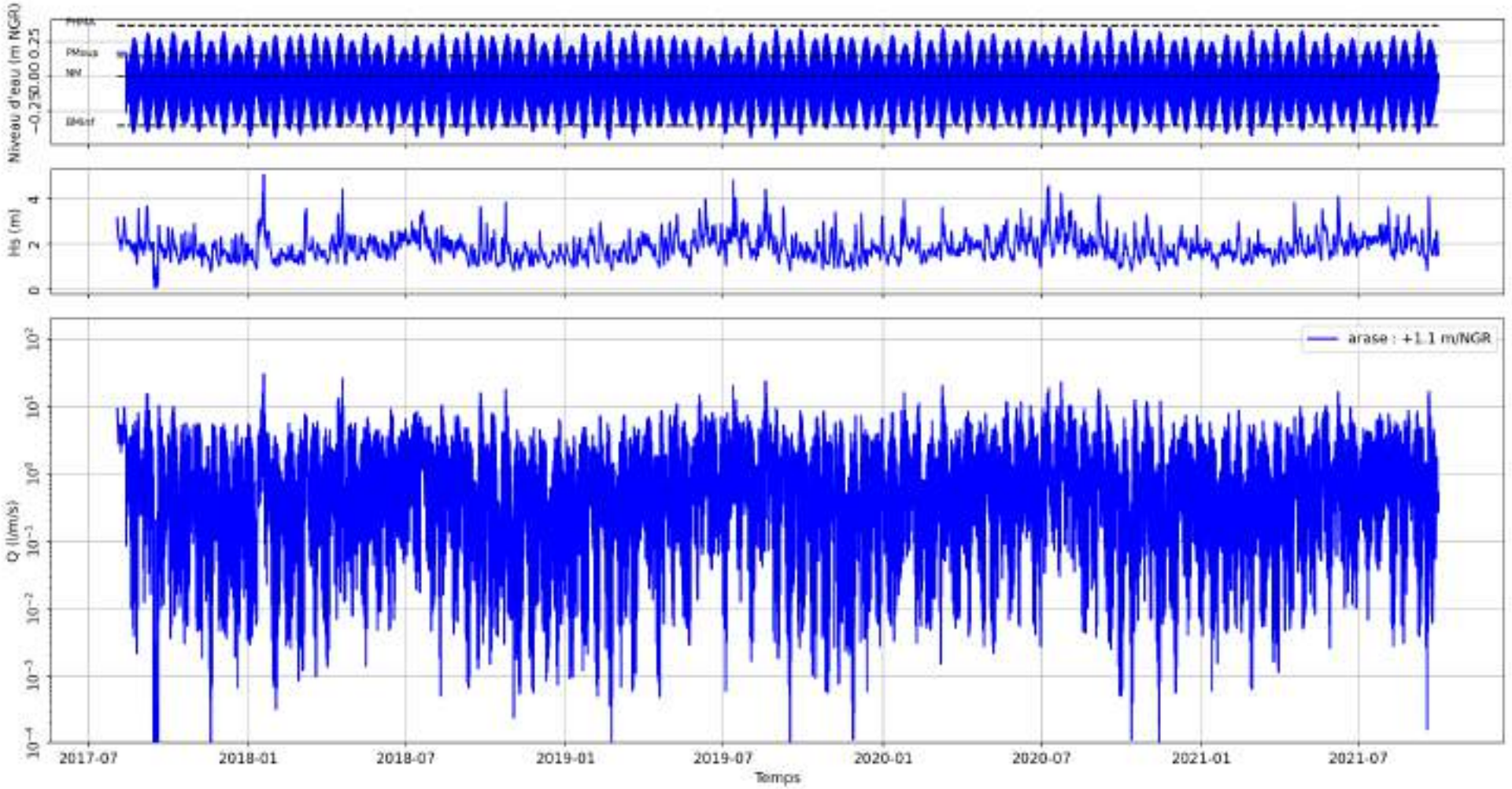
$$Q = 214.5 \times e^{-5.19 \frac{R_C}{H_{m0}}}$$

Rejeux de débits franchissants, nouveau projet d'extension

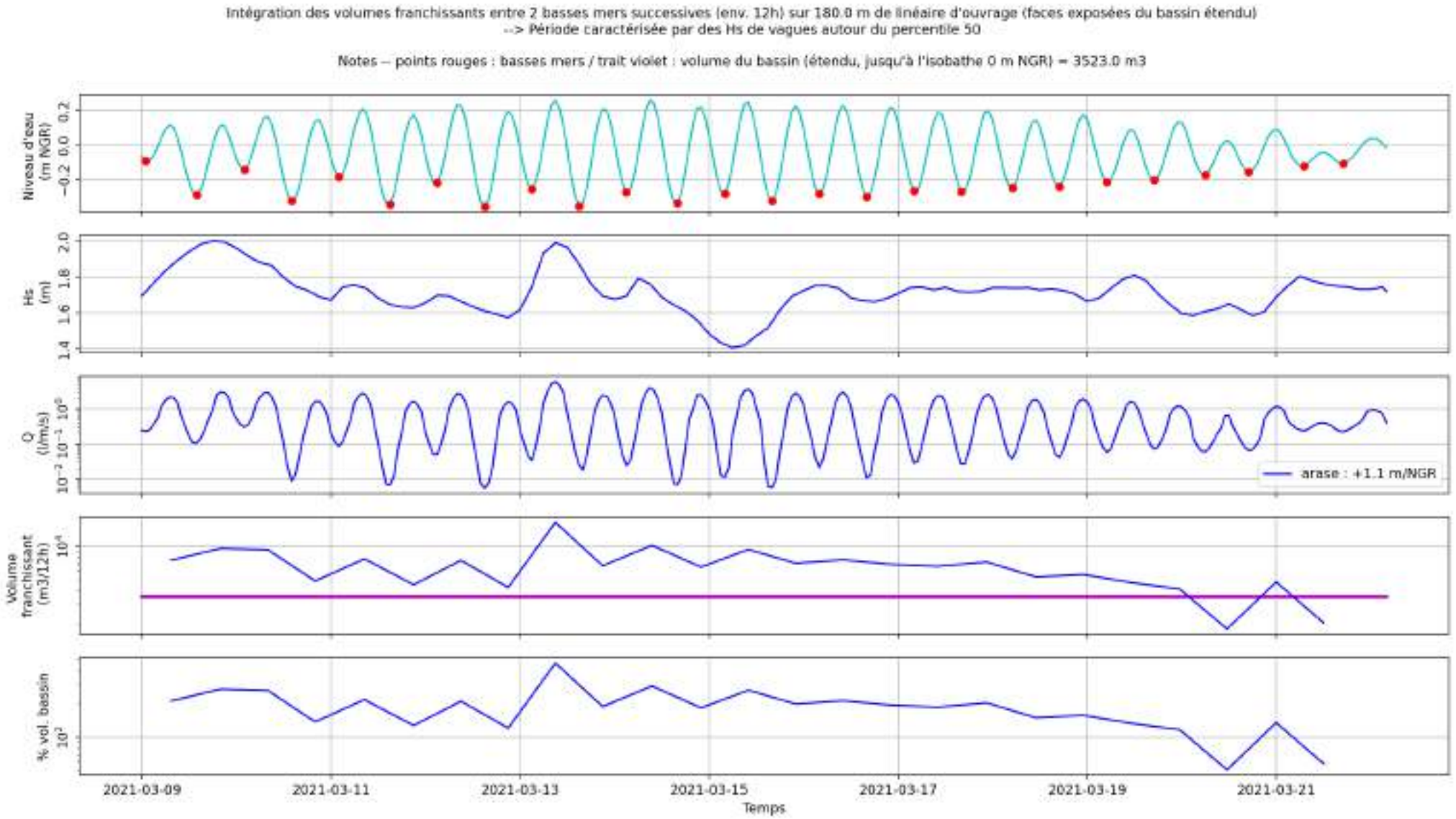
Données d'entrée :

- Marée : atlas FES2014
- Vagues : sorties du modèle WW3 REUNION UG (MARC IFREMER)

$$Q = 214.5 \times e^{-5.19 \frac{R_C}{H_{m0}}}$$

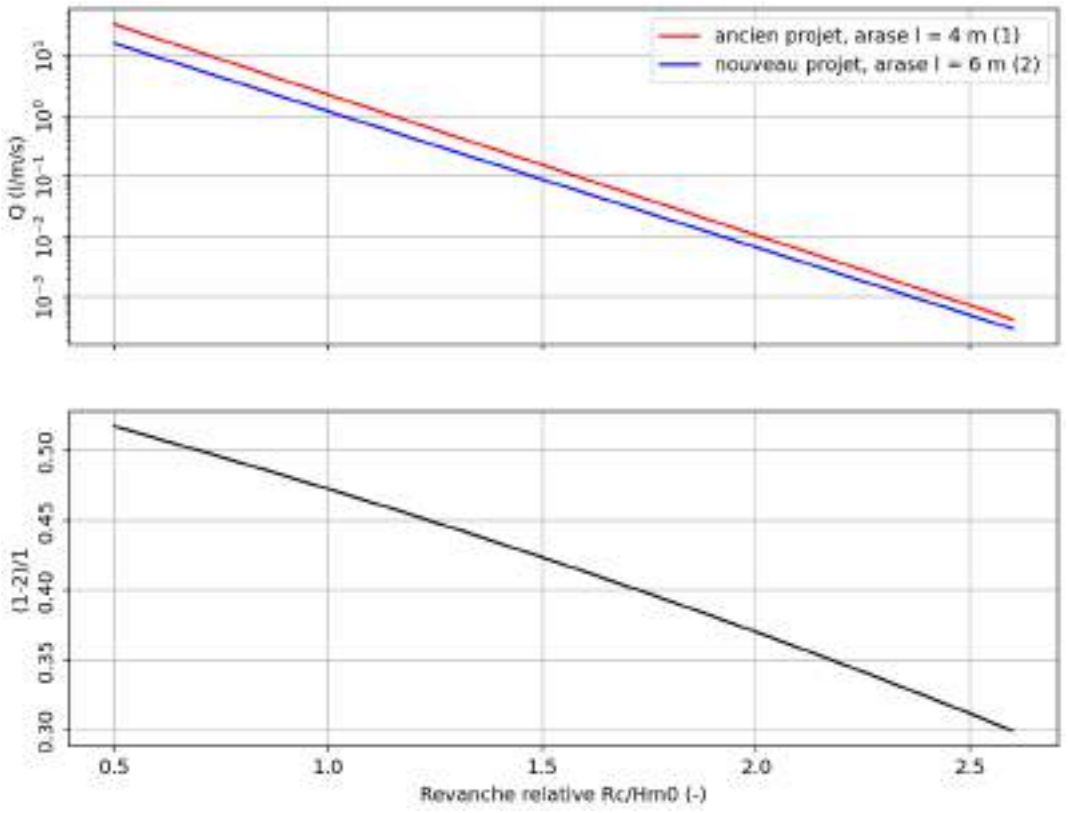


Volumes franchissants à l'échelle du bassin en conditions de vagues moyennes



Note : le calcul du volume du bassin est donné à titre indicatif, en considérant une profondeur moyenne de 0.615 m et une surface de 5730 m².

Conclusions



Les lois d'ajustement exponentielles déduites des résultats de débits franchissants SWASH pour les configurations 1DH relatives à l'ancien et au nouveau projet d'extension mettent en évidence une **réduction de 30 à 50% des débits liée à l'élargissement de 2 m de l'arase** (cote à +1,1 m NGR). Cette atténuation augmente à mesure que la revanche relative diminue. 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 $m^3/m/12h$ pour le nouveau projet d'extension**, contre 66 $m^3/m/12h$ dans le cas de l'ancien, soit une **diminution de 44%**. 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.

Les rapports $vol_{bassin}/(vol_{tidal}+vol_{franchissant})$ ont été calculés pour l'ancienne et la nouvelle configuration projetée du bassin et pour les différents marnages Δh (morte-eau, marée moyenne, et vive-eau). On peut souligner que le volume franchissant est intégré sur 12h et est exprimé en m^3/m. Les résultats indiquent que le **rapport $vol_{bassin}/(vol_{tidal}+vol_{franchissant})$ augmente d'environ 52% pour la nouvelle configuration projetée, et que le renouvellement des eaux sera 1.52 fois plus lent que dans le cas de l'ancienne configuration**.

Marée	Vfr1 [m^3/m] (ancien projet)	Vfr2 [m^3/m] (nouveau projet)	Vtidal [m^3/m]	Vbassin [m^3/m]	$(1)=\frac{Vbassin}{(Vtidal+Vfr1)}$	$(2)=\frac{Vbassin}{(Vtidal+Vfr2)}$	(2)/(1)
Morte-eau (Δh=0.15 m)	19	10.5 (-45%)	5.25	21.35	0.88	1.36	1.52
Moyenne (Δh=0.45 m)	53	30 (-43%)	15.75		0.31	0.47	
Vive-eau (Δh=0.7 m)	101	58 (-42.5%)	24.5		0.17	0.26	

Conclusions

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

Pour la nouvelle configuration projetée, on obtient donc un renouvellement de 50% des eaux du bassin en 6.8h, de 80% en 12.9h, et de 98% en 24.3h. Ces taux de renouvellement sont **équivalents à ceux obtenus pour la configuration optimisée du bassin de La Possession**.

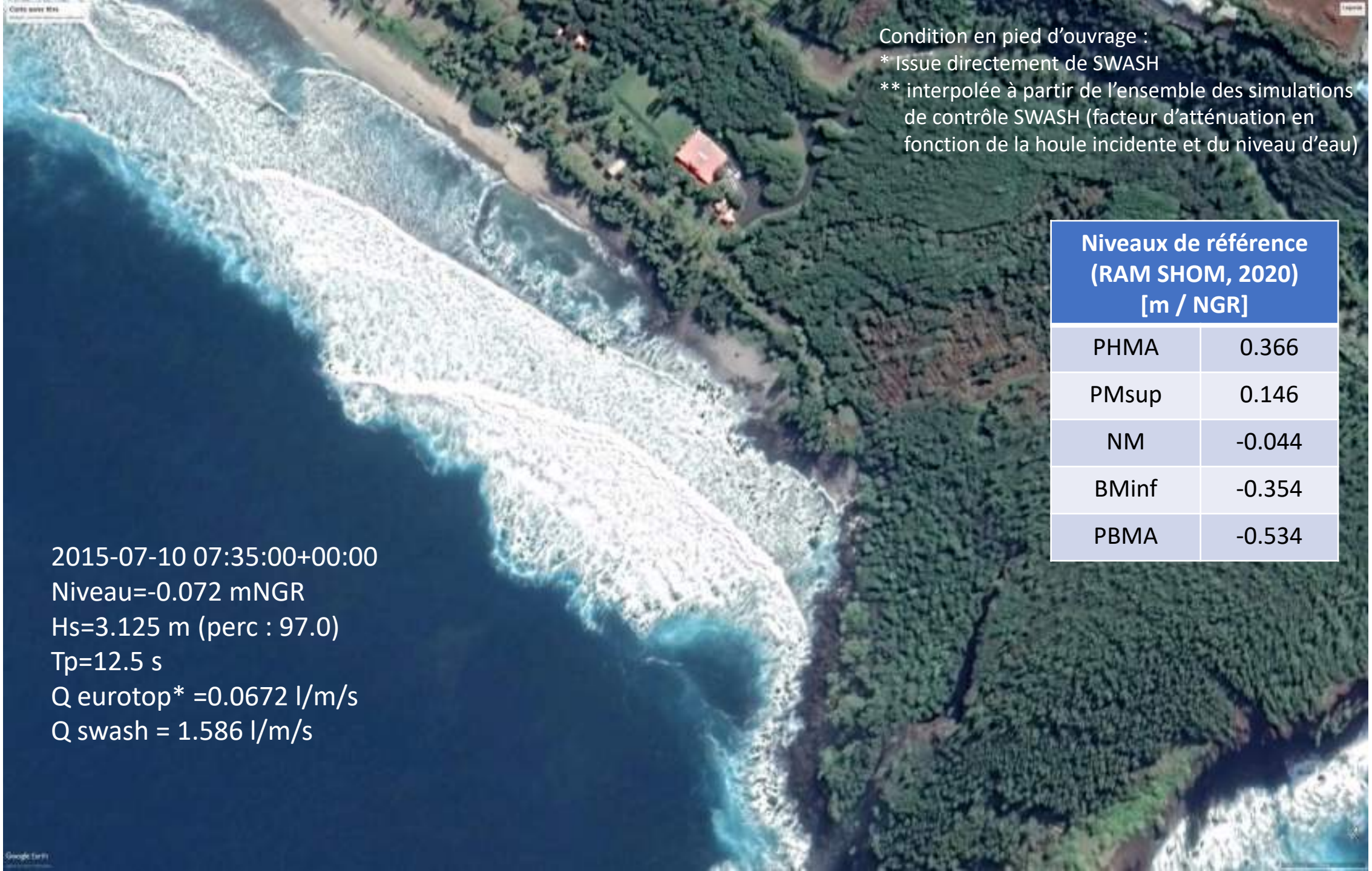
Dans le cas du bassin de Grande Anse, ces **estimations en première approche** à partir des résultats de simulation 1DH SWASH peuvent être qualifiées de **conservatives** pour plusieurs raisons :

- 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, cf. cartes de courant p. 37);
- 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).

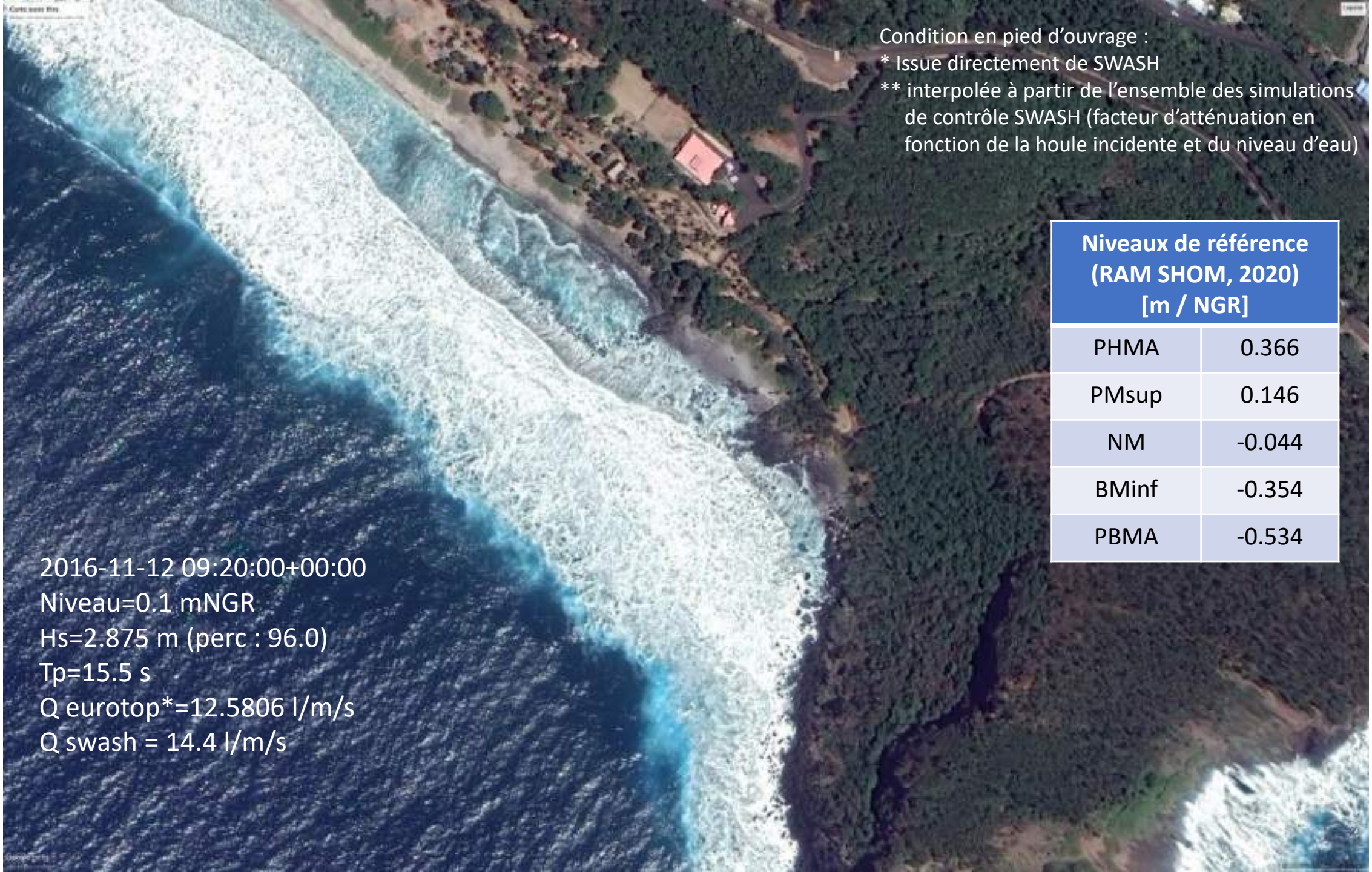
Annexe A

Images *Google Earth* et conditions hydrodynamiques associées

par ordre chronologique



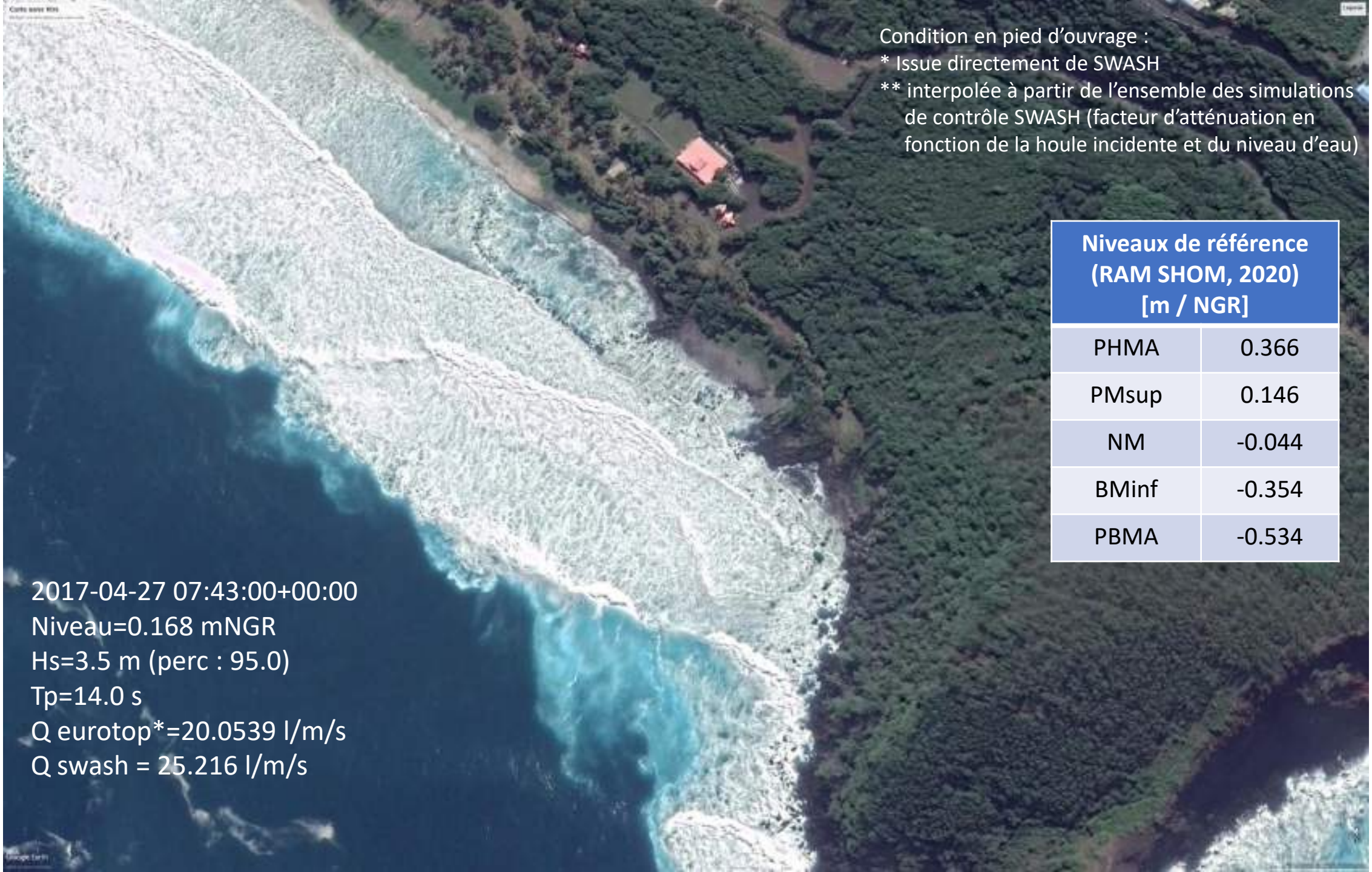
Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534



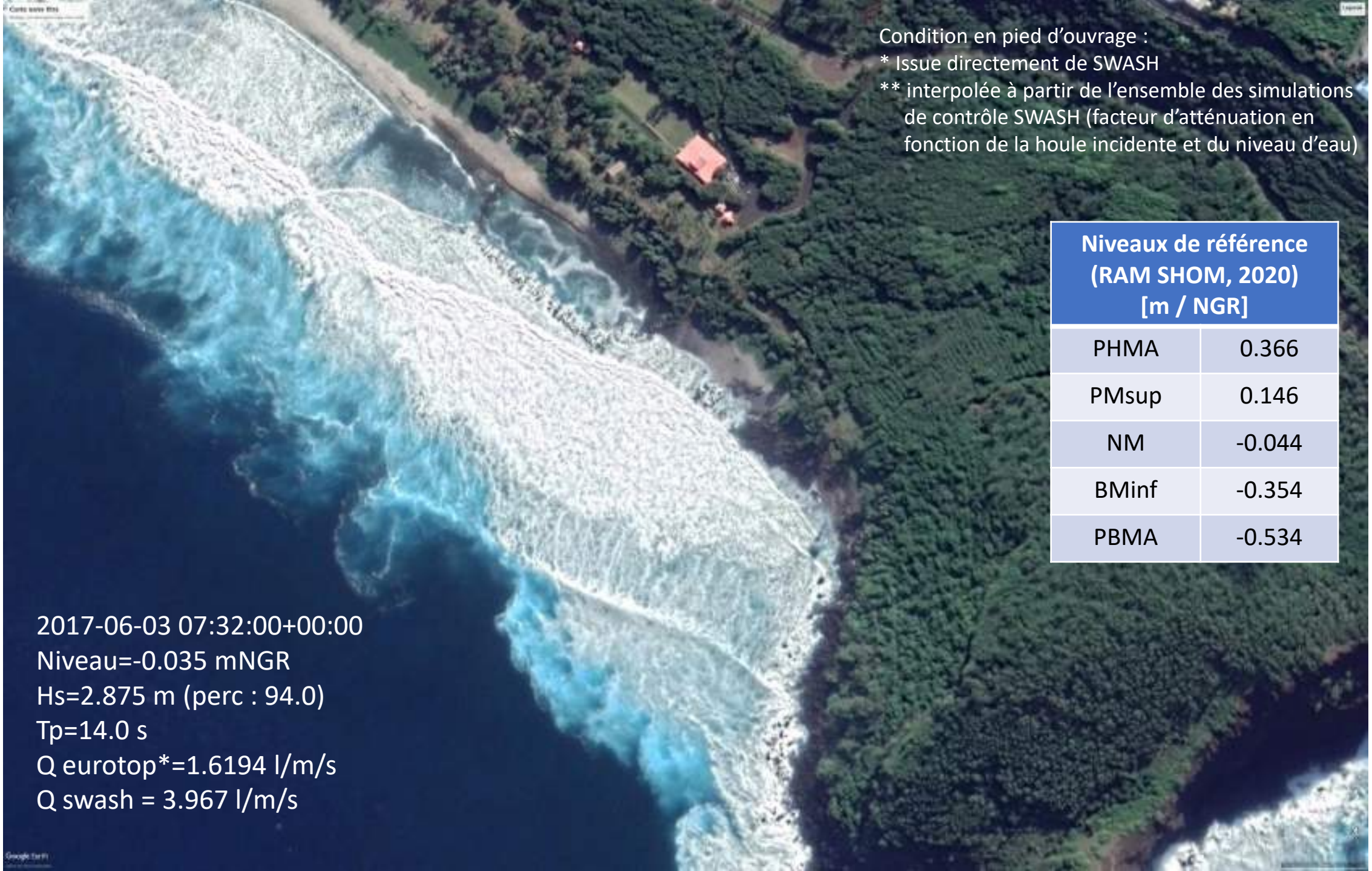
Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2016-11-12 09:20:00+00:00
Niveau=0.1 mNGR
Hs=2.875 m (perc : 96.0)
Tp=15.5 s
Q eurotop*=12.5806 l/m/s
Q swash = 14.4 l/m/s



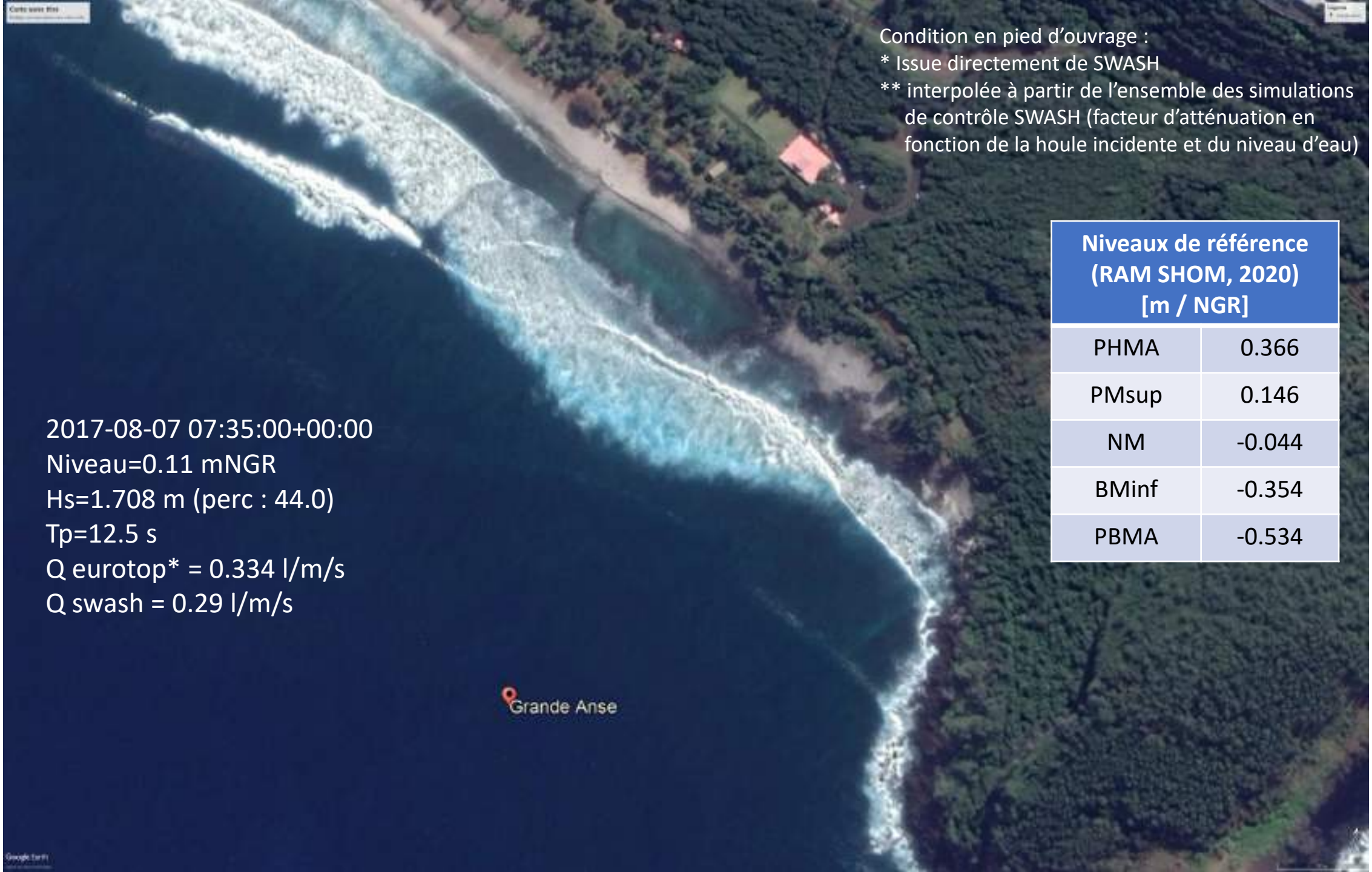
Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

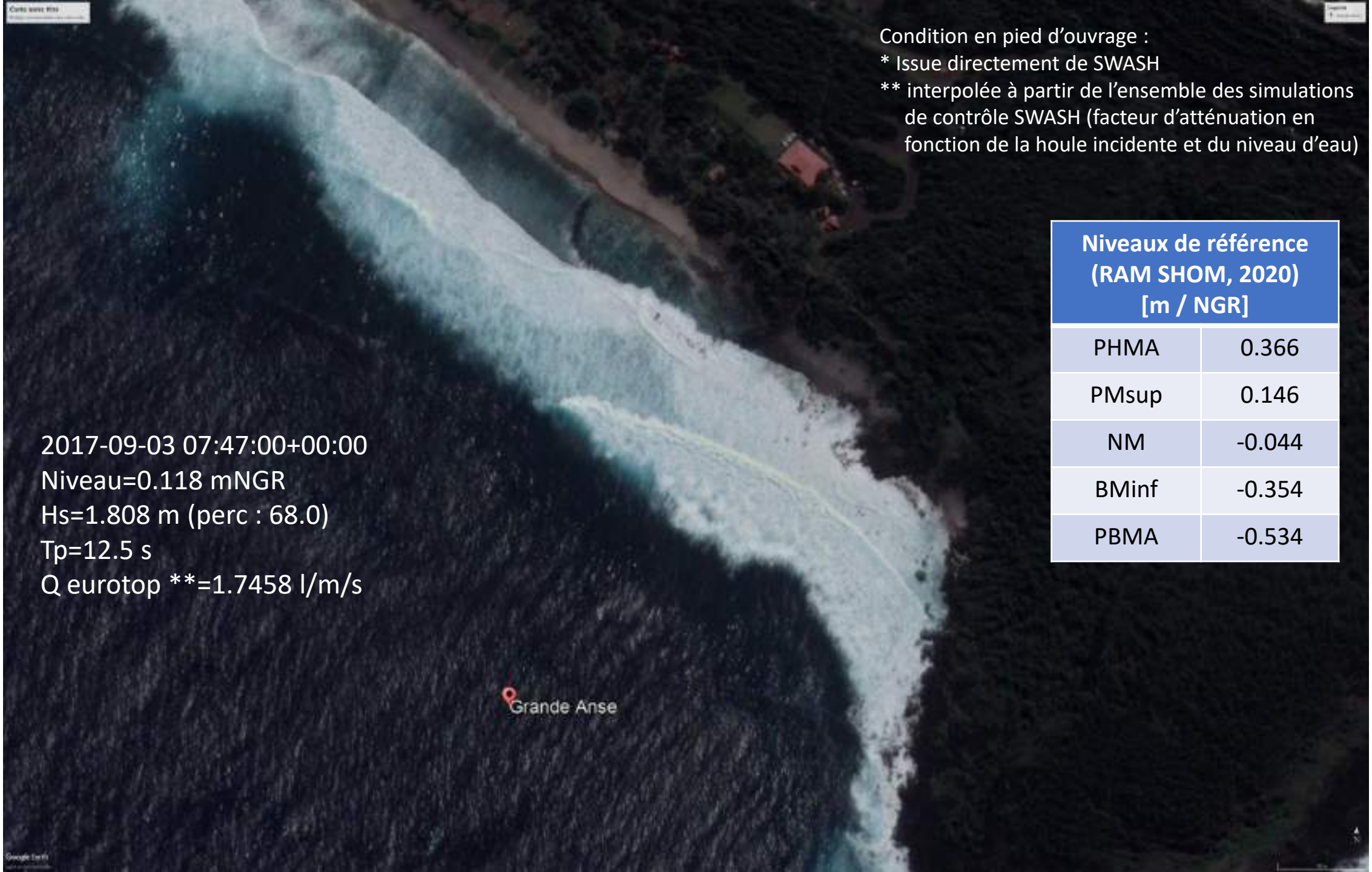
2017-06-03 07:32:00+00:00
Niveau=-0.035 mNGR
Hs=2.875 m (perc : 94.0)
Tp=14.0 s
Q eurotop*=1.6194 l/m/s
Q swash = 3.967 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

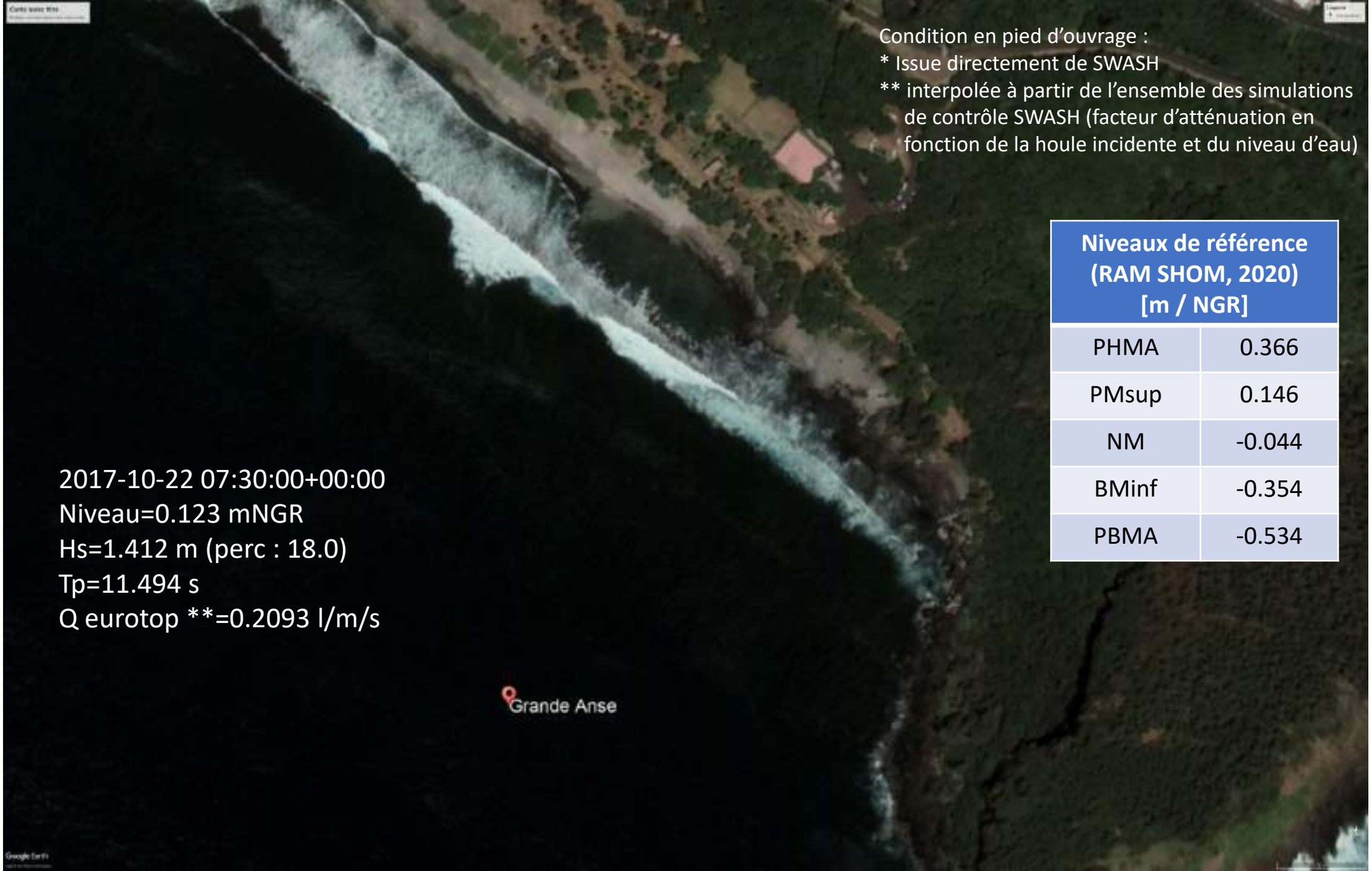
2017-08-07 07:35:00+00:00
Niveau=0.11 mNGR
Hs=1.708 m (perc : 44.0)
Tp=12.5 s
Q eurotop* = 0.334 l/m/s
Q swash = 0.29 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

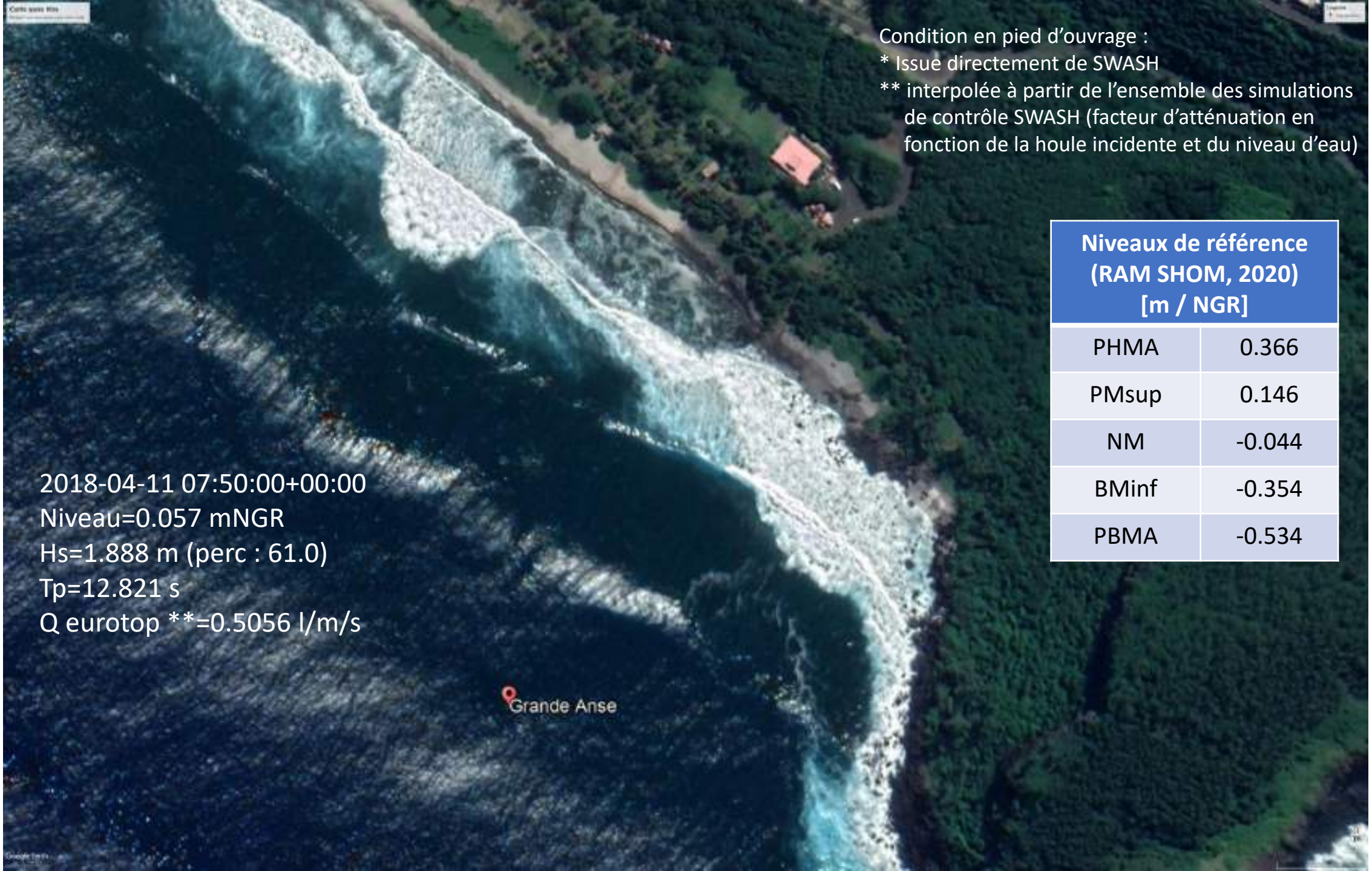
2017-09-03 07:47:00+00:00
Niveau=0.118 mNGR
Hs=1.808 m (perc : 68.0)
Tp=12.5 s
Q eurotop **=1.7458 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2017-10-22 07:30:00+00:00
Niveau=0.123 mNGR
Hs=1.412 m (perc : 18.0)
Tp=11.494 s
Q eurotop **=0.2093 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2018-04-11 07:50:00+00:00
Niveau=0.057 mNGR
Hs=1.888 m (perc : 61.0)
Tp=12.821 s
Q eurotop **=0.5056 l/m/s

Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

Nuages au dessus de Grande Anse

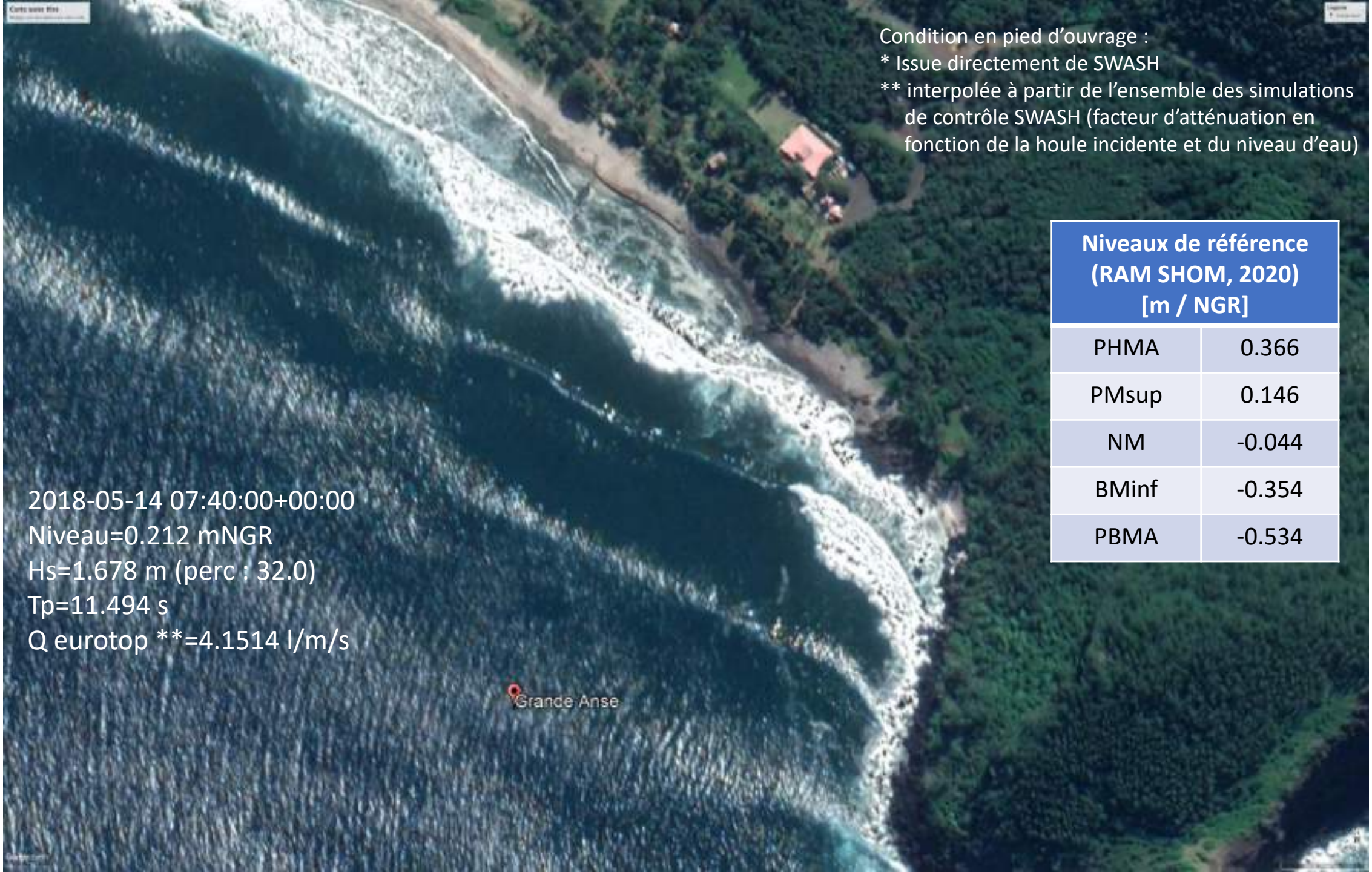
2018-04-28 07:35:00+00:00
Niveau=0.212 mNGR
Hs=2.306 m (perc : 76.0)
Tp=13.699 s
Q eurotop *=10.2179 l/m/s
Q swash = 7.021 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

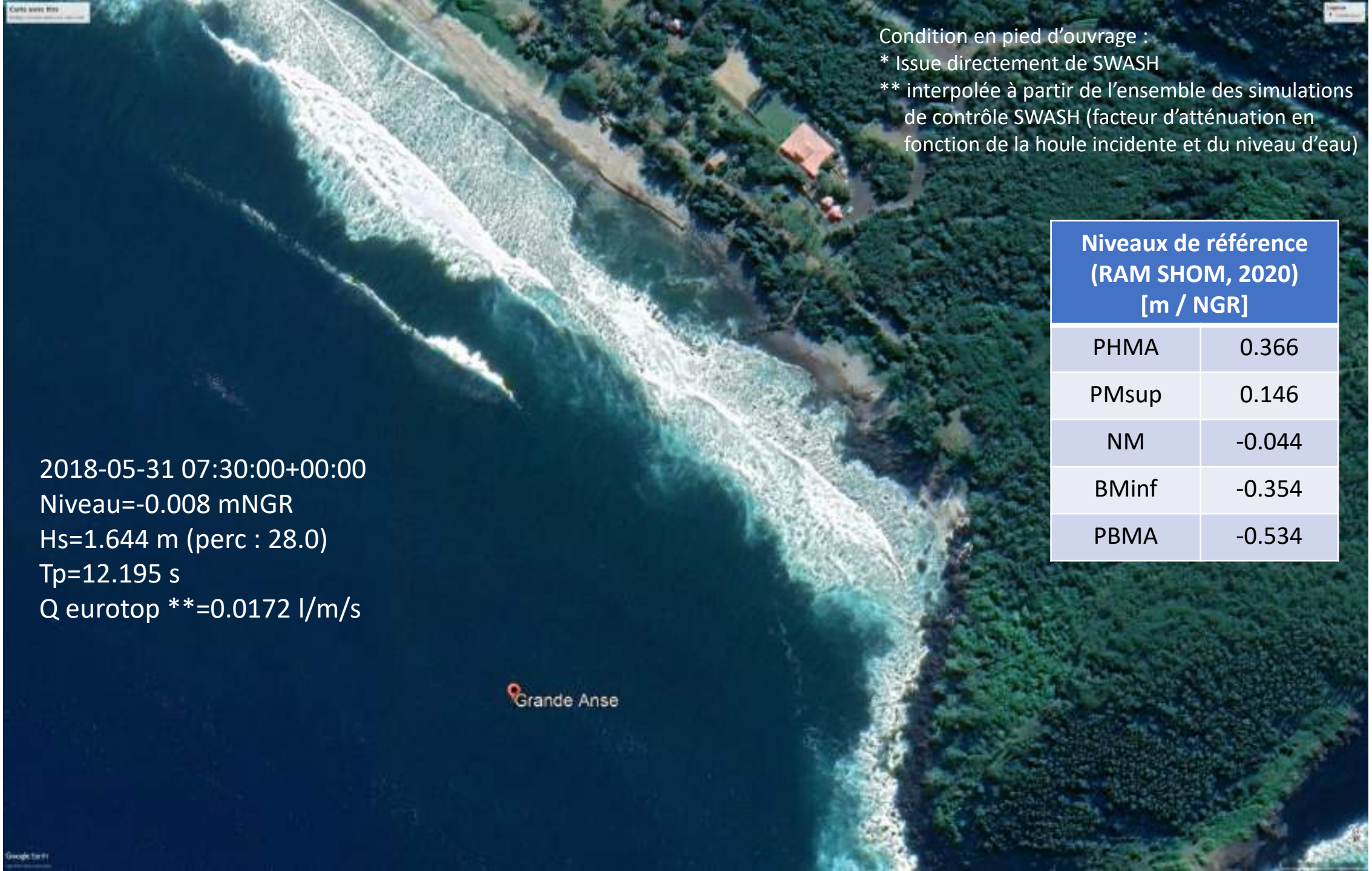
2018-05-08 08:00:00+00:00
Niveau=-0.133 mNGR
Hs=1.466 m (perc : 25.0)
Tp=13.699 s
Q eurotop **=0.0 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2018-05-14 07:40:00+00:00
Niveau=0.212 mNGR
Hs=1.678 m (perc : 32.0)
Tp=11.494 s
Q eurotop **=4.1514 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2018-05-31 07:30:00+00:00
Niveau=-0.008 mNGR
Hs=1.644 m (perc : 28.0)
Tp=12.195 s
Q eurotop **=0.0172 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

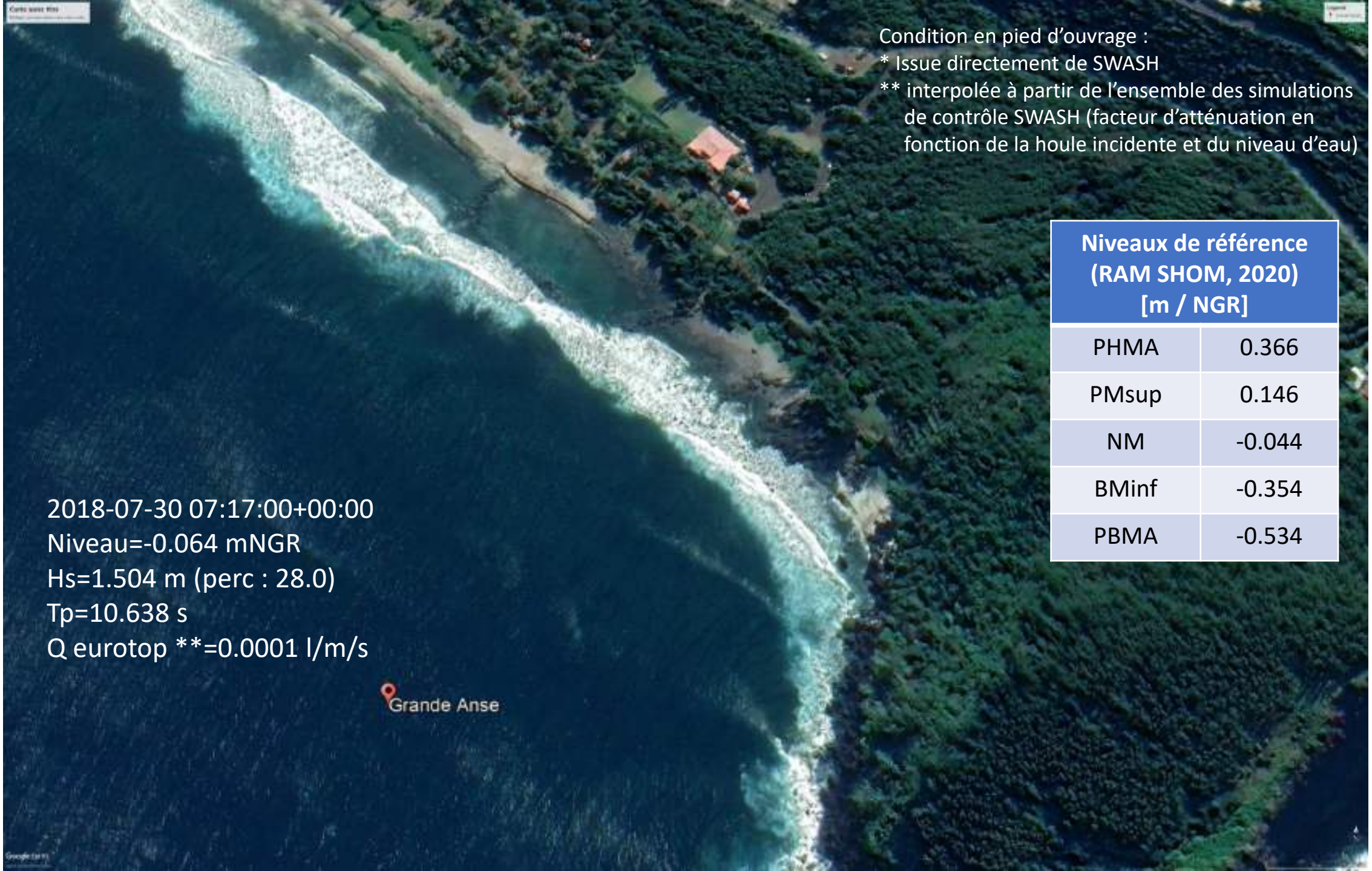
2018-06-19 07:17:00+00:00
Niveau=-0.244 mNGR
Hs=2.04 m (perc : 60.0)
Tp=13.514 s
Q eurotop *=0.0004 l/m/s
Q swash = 0.0 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2018-07-14 07:37:00+00:00
Niveau=0.017 mNGR
Hs=2.598 m (perc : 81.0)
Tp=13.333 s
Q eurotop **=2.5609 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

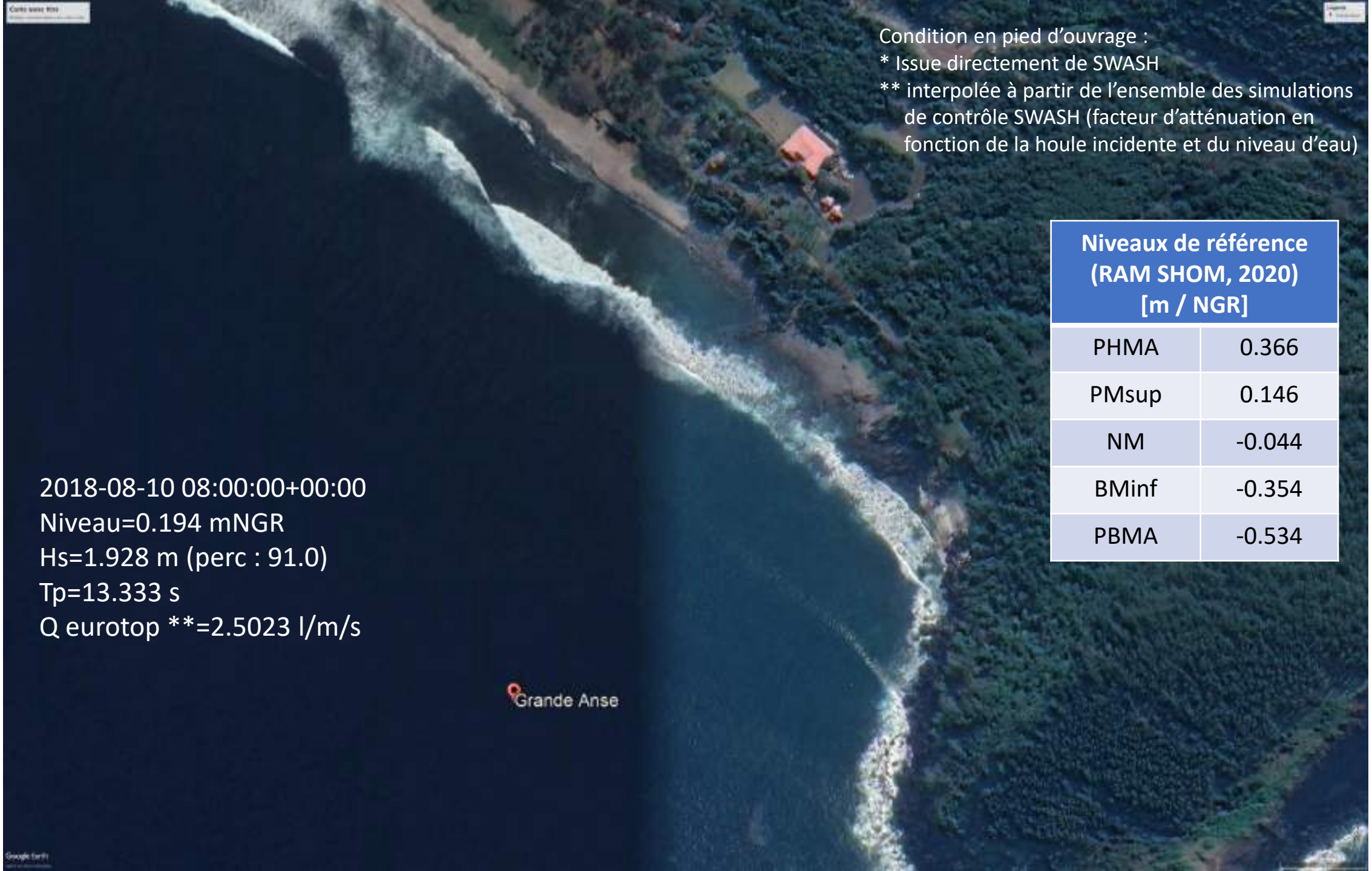
2018-07-30 07:17:00+00:00
Niveau=-0.064 mNGR
Hs=1.504 m (perc : 28.0)
Tp=10.638 s
Q eurotop **=0.0001 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

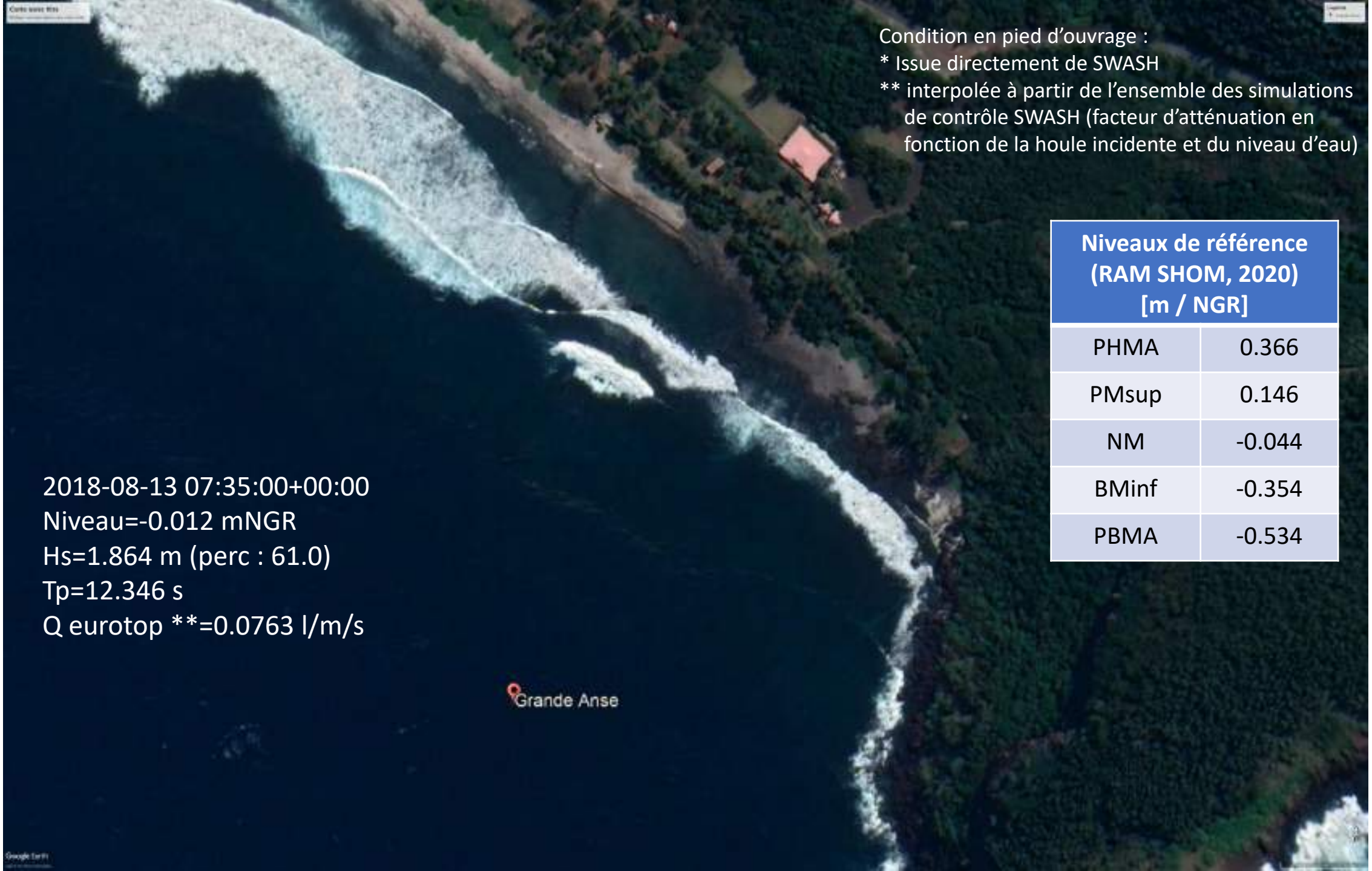
2018-08-06 07:55:00+00:00
Niveau=-0.093 mNGR
Hs=2.47 m (perc : 66.0)
Tp=12.987 s
Q eurotop *=0.123 l/m/s
Q swash = 0.085 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

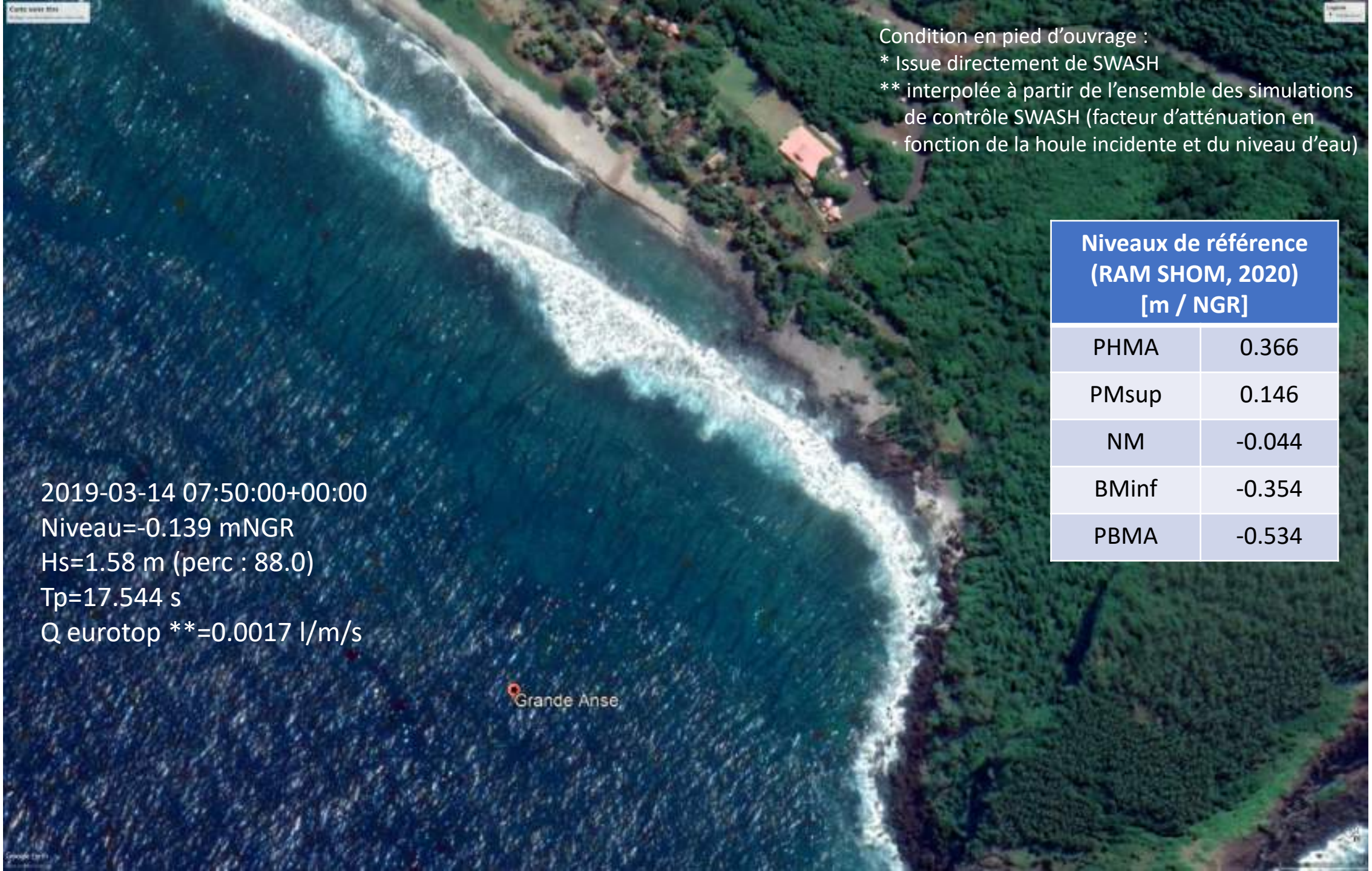
2018-08-10 08:00:00+00:00
Niveau=0.194 mNGR
Hs=1.928 m (perc : 91.0)
Tp=13.333 s
Q eurotop **=2.5023 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2018-08-13 07:35:00+00:00
Niveau=-0.012 mNGR
Hs=1.864 m (perc : 61.0)
Tp=12.346 s
Q eurotop **=0.0763 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

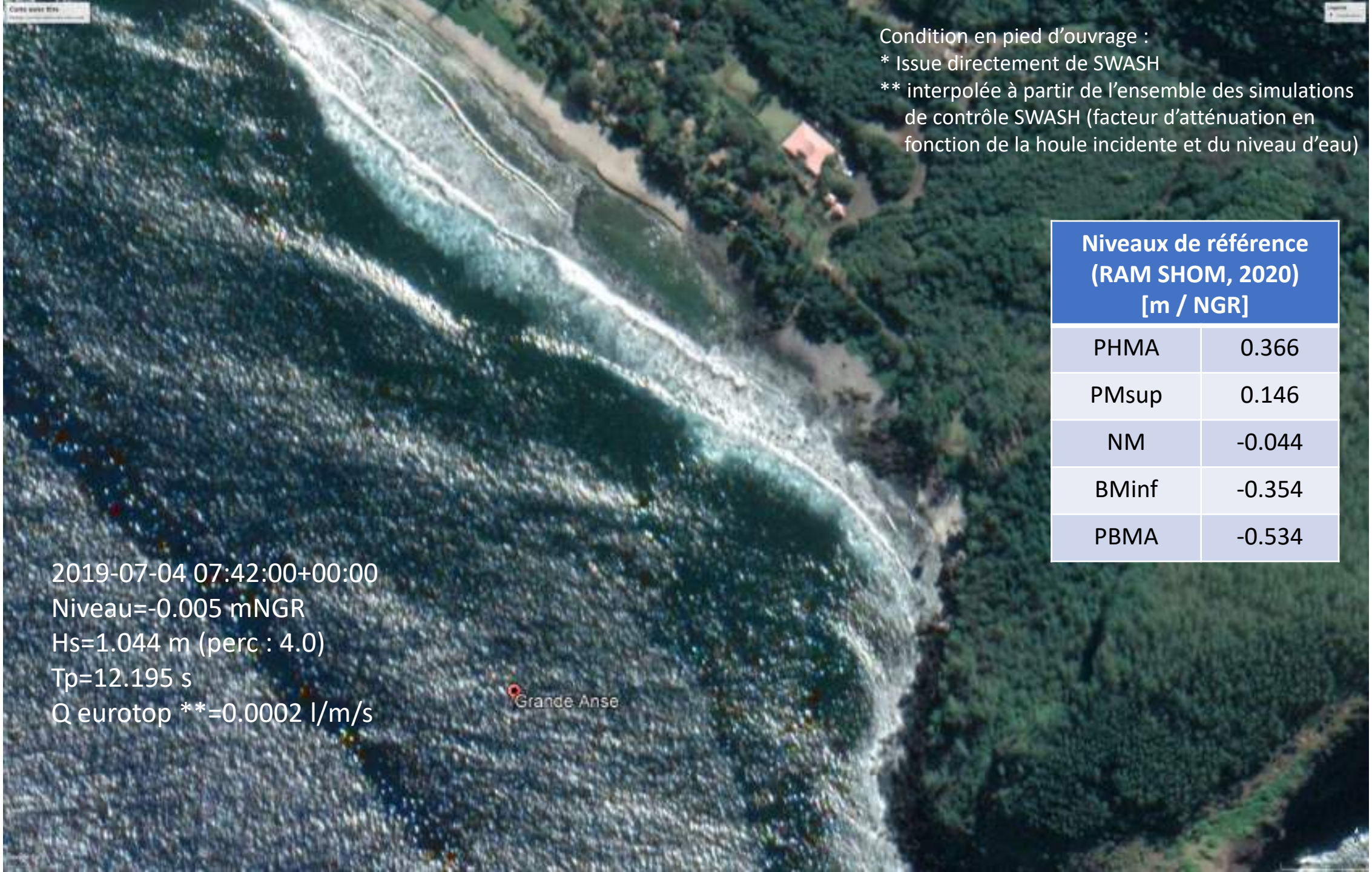
2019-03-14 07:50:00+00:00
Niveau=-0.139 mNGR
Hs=1.58 m (perc : 88.0)
Tp=17.544 s
Q eurotop **=0.0017 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2019-06-01 08:02:00+00:00
Niveau=0.133 mNGR
Hs=1.636 m (perc : 53.0)
Tp=14.706 s
Q eurotop **=0.8613 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

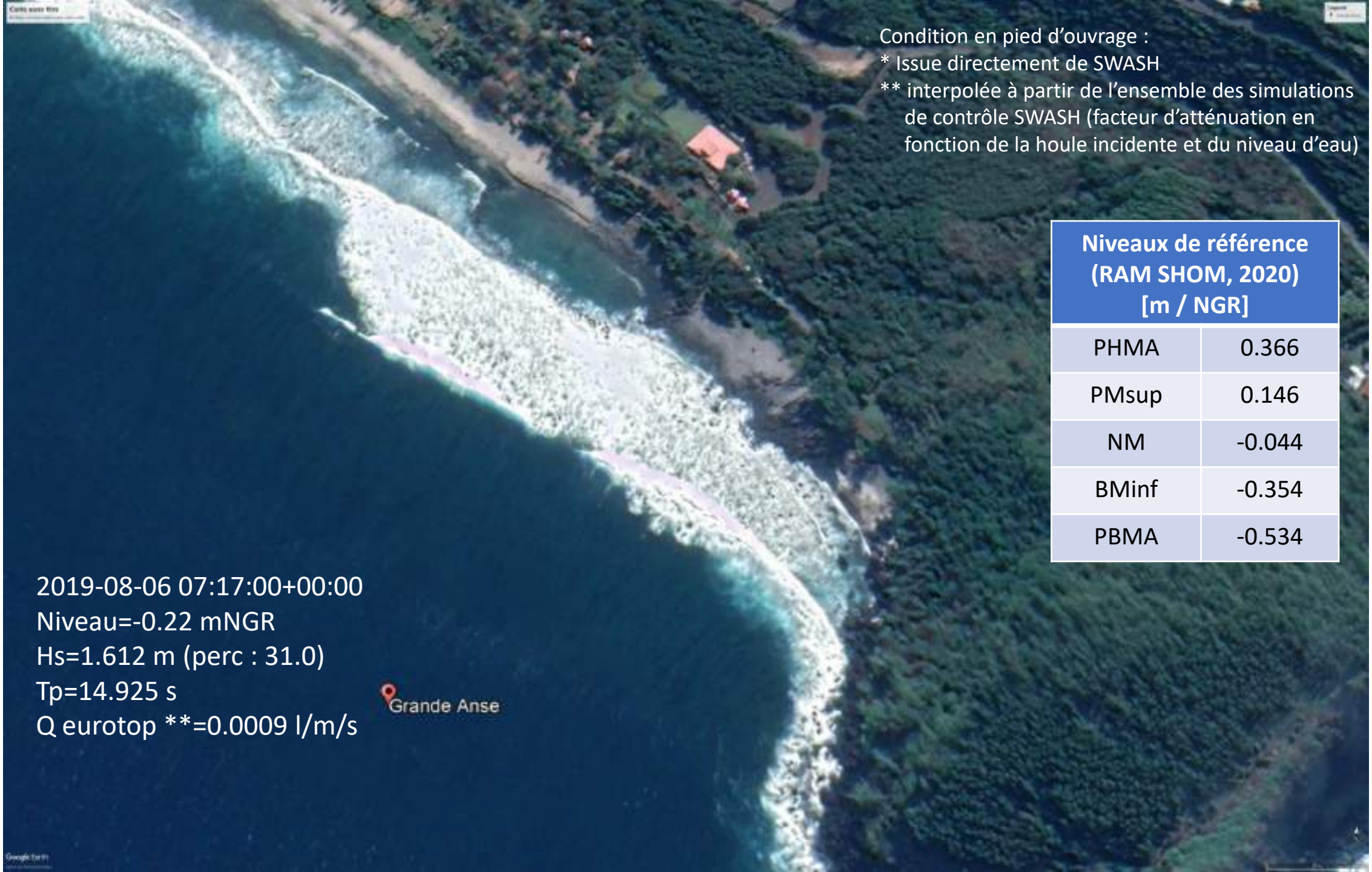
2019-07-04 07:42:00+00:00
Niveau=-0.005 mNGR
Hs=1.044 m (perc : 4.0)
Tp=12.195 s
Q eurotop **=0.0002 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

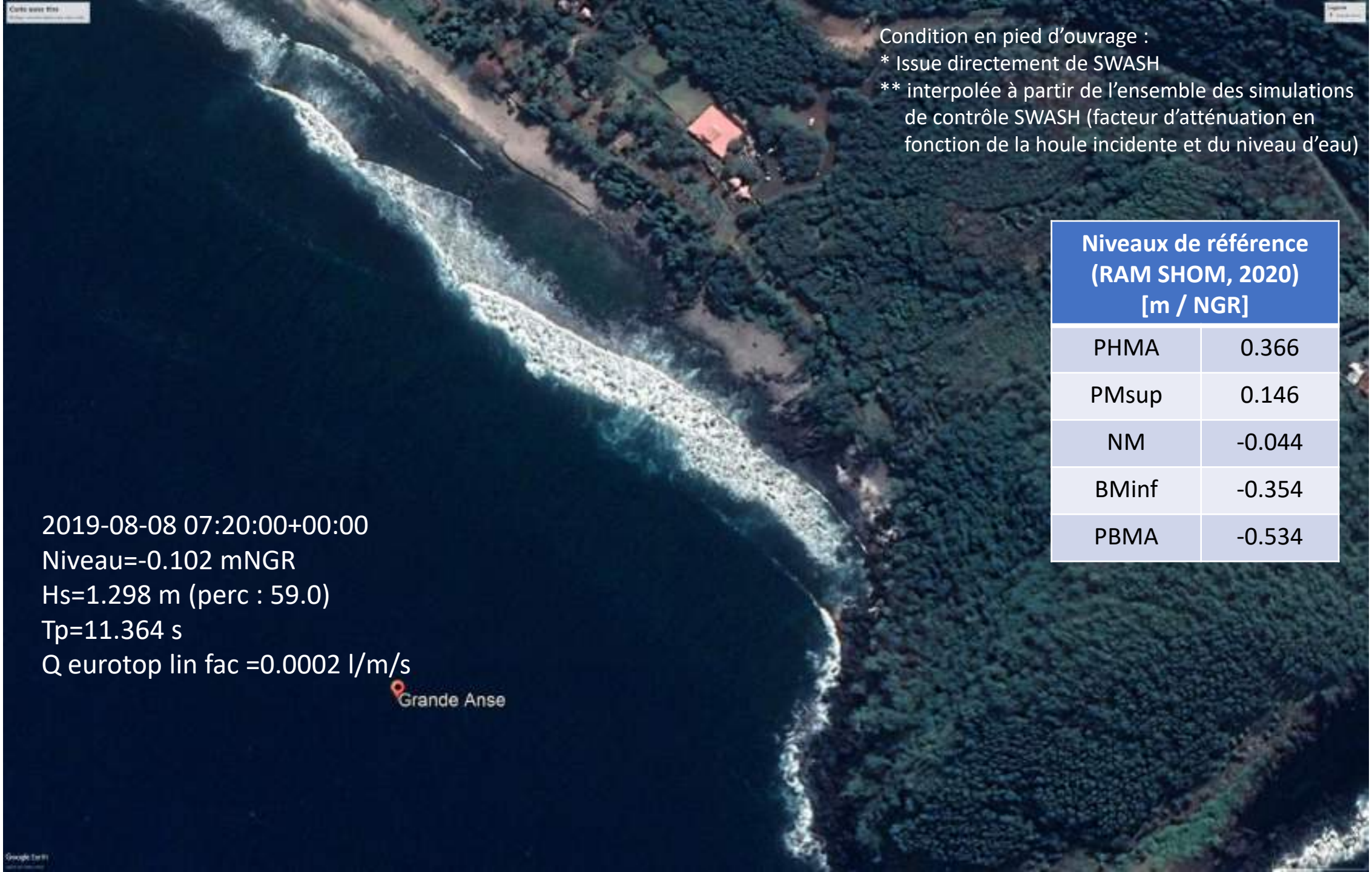
2019-08-03 07:42:00+00:00
Niveau=-0.044 mNGR
Hs=1.784 m (perc : 31.0)
Tp=13.699 s
Q eurotop **=0.0343 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

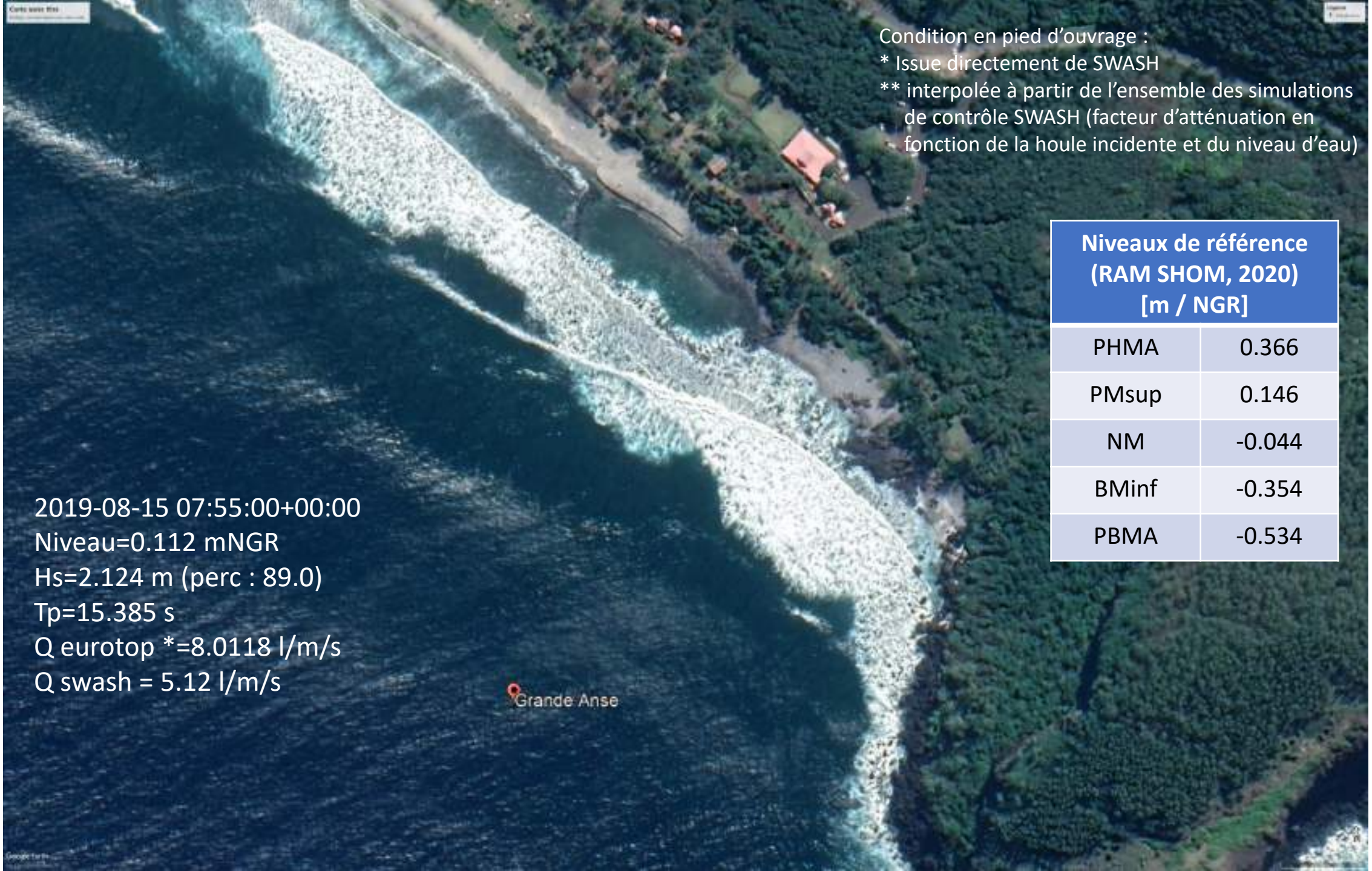
2019-08-06 07:17:00+00:00
Niveau=-0.22 mNGR
Hs=1.612 m (perc : 31.0)
Tp=14.925 s
Q eurotop **=0.0009 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

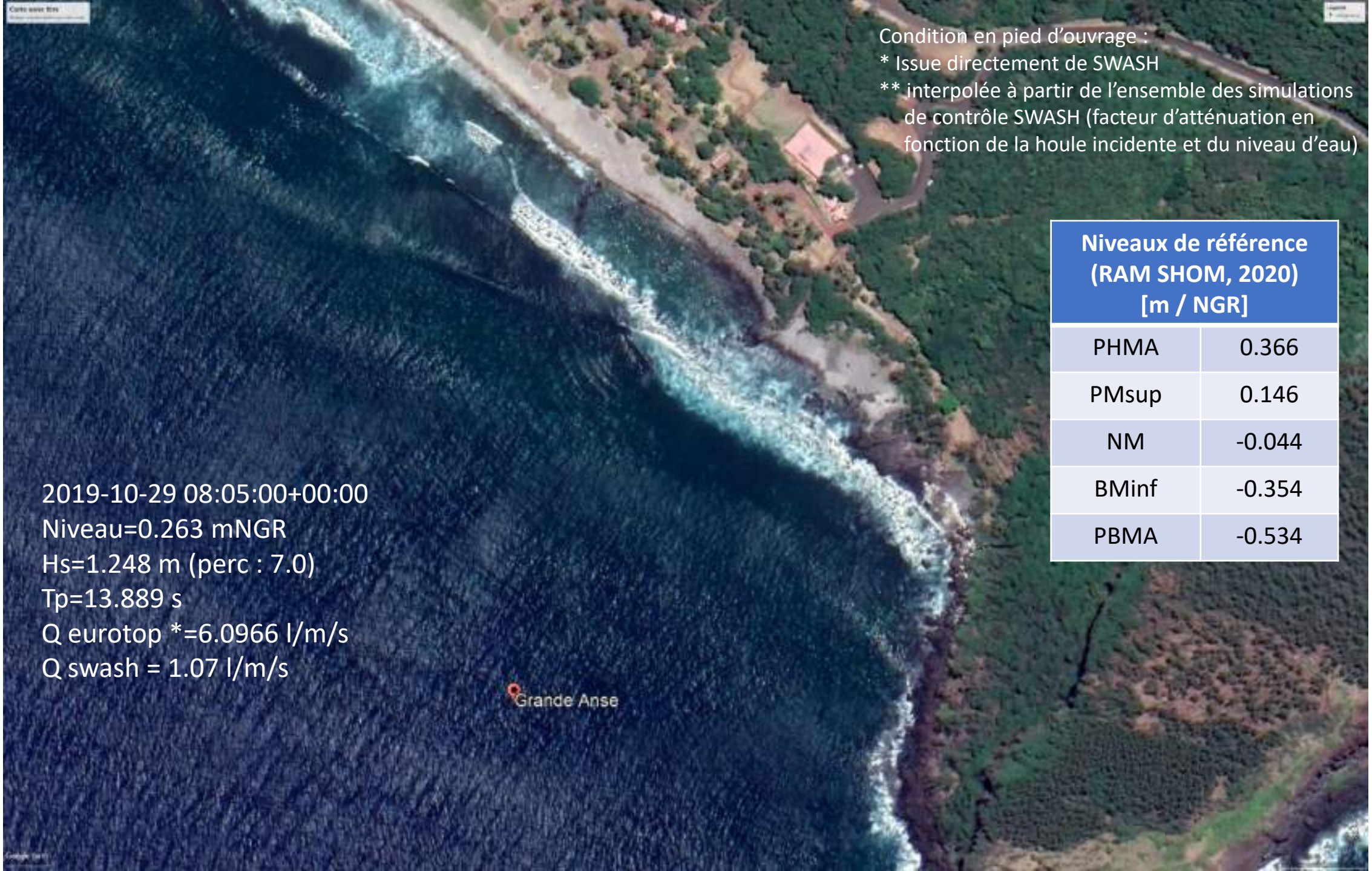
2019-08-08 07:20:00+00:00
Niveau=-0.102 mNGR
Hs=1.298 m (perc : 59.0)
Tp=11.364 s
Q eurotop lin fac =0.0002 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

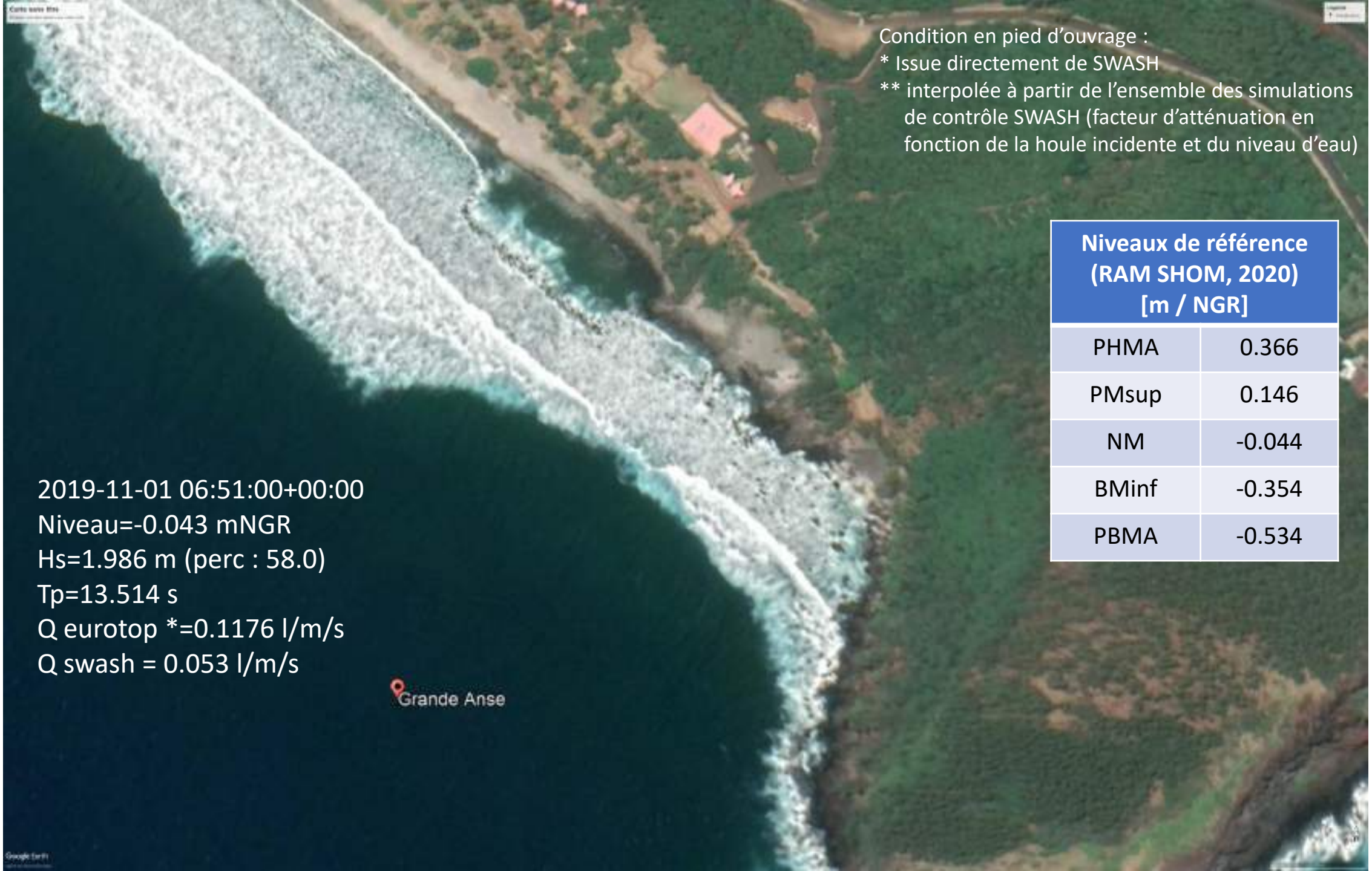
2019-08-15 07:55:00+00:00
Niveau=0.112 mNGR
Hs=2.124 m (perc : 89.0)
Tp=15.385 s
Q eurotop *=8.0118 l/m/s
Q swash = 5.12 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

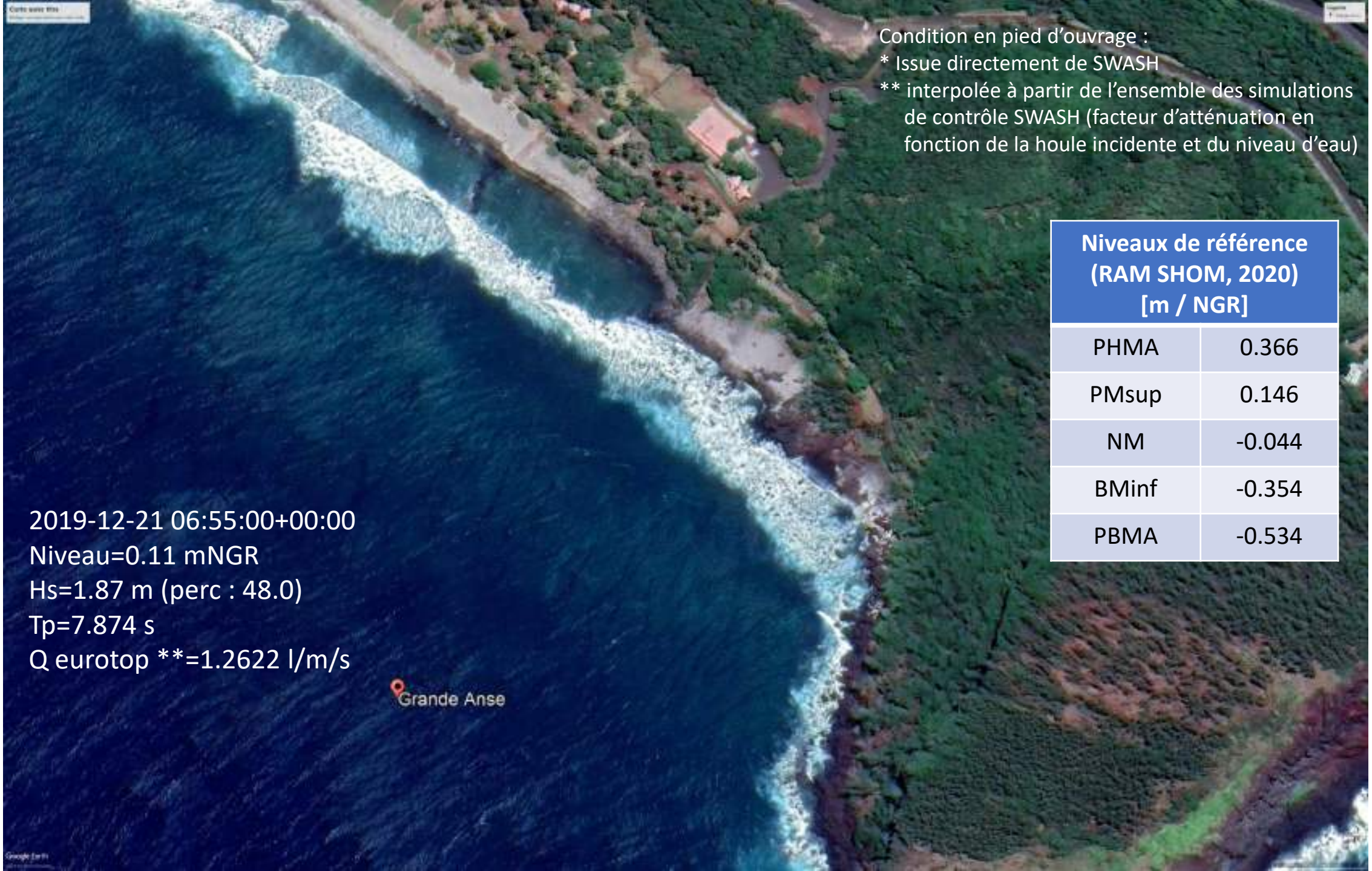
2019-10-29 08:05:00+00:00
Niveau=0.263 mNGR
Hs=1.248 m (perc : 7.0)
Tp=13.889 s
Q eurotop *=6.0966 l/m/s
Q swash = 1.07 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

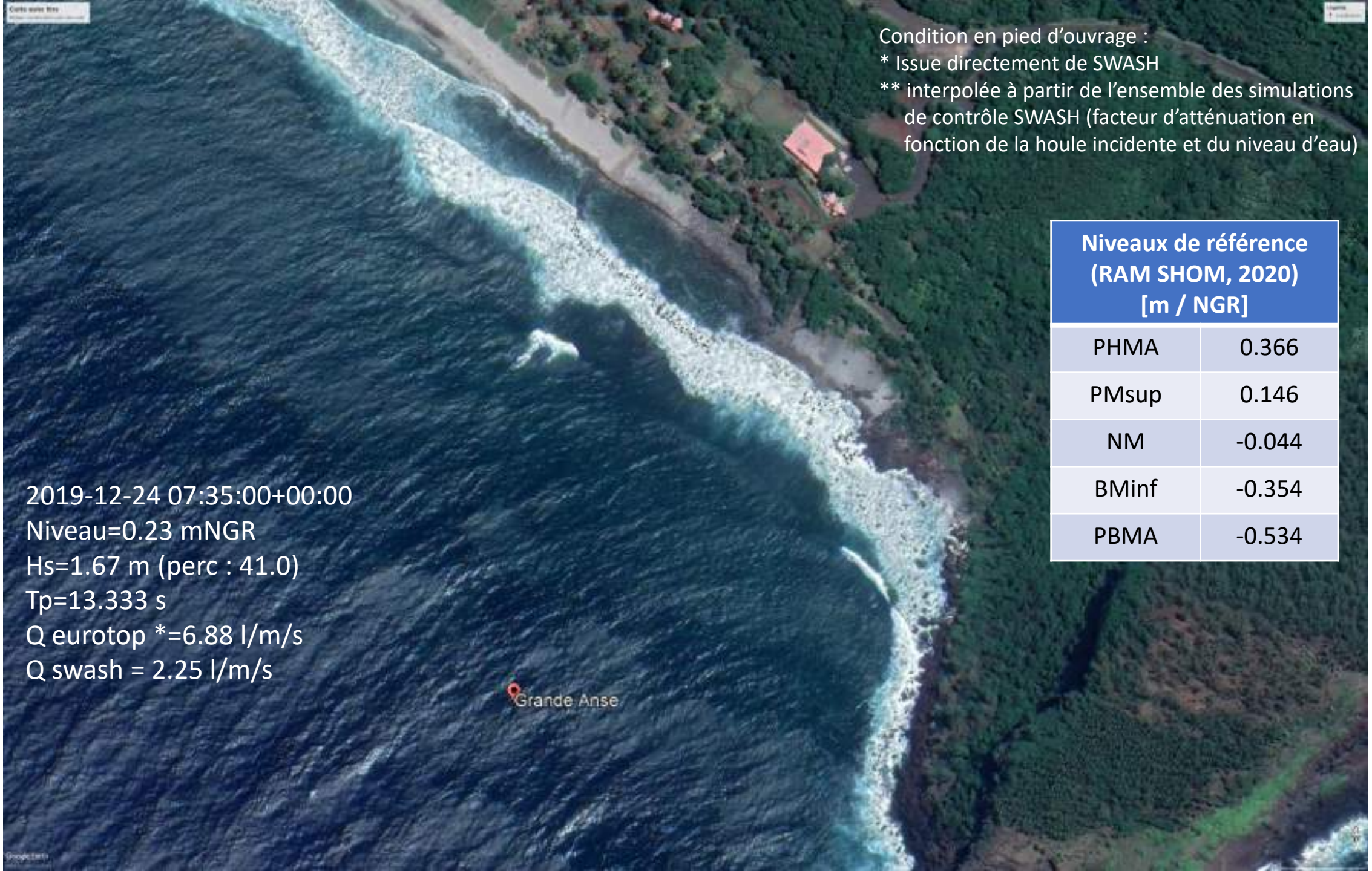
2019-11-01 06:51:00+00:00
Niveau=-0.043 mNGR
Hs=1.986 m (perc : 58.0)
Tp=13.514 s
Q eurotop *=0.1176 l/m/s
Q swash = 0.053 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2019-12-21 06:55:00+00:00
Niveau=0.11 mNGR
Hs=1.87 m (perc : 48.0)
Tp=7.874 s
Q eurotop **=1.2622 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

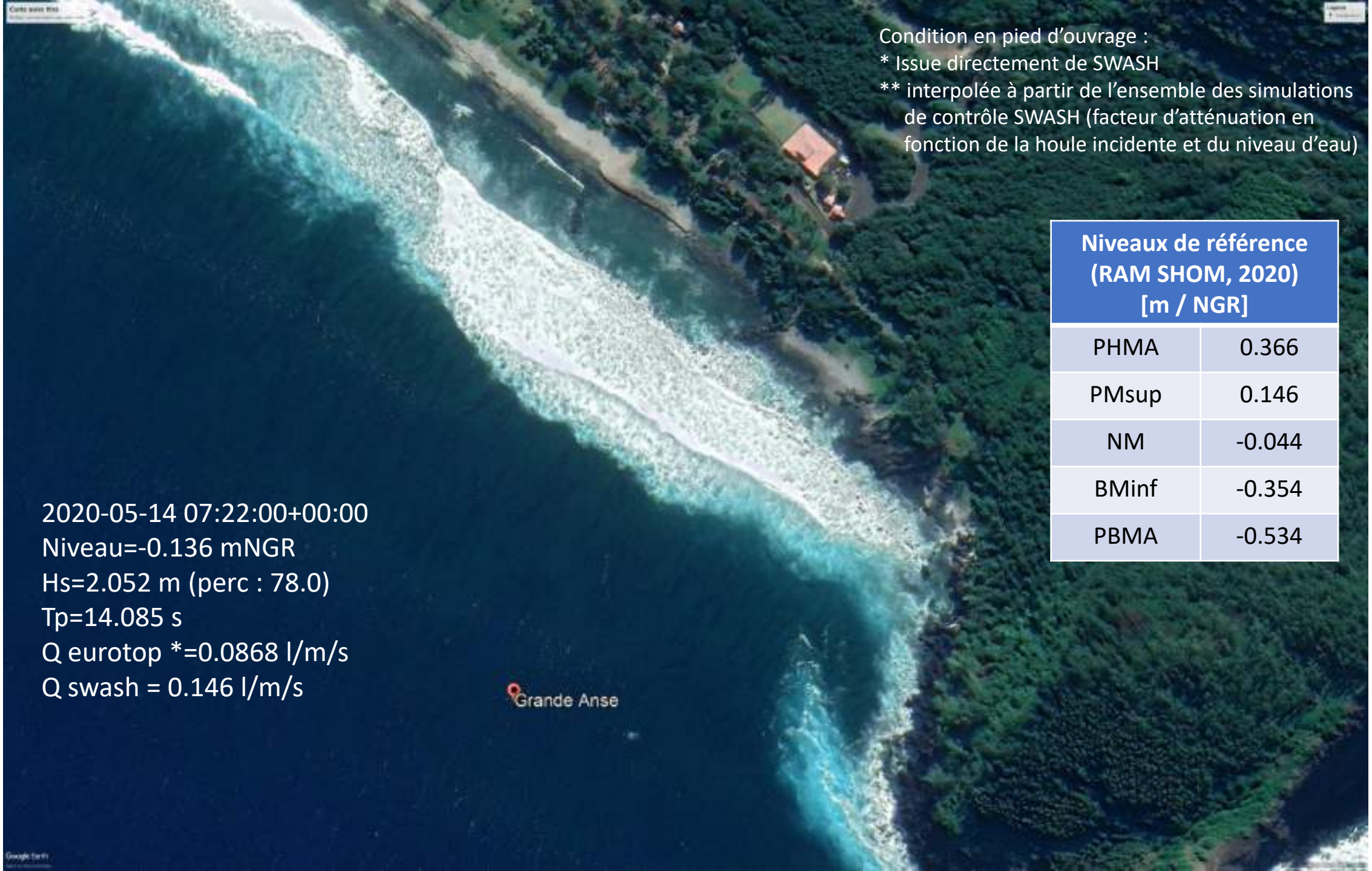
2019-12-24 07:35:00+00:00
Niveau=0.23 mNGR
Hs=1.67 m (perc : 41.0)
Tp=13.333 s
Q eurotop *=6.88 l/m/s
Q swash = 2.25 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

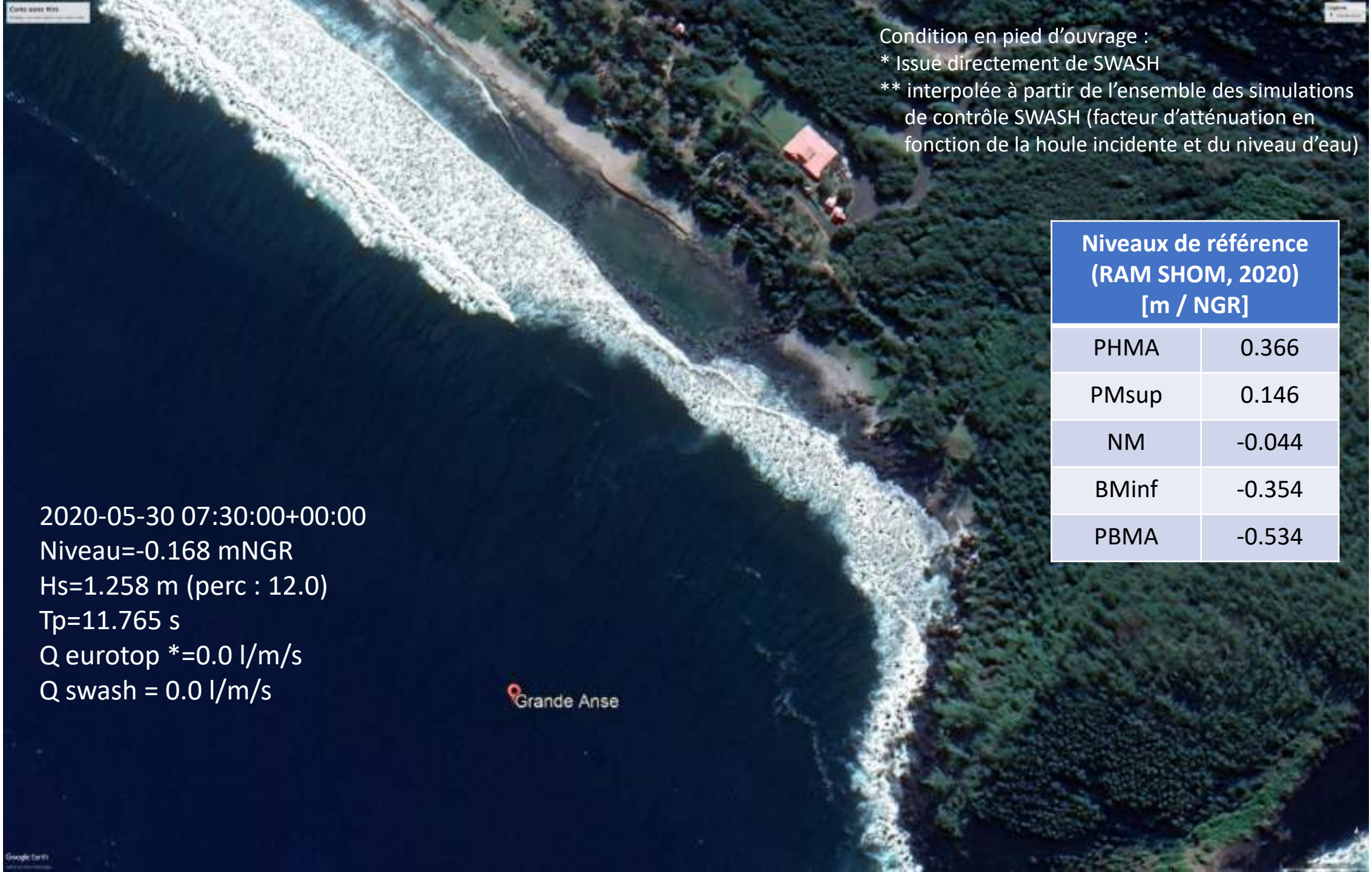
2020-04-09 07:35:00+00:00
Niveau=0.134 mNGR
Hs=1.544 m (perc : 36.0)
Tp=10.101 s
Q eurotop **=0.5879 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2020-05-14 07:22:00+00:00
Niveau=-0.136 mNGR
Hs=2.052 m (perc : 78.0)
Tp=14.085 s
Q eurotop *=0.0868 l/m/s
Q swash = 0.146 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2020-05-30 07:30:00+00:00
Niveau=-0.168 mNGR
Hs=1.258 m (perc : 12.0)
Tp=11.765 s
Q eurotop *=0.0 l/m/s
Q swash = 0.0 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

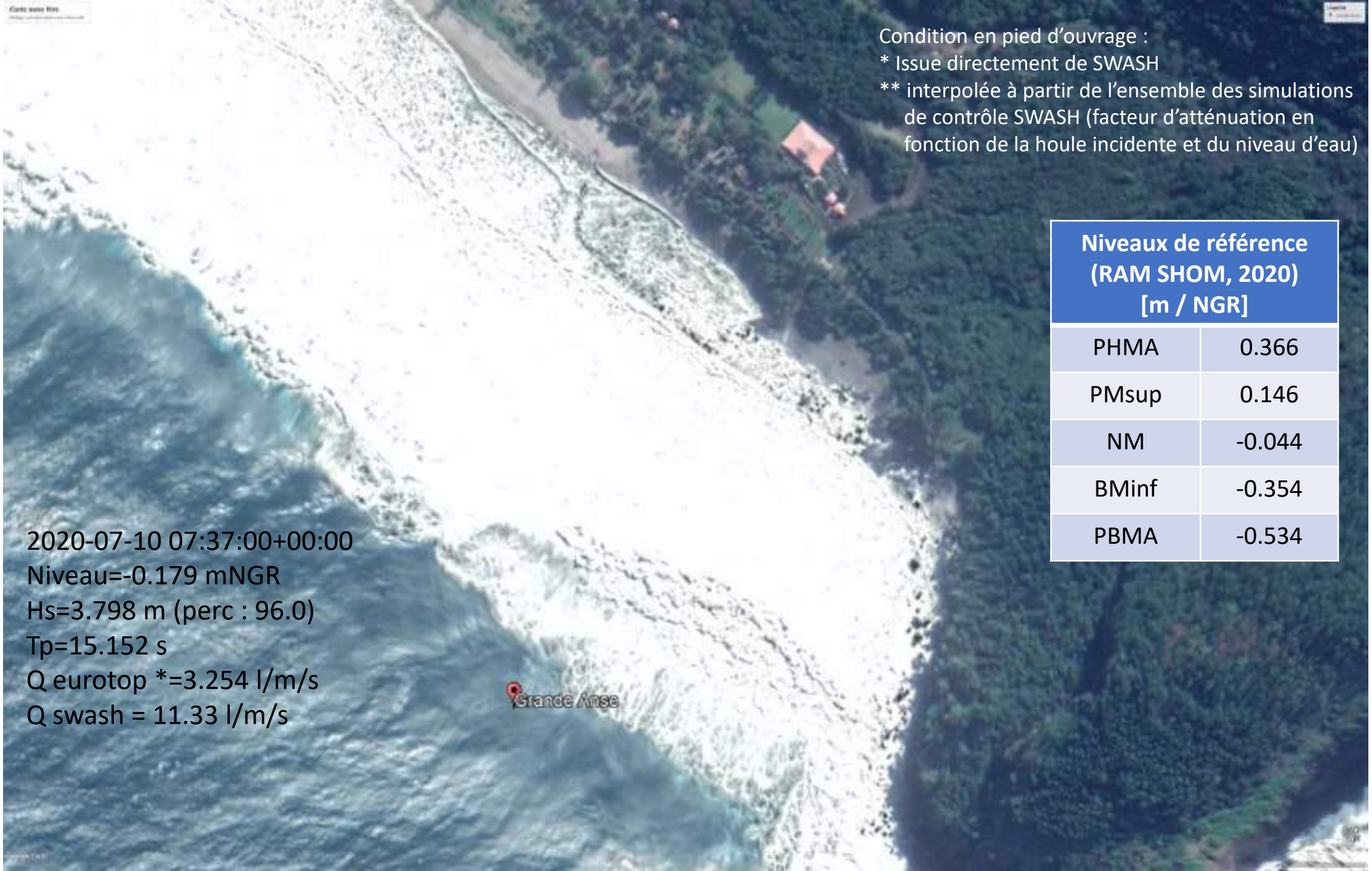
2020-05-31 07:47:00+00:00
Niveau=-0.101 mNGR
Hs=1.77 m (perc : 72.0)
Tp=15.873 s
Q eurotop *=0.246 l/m/s
Q swash = 0.18 l/m/s

Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Nuages sur Grande Anse

2020-06-18 07:35:00+00:00
Niveau=0.075 mNGR
Hs=2.508 m (perc : 97.0)
Tp=14.493 s
Q eurotop *=5.2095 l/m/s
Q swash = 5.425 l/m/s

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2020-07-10 07:37:00+00:00
Niveau=-0.179 mNGR
Hs=3.798 m (perc : 96.0)
Tp=15.152 s
Q eurotop *=3.254 l/m/s
Q swash = 11.33 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

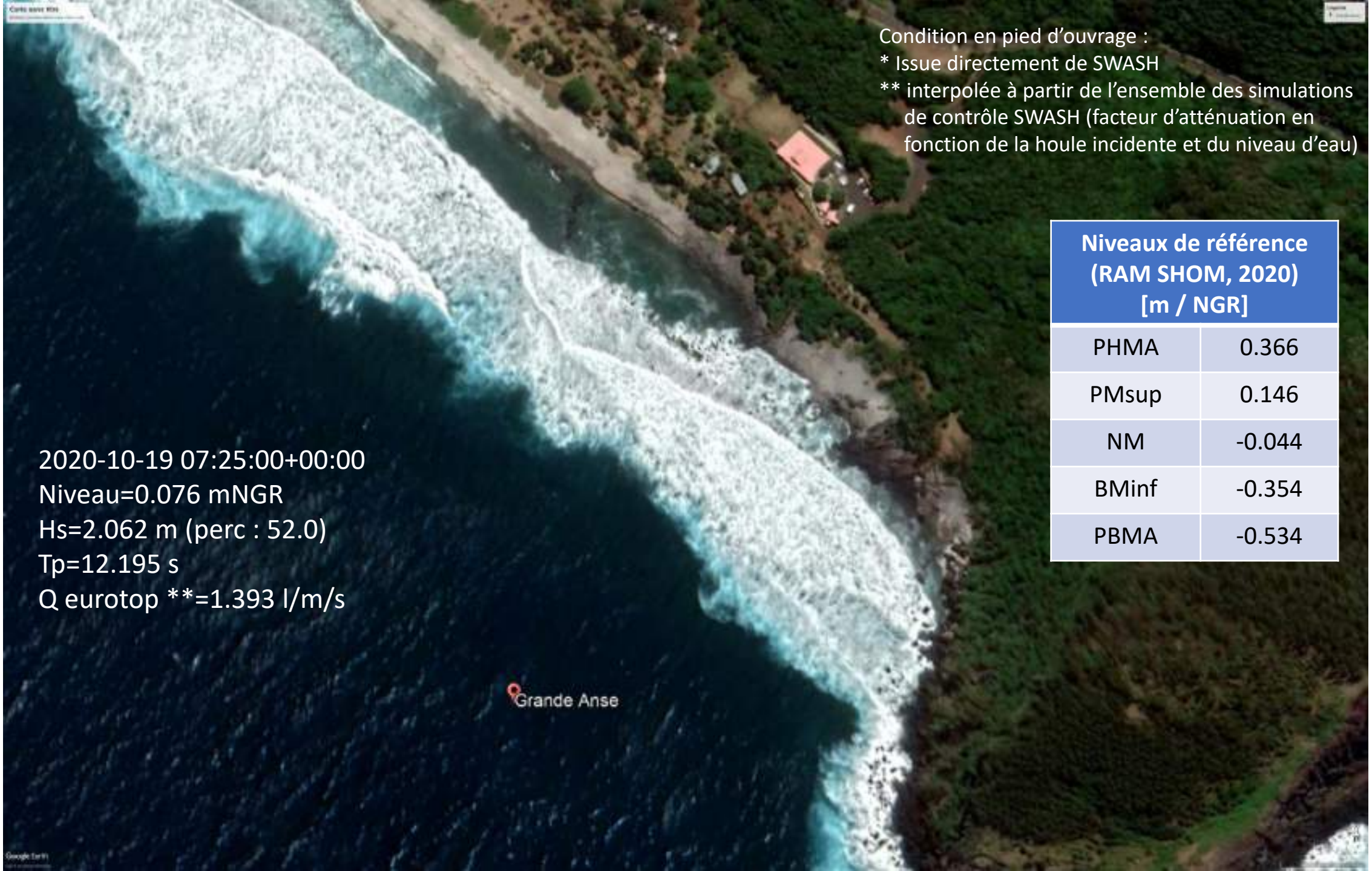
2020-08-27 07:37:00+00:00
Niveau=-0.012 mNGR
Hs=1.796 m (perc : 36.0)
Tp=13.889 s
Q eurotop **=0.0575 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2020-09-24 07:30:00+00:00
Niveau=-0.026 mNGR
Hs=2.01 m (perc : 73.0)
Tp=13.514 s
Q eurotop **=0.16 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

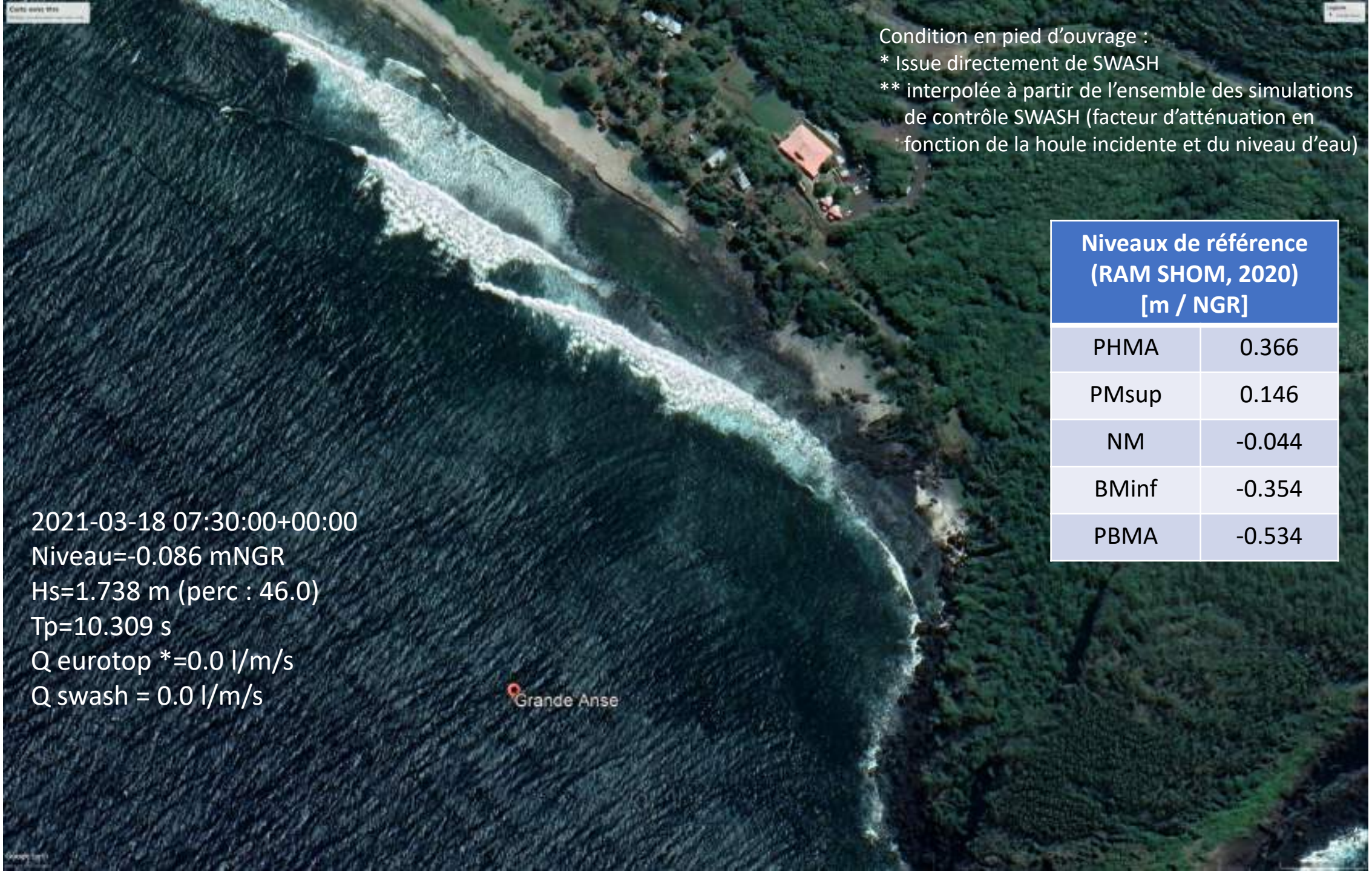
2020-10-19 07:25:00+00:00
Niveau=0.076 mNGR
Hs=2.062 m (perc : 52.0)
Tp=12.195 s
Q eurotop **=1.393 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

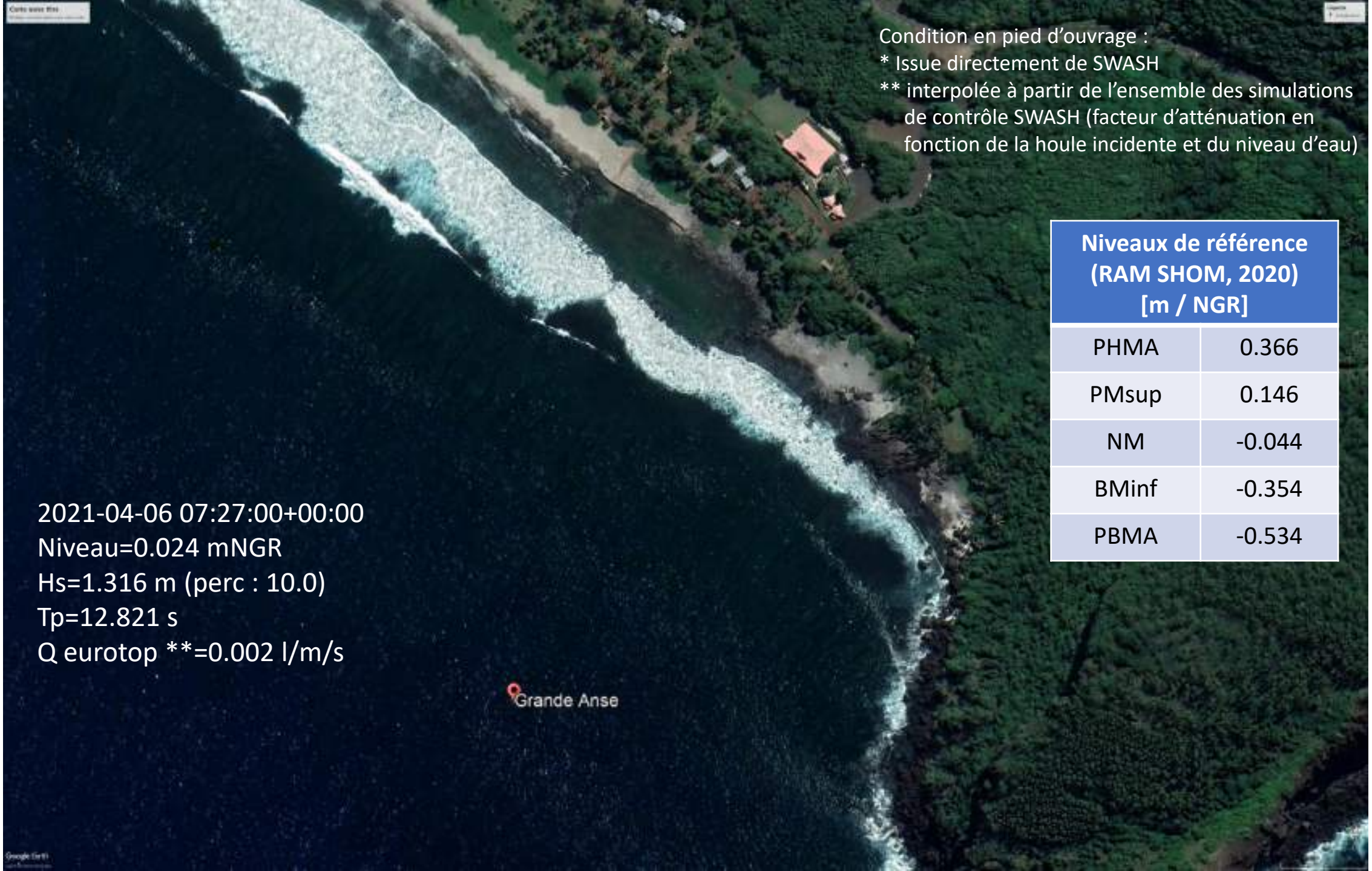
2020-11-04 07:30:00+00:00
Niveau=0.082 mNGR
Hs=1.556 m (perc : 30.0)
Tp=11.364 s
Q eurotop **=0.3675 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

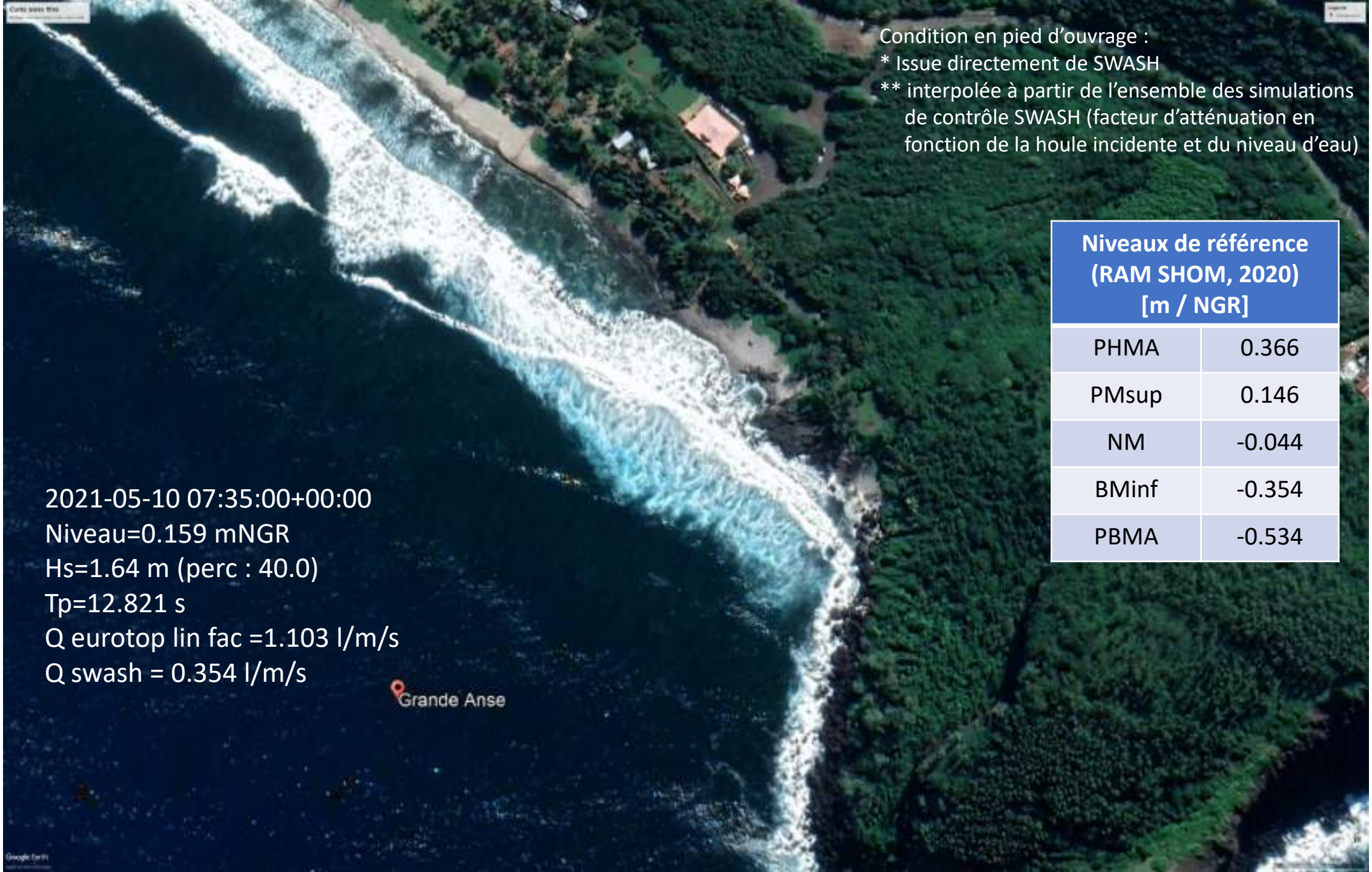
2021-03-18 07:30:00+00:00
Niveau=-0.086 mNGR
Hs=1.738 m (perc : 46.0)
Tp=10.309 s
Q eurotop *=0.0 l/m/s
Q swash = 0.0 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

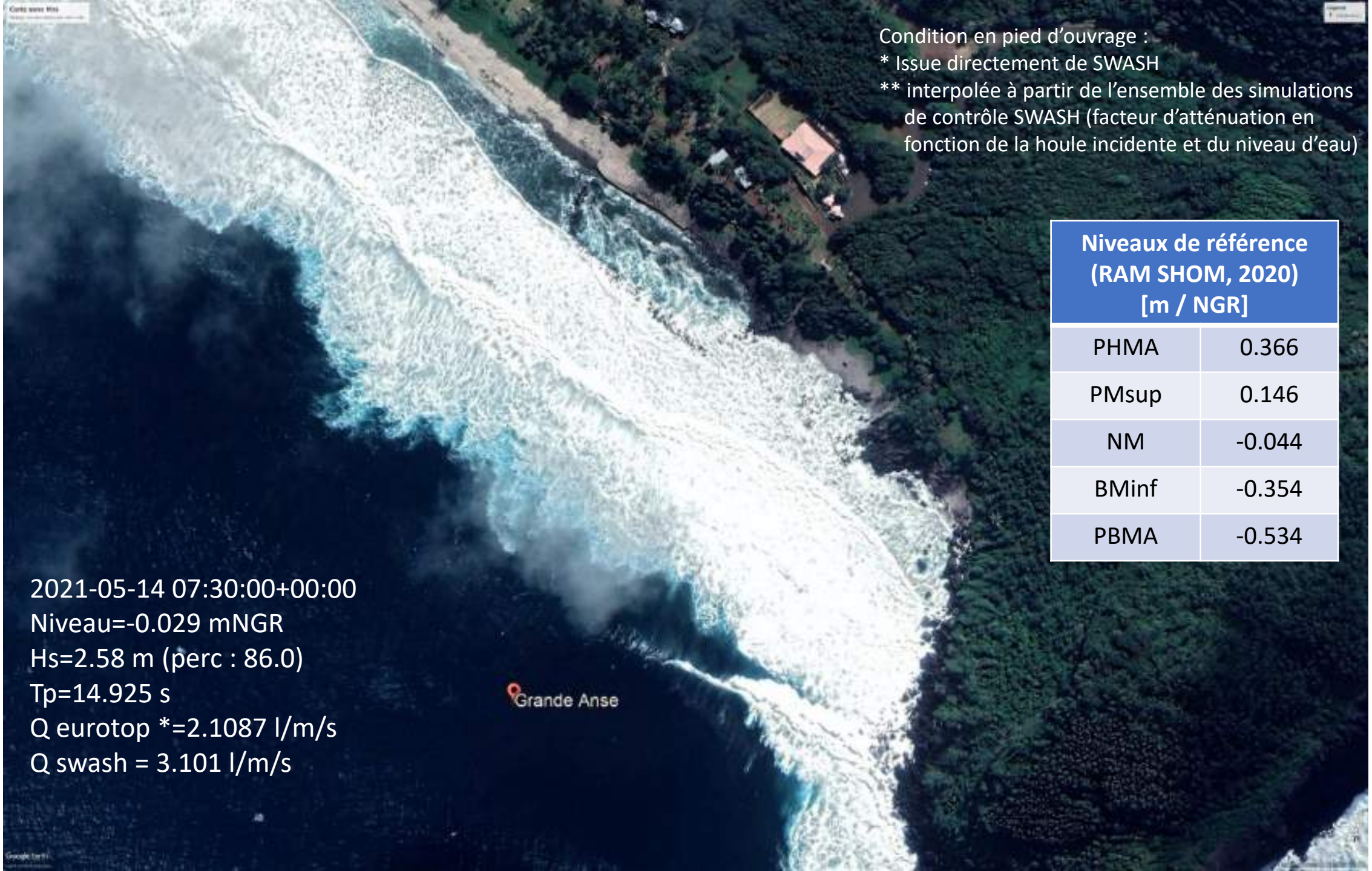
2021-04-06 07:27:00+00:00
Niveau=0.024 mNGR
Hs=1.316 m (perc : 10.0)
Tp=12.821 s
Q eurotop **=0.002 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

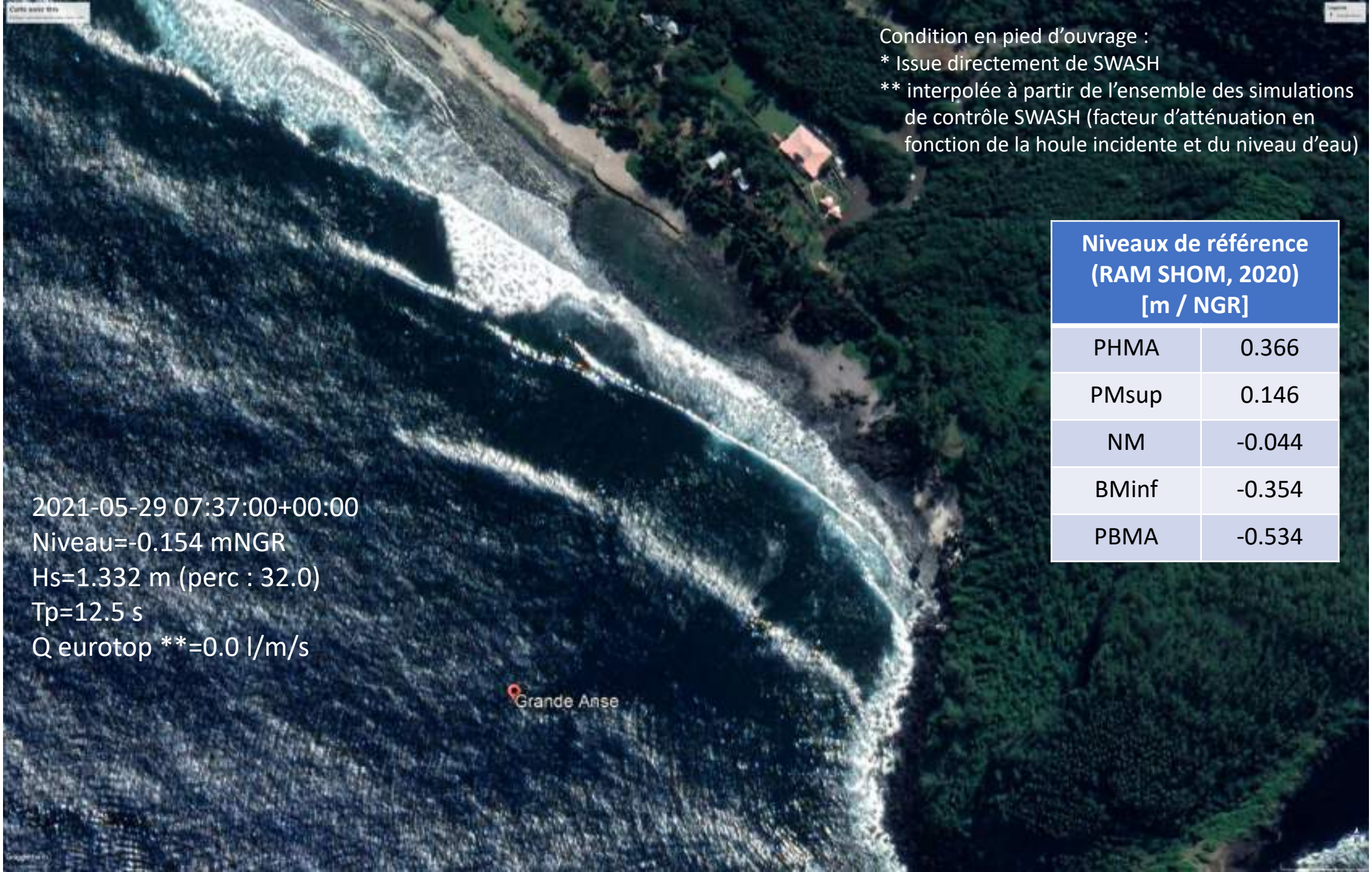
2021-05-10 07:35:00+00:00
Niveau=0.159 mNGR
Hs=1.64 m (perc : 40.0)
Tp=12.821 s
Q eurotop lin fac =1.103 l/m/s
Q swash = 0.354 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

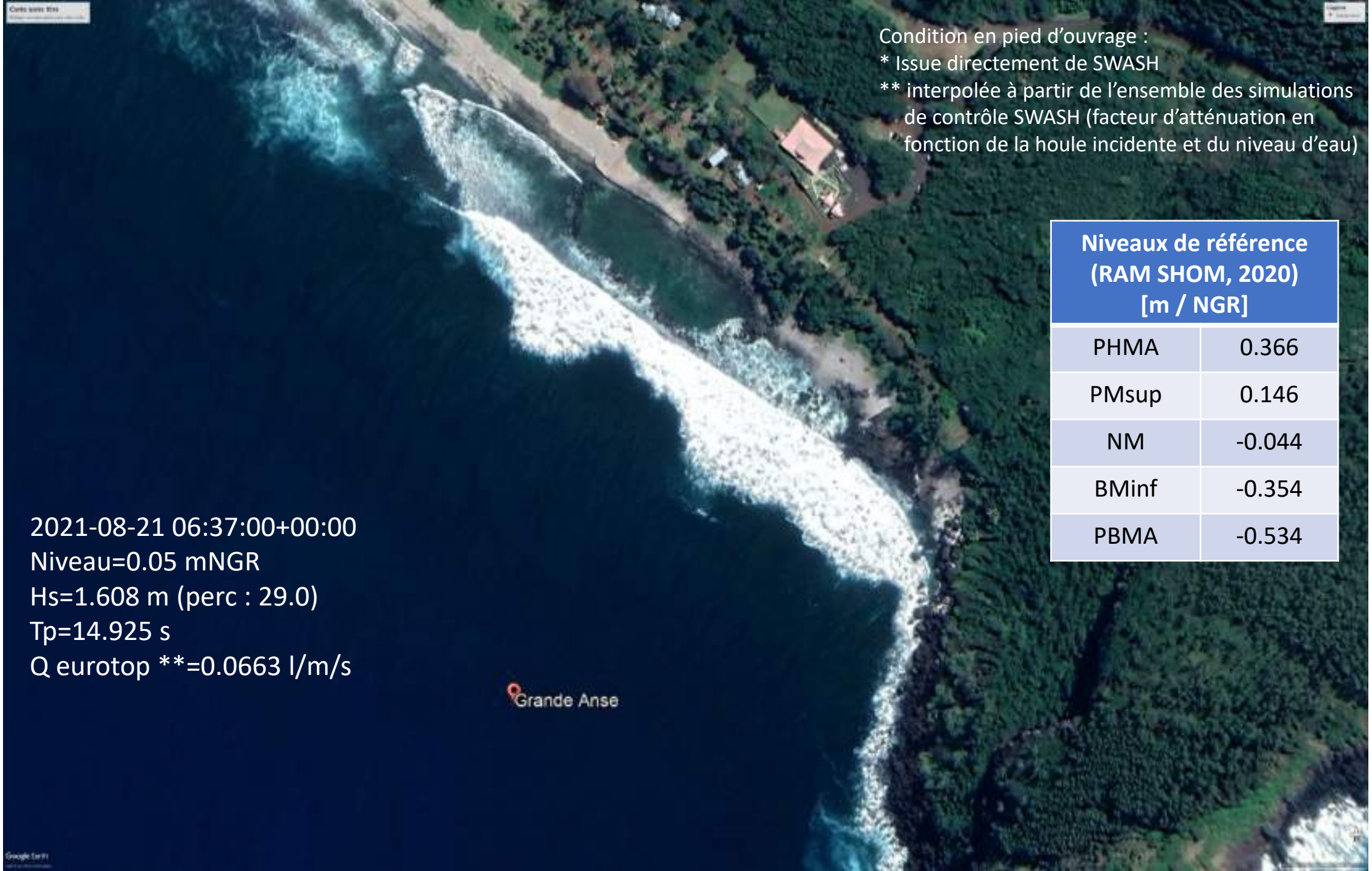
2021-05-14 07:30:00+00:00
Niveau=-0.029 mNGR
Hs=2.58 m (perc : 86.0)
Tp=14.925 s
Q eurotop *=2.1087 l/m/s
Q swash = 3.101 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

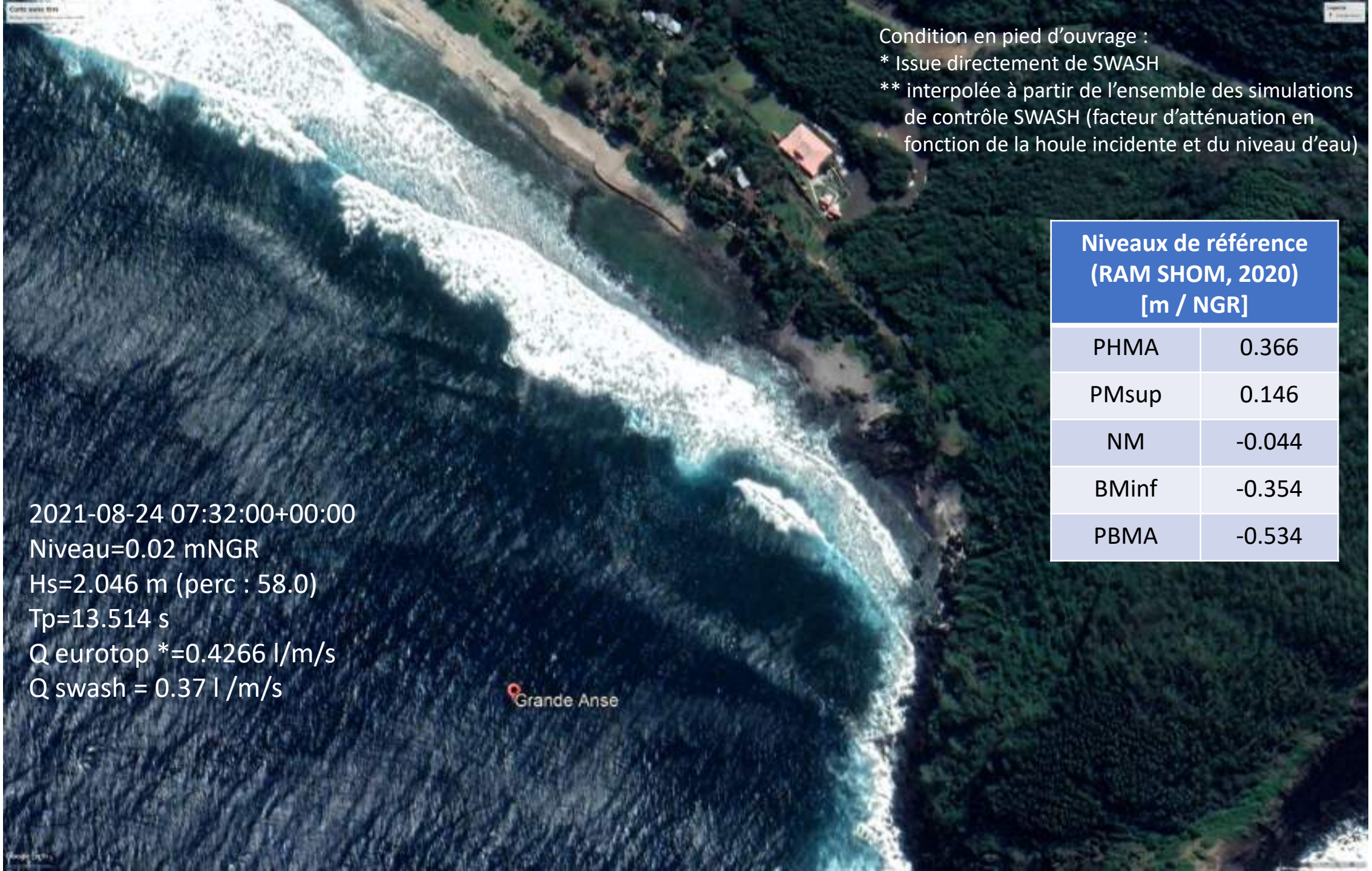
2021-05-29 07:37:00+00:00
Niveau=-0.154 mNGR
Hs=1.332 m (perc : 32.0)
Tp=12.5 s
Q eurotop **=0.0 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

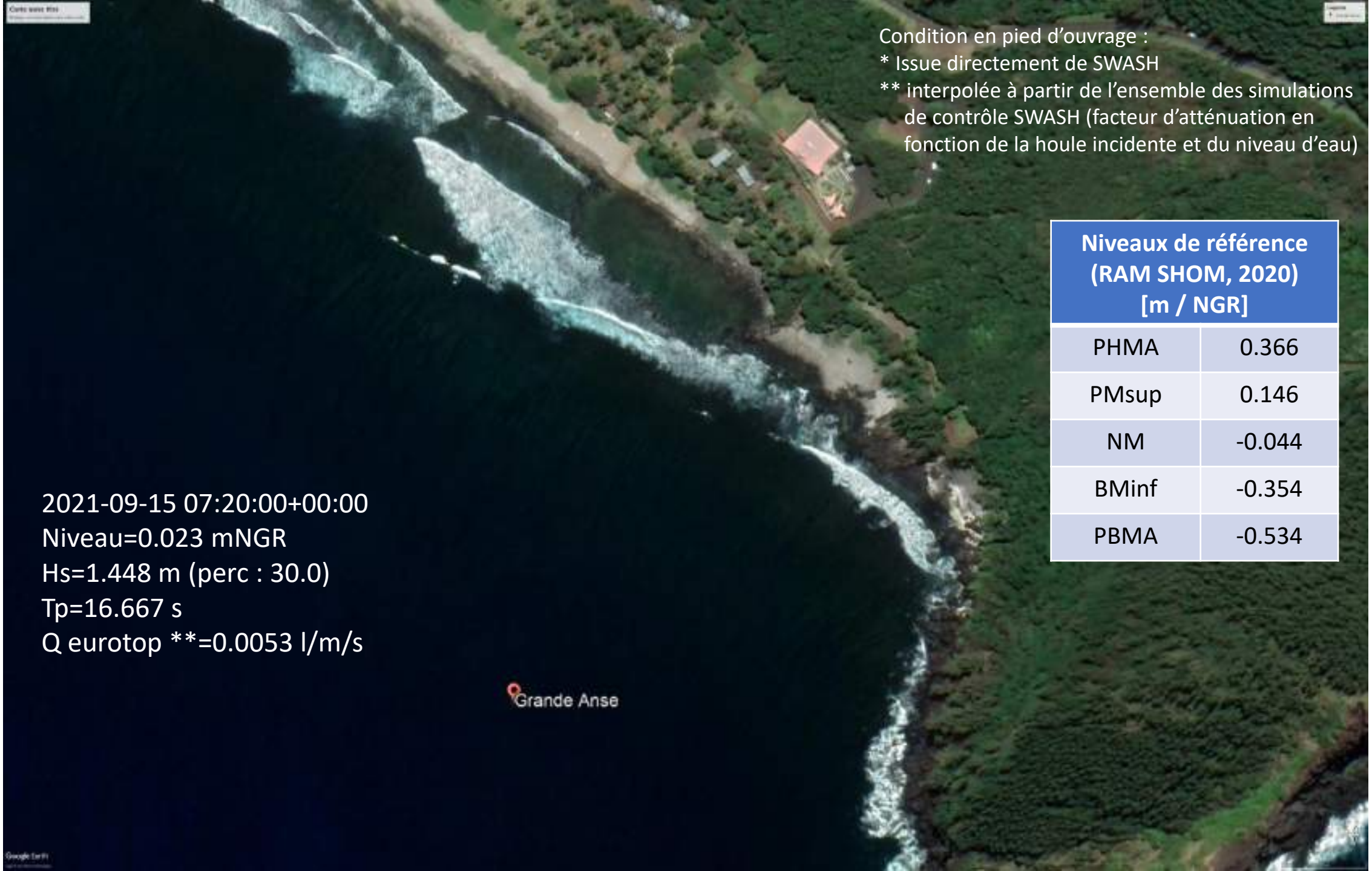
2021-08-21 06:37:00+00:00
Niveau=0.05 mNGR
Hs=1.608 m (perc : 29.0)
Tp=14.925 s
Q eurotop **=0.0663 l/m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2021-08-24 07:32:00+00:00
Niveau=0.02 mNGR
Hs=2.046 m (perc : 58.0)
Tp=13.514 s
Q eurotop *=0.4266 l/m/s
Q swash = 0.37 l /m/s



Condition en pied d'ouvrage :
* Issue directement de SWASH
** interpolée à partir de l'ensemble des simulations de contrôle SWASH (facteur d'atténuation en fonction de la houle incidente et du niveau d'eau)

Niveaux de référence (RAM SHOM, 2020) [m / NGR]	
PHMA	0.366
PMsup	0.146
NM	-0.044
BMinf	-0.354
PBMA	-0.534

2021-09-15 07:20:00+00:00
Niveau=0.023 mNGR
Hs=1.448 m (perc : 30.0)
Tp=16.667 s
Q eurotop **=0.0053 l/m/s

Annexe B

volume de bassin vs. volume tidal

Estimations des temps de renouvellement des eaux

Comparaison du rapport vol_{bassin}/vol_{tidal} pour les 2 bassins Possession et Grande Anse sans vagues

$Vol_{bassin\ Possession}$ = 857 m3 p/r au niveau 0 m NGR
$Vol_{bassin\ Grande\ Anse}$ = 5454 m3 p/r au niveau 0 m NGR

Avec vol_{tidal} le prisme tidal

$Surf_{bassin\ Possession}$ = 880 m² jusqu'au niveau 0 m NGR
$Surf_{bassin\ Grande\ Anse}$ = 8870 m² jusqu'au niveau 0 m NGR

$Prof_{bassin\ Possession}$ = -1,01 m jusqu'au niveau 0 m NGR
$Prof_{bassin\ Grande\ Anse}$ = -0,61 m jusqu'au niveau 0 m NGR

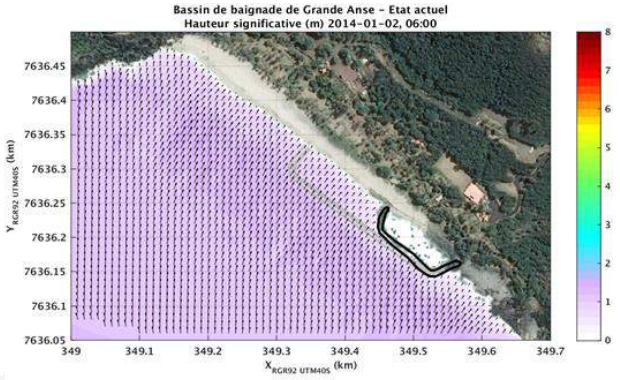
- En Mortes-eaux, $vol_{tidal\ Possession} = \Delta h * Surf_{bassin\ Possession} = 0,15 * 880 = 132$ m3
  $vol_{tidal\ Grande\ Anse} = \Delta h * Surf_{bassin\ Grande\ Anse} = 0,15 * 8870 = 1330$ m3
  → vol_{bassin}/vol_{tidal} = 6,49 à la Possession
  → vol_{bassin}/vol_{tidal} = 4,10 à Grande Anse
- En marée moyenne, $vol_{tidal\ Possession} = \Delta h * Surf_{bassin\ Possession} = 0,45 * 880 = 396$ m3
  $vol_{tidal\ Grande\ Anse} = \Delta h * Surf_{bassin\ Grande\ Anse} = 0,45 * 8870 = 3992$ m3
  → vol_{bassin}/vol_{tidal} = 2,16 à la Possession
  → vol_{bassin}/vol_{tidal} = 1,36 à Grande Anse
- En Vives-eaux, $vol_{tidal\ Possession} = \Delta h * Surf_{bassin\ Possession} = 0,7 * 880 = 616$ m3
  $vol_{tidal\ Grande\ Anse} = \Delta h * Surf_{bassin\ Grande\ Anse} = 0,7 * 8870 = 6209$ m3
  → vol_{bassin}/vol_{tidal} = 1,39 à la Possession
  → vol_{bassin}/vol_{tidal} = 0,87 à Grande Anse

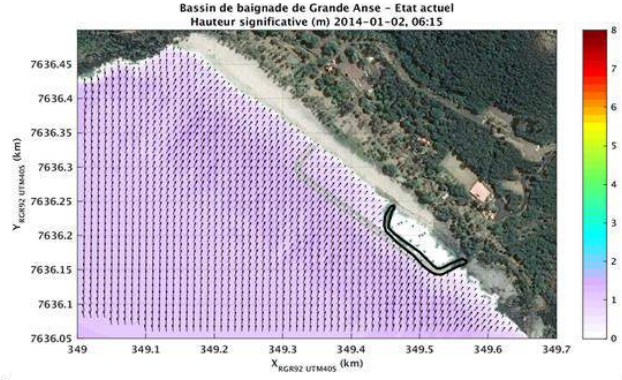
➔ **Le ratio vol_{bassin}/vol_{tidal} est 1,5 fois supérieur à La Possession qu'à Grande Anse.**

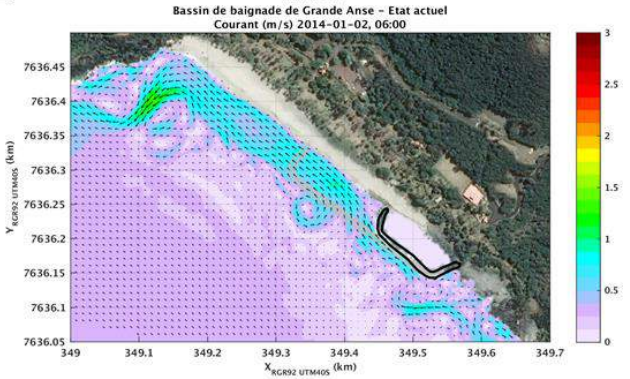
Annexe C1

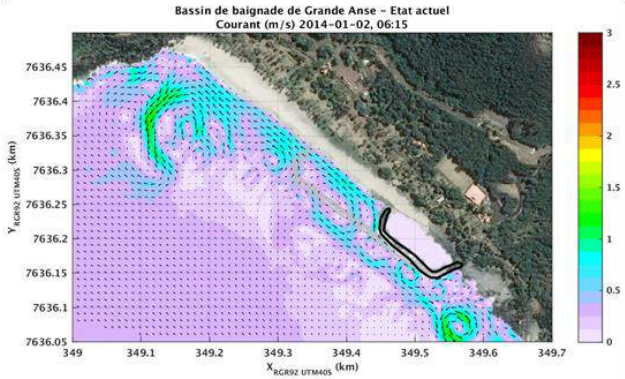
Hydrodynamisme dans la (Grande-) Anse

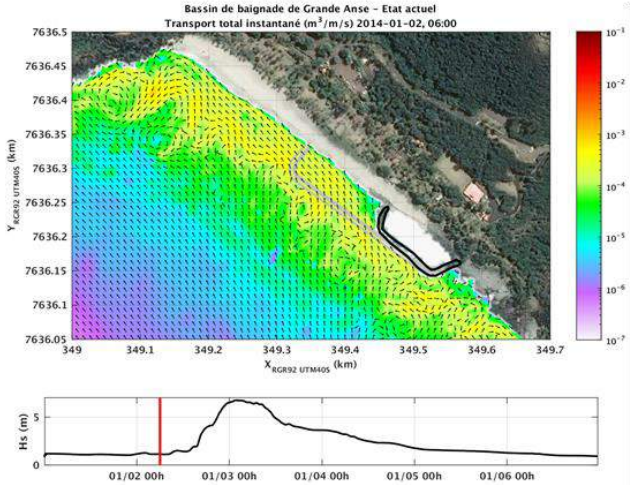
Résultats des modélisations Actimar (2018/2019)

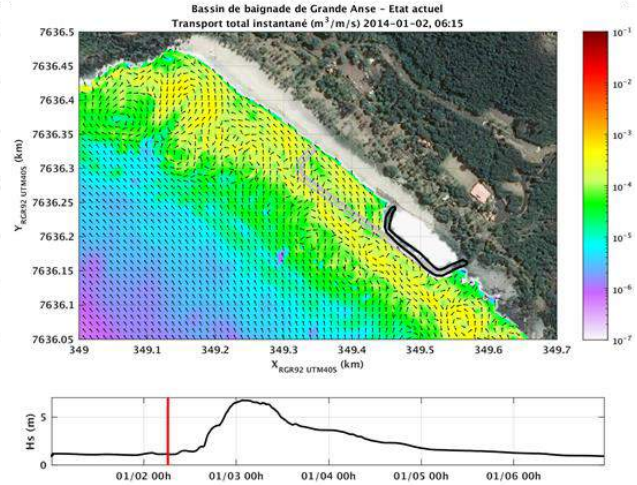

Bassin de baignade de Grande Anse - Etat actuel
Hauteur significative (m) 2014-01-02, 06:00
$Y_{RGR92\ UTM40S}$ (km)
$X_{RGR92\ UTM40S}$ (km)

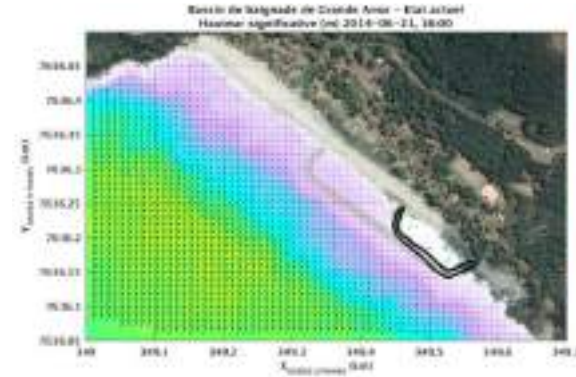

Bassin de baignade de Grande Anse - Etat actuel
Hauteur significative (m) 2014-01-02, 06:15
$Y_{RGR92\ UTM40S}$ (km)
$X_{RGR92\ UTM40S}$ (km)

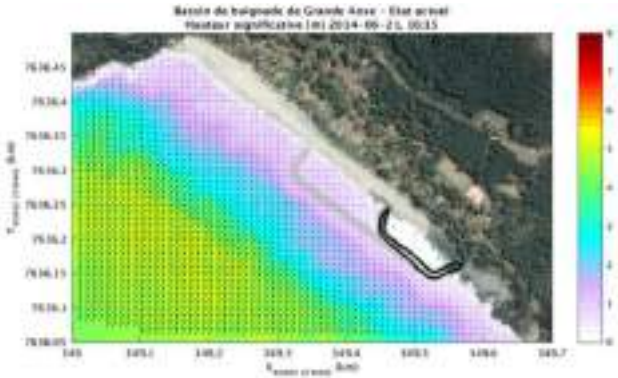

Bassin de baignade de Grande Anse - Etat actuel
Courant (m/s) 2014-01-02, 06:00
$Y_{RGR92\ UTM40S}$ (km)
$X_{RGR92\ UTM40S}$ (km)

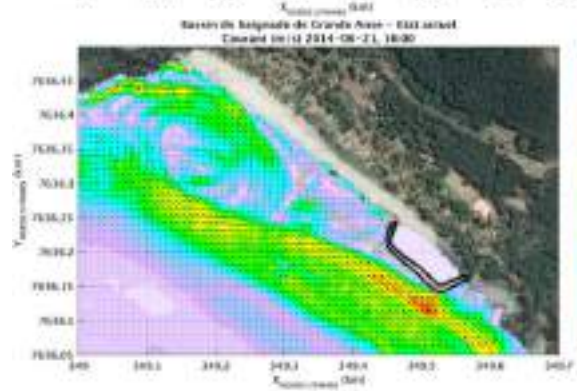

Bassin de baignade de Grande Anse - Etat actuel
Courant (m/s) 2014-01-02, 06:15
$Y_{RGR92\ UTM40S}$ (km)
$X_{RGR92\ UTM40S}$ (km)

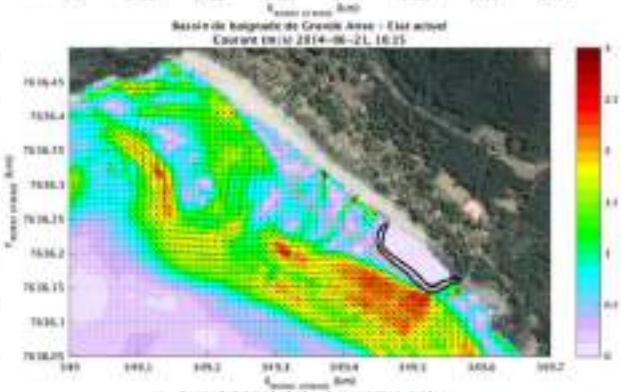

Bassin de baignade de Grande Anse - Etat actuel
Transport total instantané (m^3/m/s) 2014-01-02, 06:00
$Y_{RGR92\ UTM40S}$ (km)
$X_{RGR92\ UTM40S}$ (km)
Hs (m)
01/02 00h
01/03 00h
01/04 00h
01/05 00h
01/06 00h

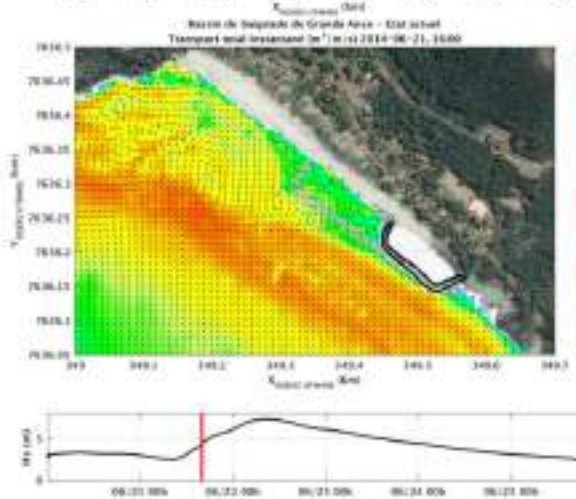

Bassin de baignade de Grande Anse - Etat actuel
Transport total instantané (m^3/m/s) 2014-01-02, 06:15
$Y_{RGR92\ UTM40S}$ (km)
$X_{RGR92\ UTM40S}$ (km)
Hs (m)
01/02 00h
01/03 00h
01/04 00h
01/05 00h
01/06 00h

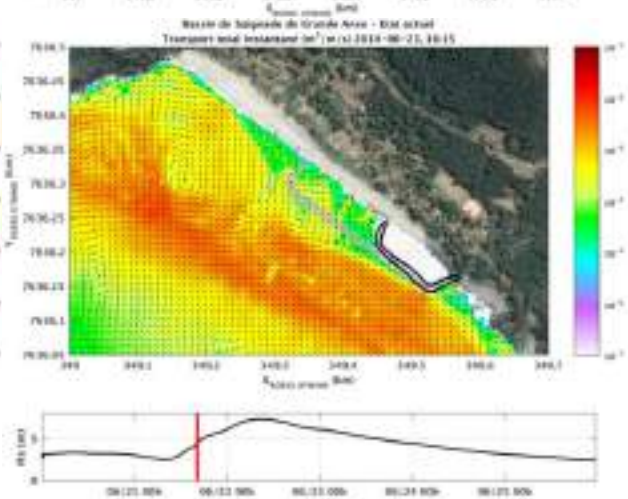








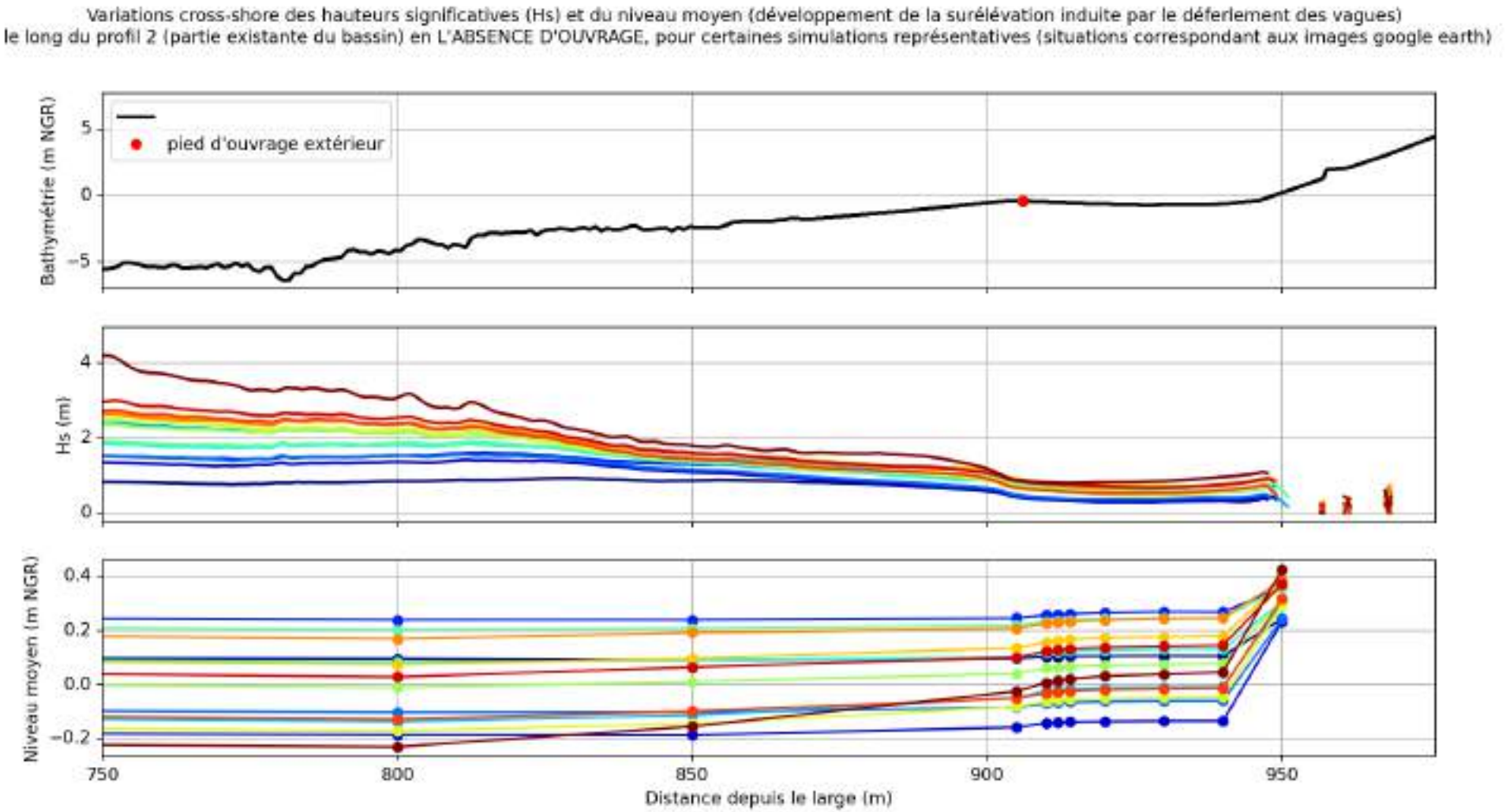




Annexe C2

Hydrodynamisme dans la (Grande-) Anse
Conditions de set-up en l’absence d’ouvrage
(modélisation Swash)

Analyse de la surélévation induite par le déferlement des vagues en l'absence d'ouvrage

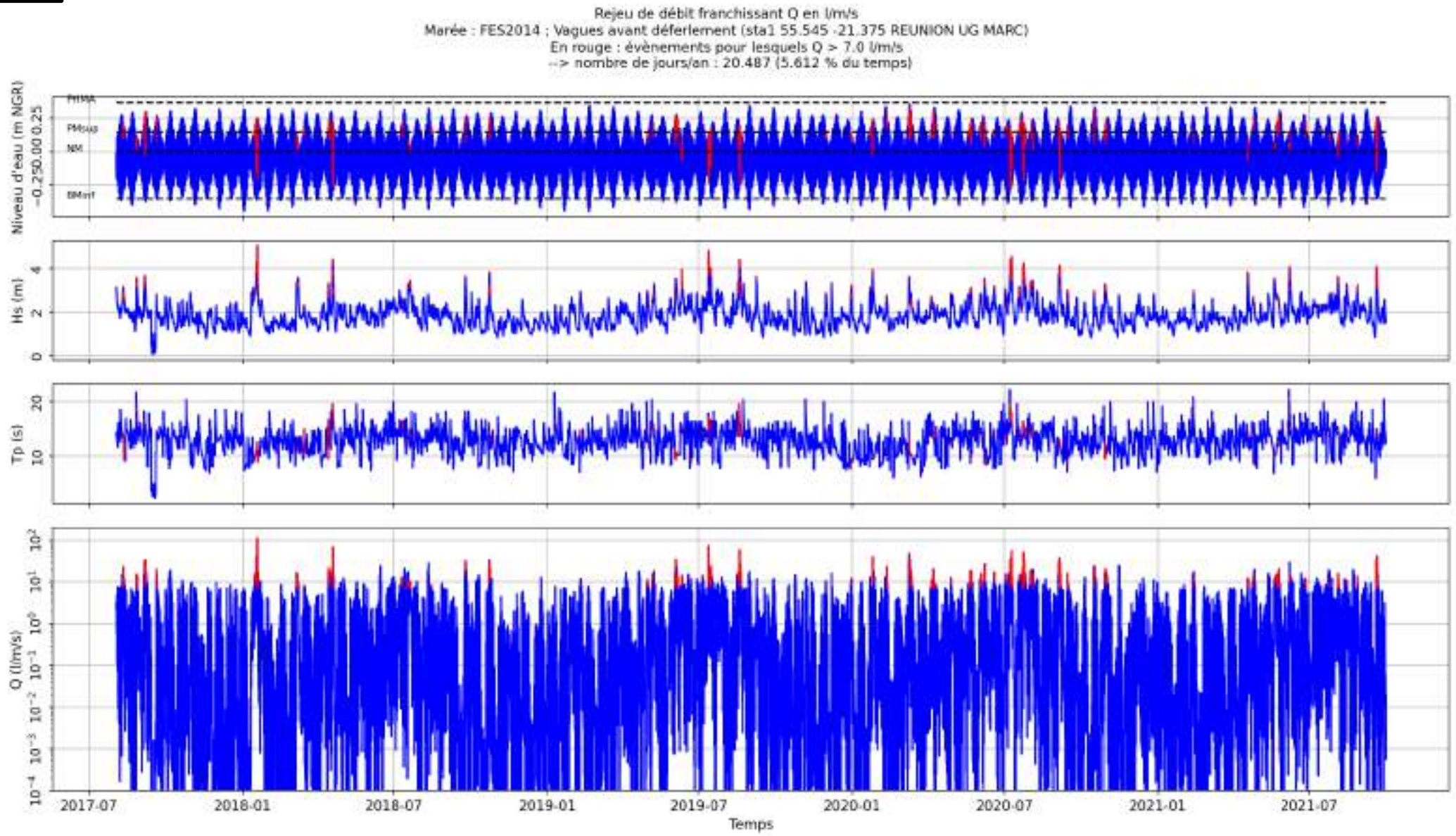


« Wave setup » en pied d'ouvrage :
- Valeur maximale de 0.2 m à marée basse pour des vagues incidentes de 3.8 m et 15 s
- Généralement inférieure à 0.1 m quand le niveau d'eau est supérieur à 0 m NGR

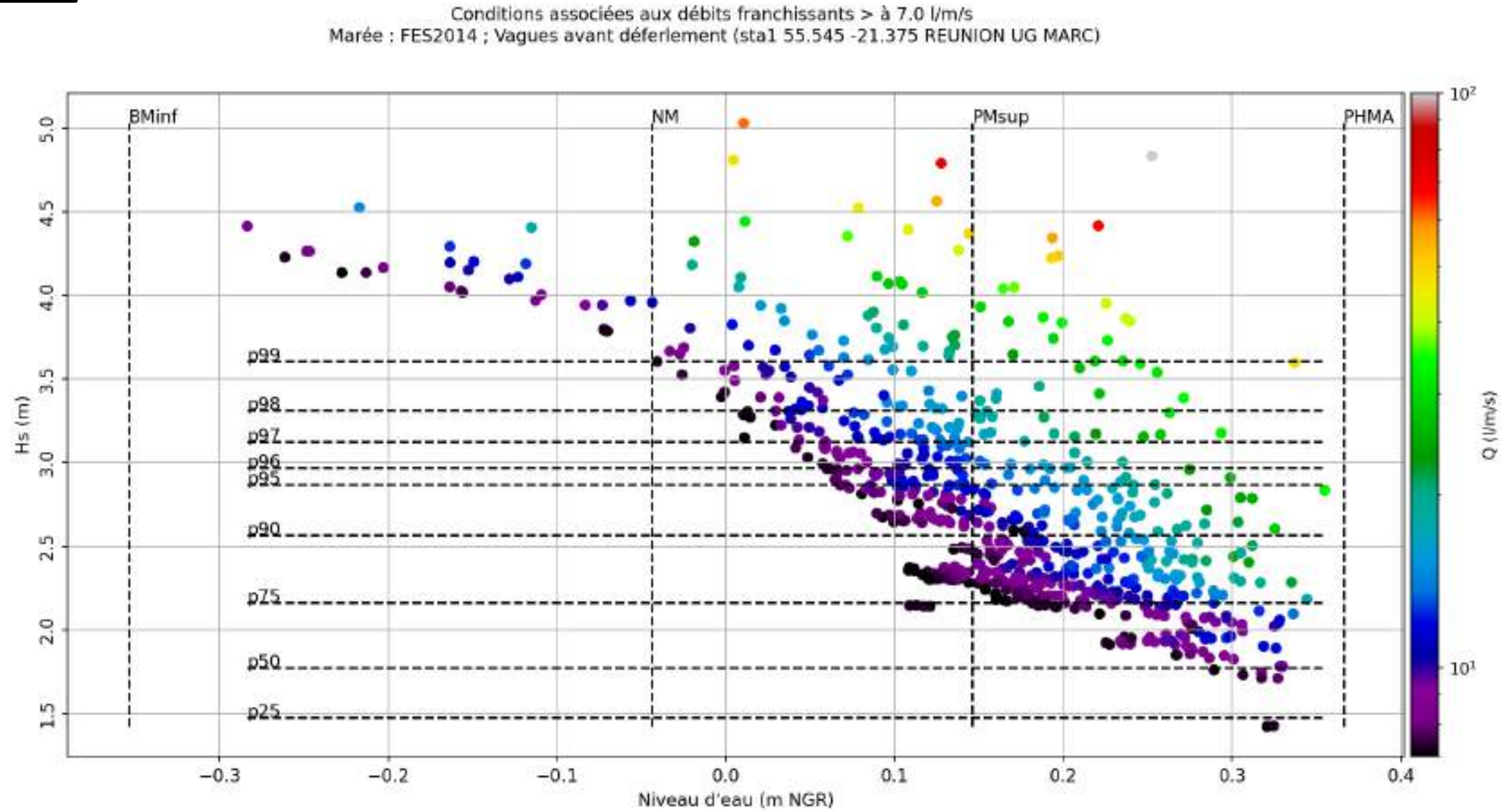
Annexe D

- Rejeu de débits franchissants sur la période 2017 2021 à partir de l'Eurotop
- Analyse des conditions de dépassement de seuils de débits franchissants de 3, 5 et 7 l/m/s

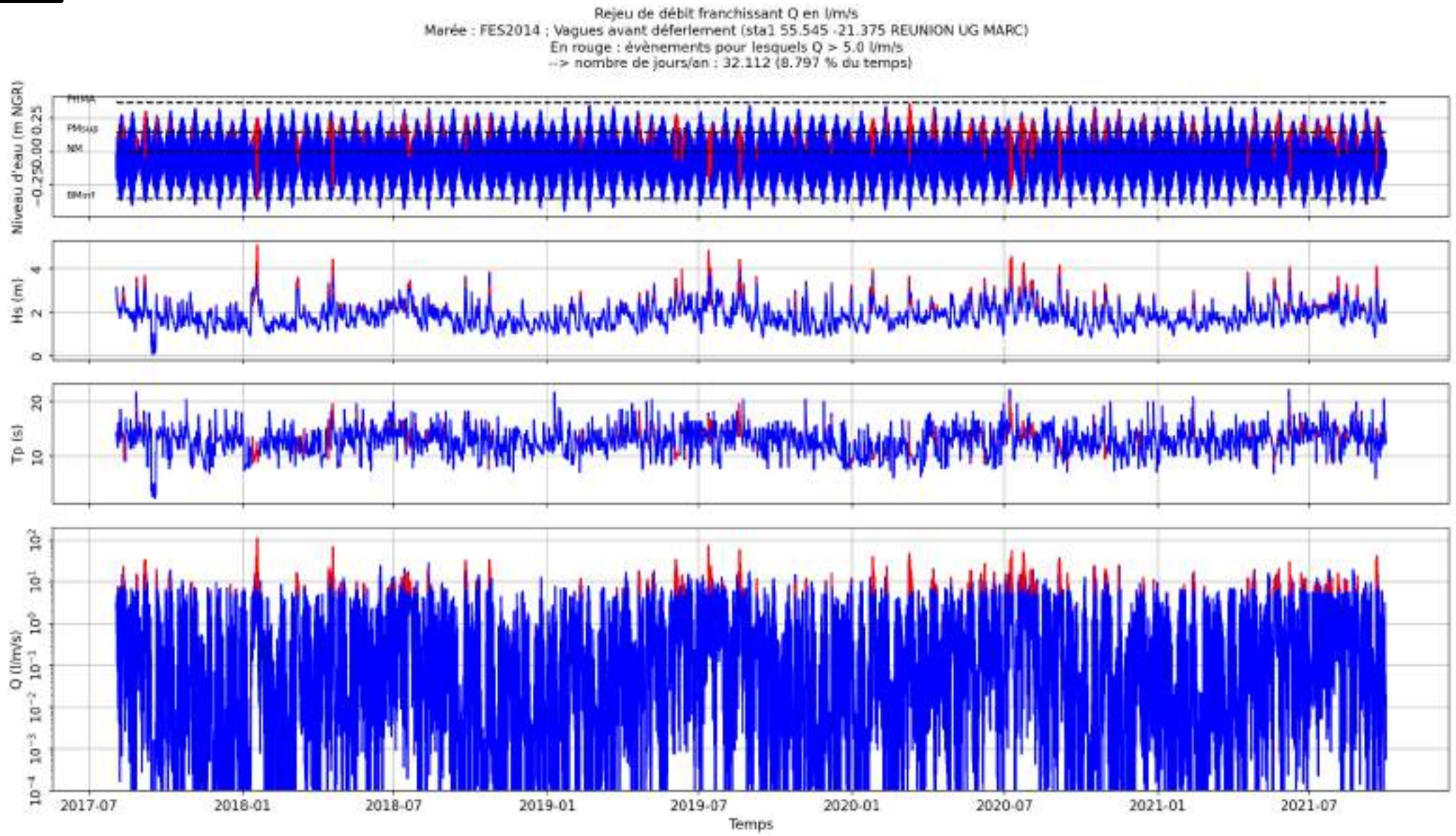
Q seuil de 7 l/m/s



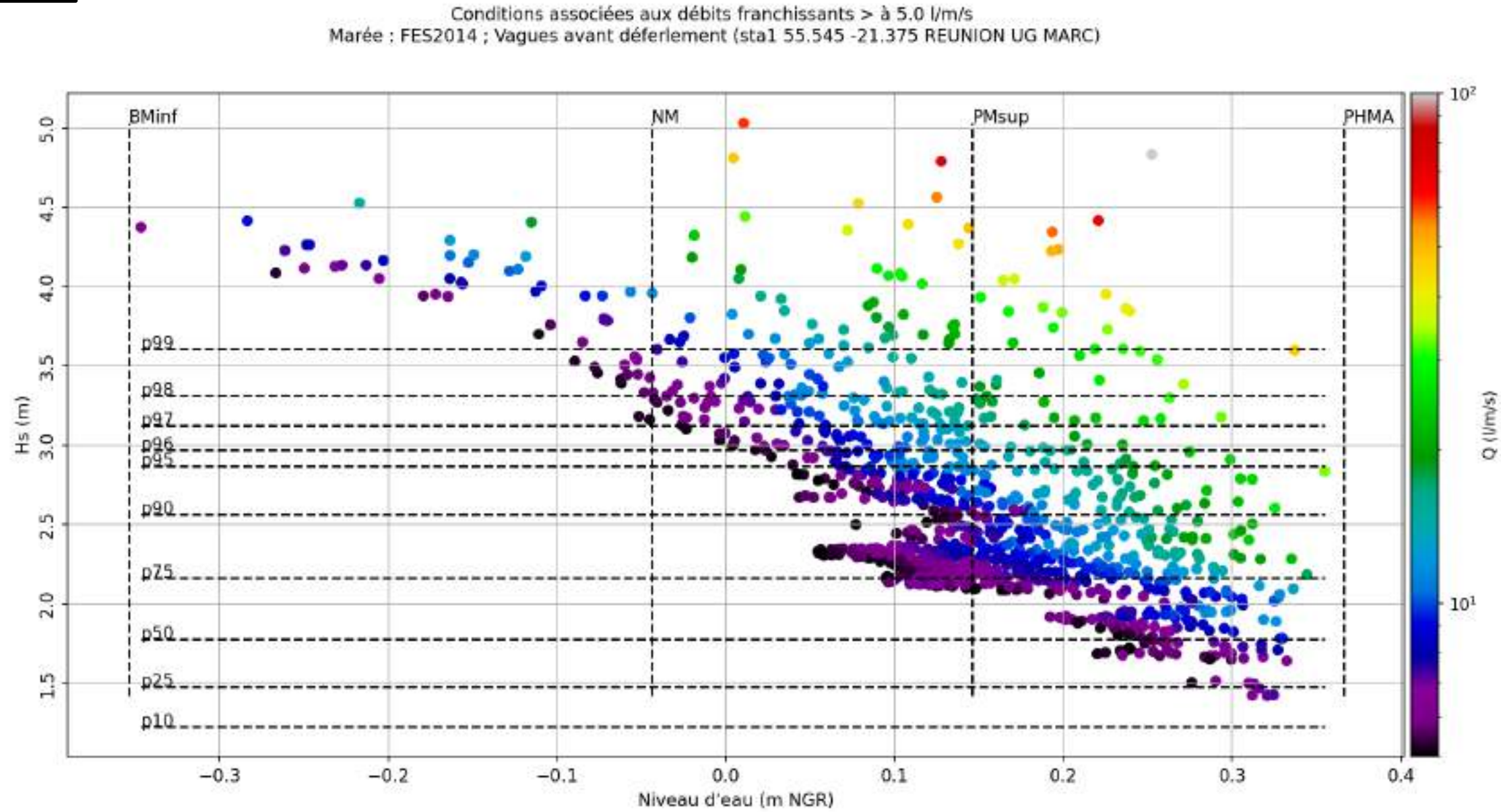
Q seuil de 7 l/m/s



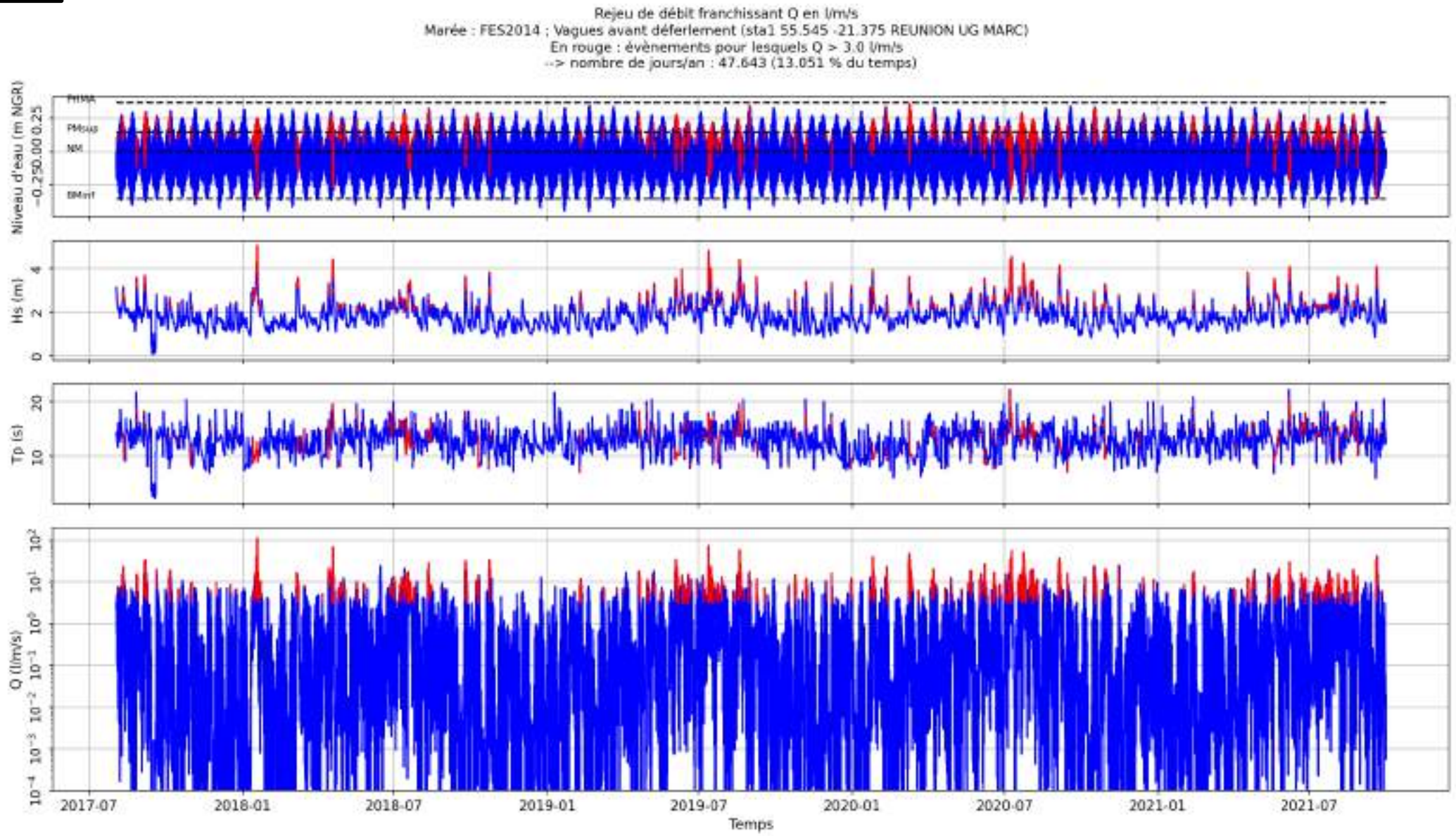
Q seuil de 5 l/m/s



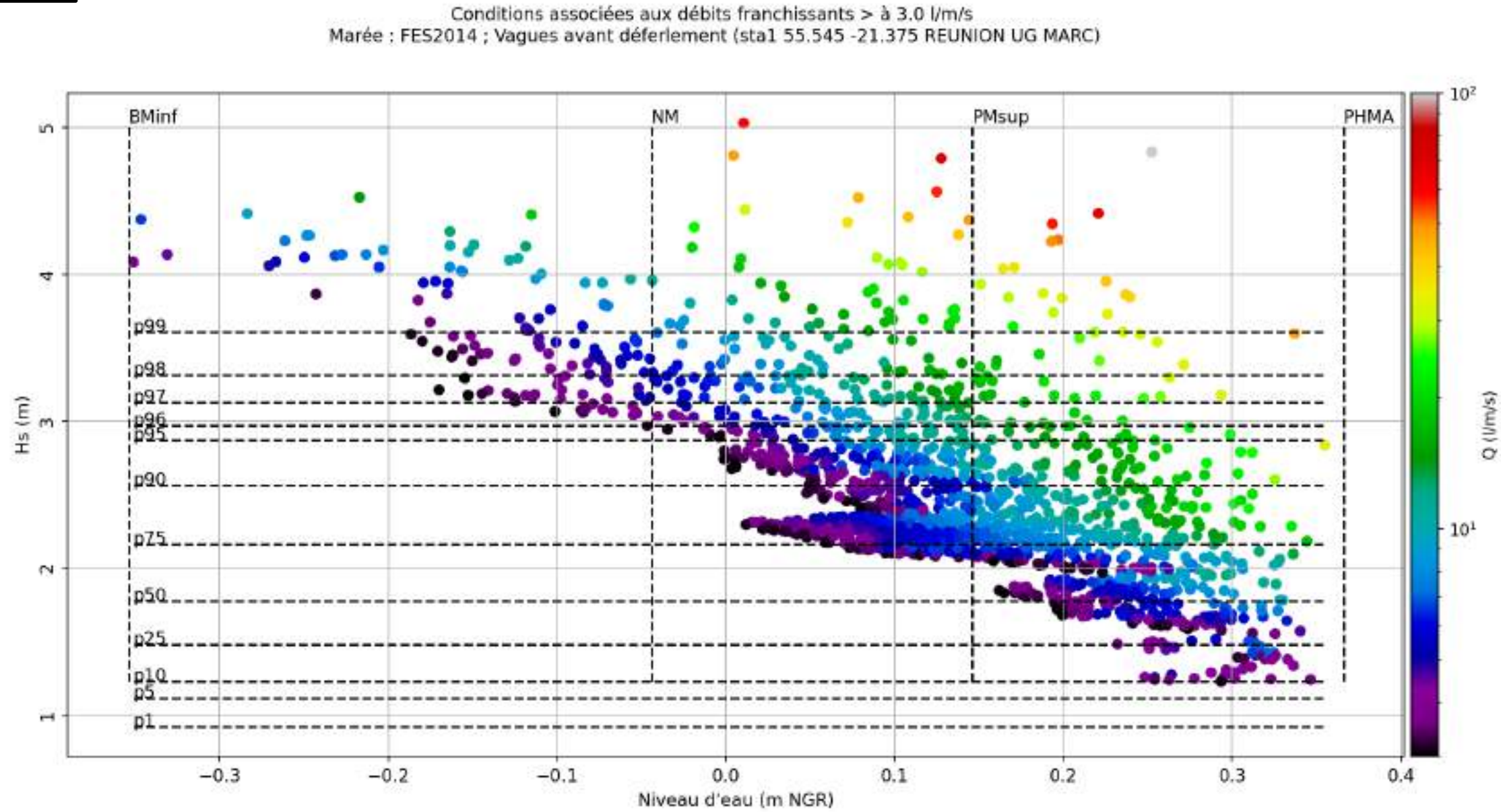
Q seuil de 5 l/m/s



Q seuil de 3 l/m/s



Q seuil de 3 l/m/s



ANNEXE 9 : AVIS SPIANC

Saint-Pierre, le 21/06/2022

Le Président

A

Mairie de PETITE-ILE

192 Rue Mahé de Labourdonnais

97429 Petite-Ile

Affaire suivie par : Frédéric DAMOUR
N/Réf : SB/EC/FD-C22002561
N° dossier : 22ANC0652
Parcelle cadastrale : AX 0085
Adresse d'implantation de l'ANC : Grand Anse (poste MNS), 97429 Petite-Ile

Objet : Examen de la conception de votre système d'Assainissement Non Collectif (ANC) ≤ 20EH

Monsieur Le Maire,

Le Service Public Intercommunal d'Assainissement Non Collectif (SPIANC) procède aux contrôles techniques obligatoires des ouvrages d'assainissement autonome conformément à l'article L.2224-8 du Code Général des Collectivités Territoriales et aux arrêtés du 7 septembre 2009 et du 27 avril 2012. Dans le cas des installations neuves ou à réhabiliter, le contrôle comprend un examen préalable de la conception joint, s'il y a lieu, à tout dépôt de demande de permis de construire ou d'aménager et à une vérification de l'exécution. Chacune de ces étapes donne lieu à une redevance, dont le montant a été fixé par décision du conseil communautaire du 17 décembre 2021. La prestation citée en objet a été réalisé par le SPIANC. Elle fera l'objet d'un avis de somme à payer d'un montant de 150 €* qui vous sera adressé par le Trésor Public prochainement. Vous pourrez, après réception de cet avis, effectuer le règlement de votre redevance suivant les indications y figurant.

Vu les éléments déclaratifs transmis en date du 16/06/2022, votre projet référencé ci-dessus, examiné par le SPIANC le 21/06/2022 a été jugé conforme au regard des principes généraux et des prescriptions techniques imposées par l'arrêté du 27 avril 2012. Vous trouverez ainsi ci-joint le rapport d'examen de votre installation d'assainissement non collectif. Une liste de recommandations à destination des usagers et des professionnels est disponible sur demande et sur www.civis.re.

Le SPIANC vérifiera obligatoirement la bonne exécution des travaux avant tout recouvrement des ouvrages. Il vous est demandé d'avertir ce dernier par courriel à anc@civis.re 10 jours à l'avance (hors week-end et jours fériés) en y indiquant les références de votre dossier afin qu'il puisse poursuivre le contrôle et vous apporter toute l'assistance technique et réglementaire nécessaire à la bonne exécution de ces ouvrages.

La présente lettre annexée d'un plan masse des constructions à édifier ou à modifier et notamment le système d'assainissement vaut attestation de conformité du projet d'ANC. Cette attestation est à joindre à la demande de permis de construire ou d'aménager, conformément à l'article R.431-16 c du Code de l'Urbanisme modifié par Décret N° 2012-274 du 28 février 2012. Cet avis a été rendu sur la base des caractéristiques du projet présenté au SPIANC (filière, implantation dimensionnement, etc.). Dans le cas où des modifications sont apportées, il devra faire l'objet d'un nouvel examen.

Je vous prie de croire, Monsieur le Maire, en l'expression de ma considération distinguée.

Pour le Président et par délégation
Le Directeur de la Régie du SPIANC

Eric CORBIERE

ERIC CORBIERE ID
C=FR, O=COMMUNAUTE INTERCOMMUNALE DES VILLES SOLIDAIRES, OU=0002 24974007700048, SN=CORBIERE, G=ERIC, CN=ERIC CORBIERE ID, SERIALNUMBER=I18682025
2022.06.29 16:10:54+04'00'

C.I.V.I.S Communauté Intercommunale des Villes Solidaires

* Montant hors taxes auquel s'ajoute une TVA réduite de 2,10%



APPROUVÉ
Par DAMOUR Frédéric , 08:26, 21/06/2022

Petite Île

Echelle: 1/1000

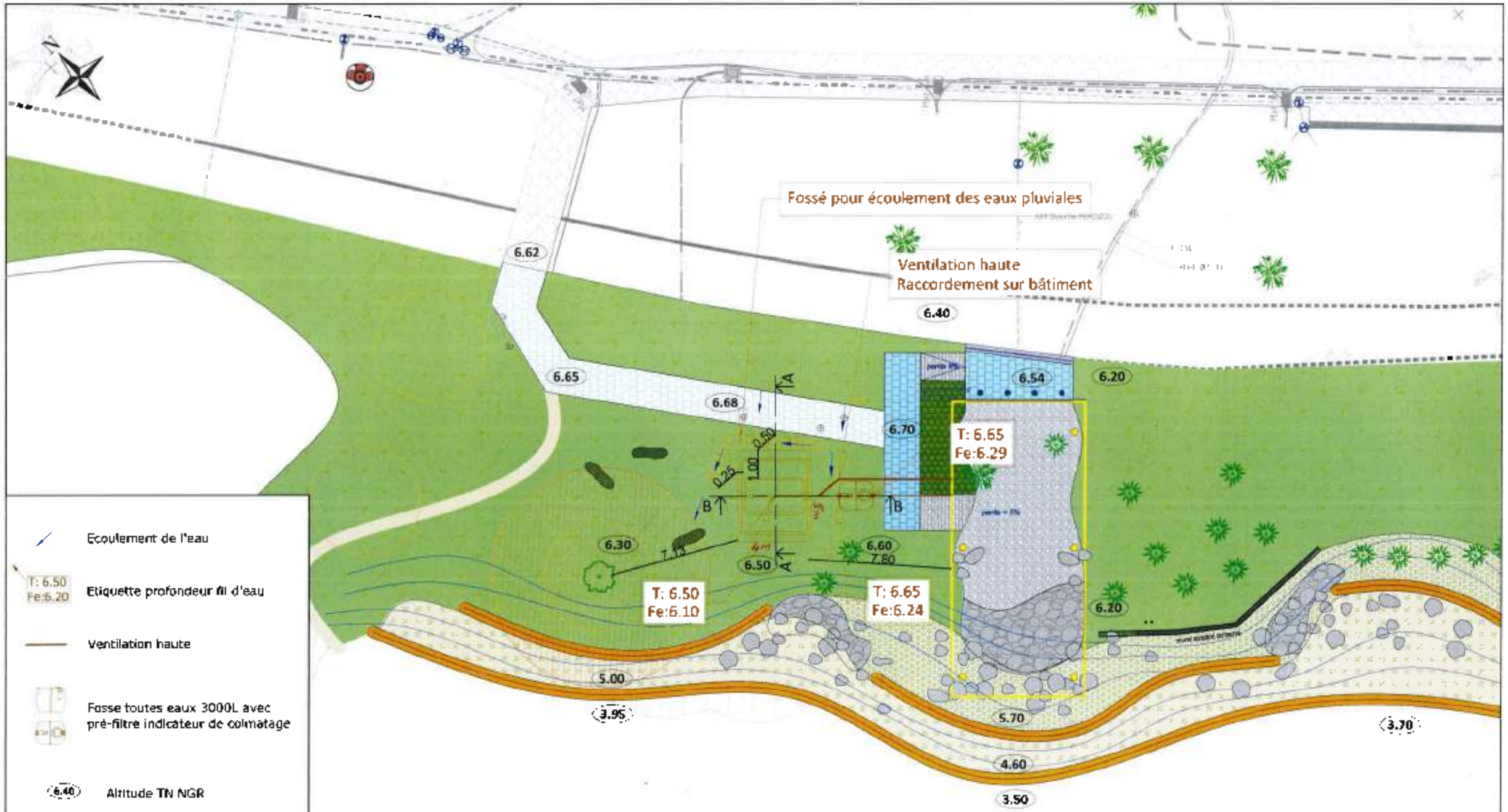
A	05/22	CC	FB	Premiere diffusion

Poste MNS du bassin de Grande Anse

Commune de Petite Ile

Plan de masse

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



APPROUVÉ
Par DAMOUR Frédéric , 08:26, 21/06/2022

Petite Île

Echelle: 1/200

N	08/22	CC	FB	Première diffusion
Indice	Date	Visa	Visa	Libellé modification

Poste MNS du bassin de Grande Anse

Commune de Petite Ile

Plan d'implantation

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

ANNEXE 10 : PROFIL DE BAIGNADE

Petite ile
Une ville pour tous

09
2022

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile

Profil de baignade



CONSULTING

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

Agence Ile de France

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

suez

Sommaire

1 Données administratives 5

2 Préambule 5

2.1 Objet du dossier 5

2.2 Contenu du dossier 7

3 Phase 1 : Etat des lieux 8

3.1 Présentation de la zone de baignade 8

3.2 Contexte climatique 11

3.3 Contexte du milieu physique 14

3.4 Masses d'eau 29

3.5 Milieu marin 32

3.6 Contexte démographique, économique et touristique 49

3.7 Occupation du sol 51

3.8 Plage et bassin de baignade actuels 53

4 Qualité sanitaire des eaux de baignade 54

4.1 Classe du site de baignade 54

4.2 Sources internes potentielles de contamination 56

4.3 Sources externes de contamination potentielles 60

5 Phase 2 : Diagnostic 64

5.1 Evaluation du potentiel de pollution bactériologique 65

5.2 Évaluation du potentiel de prolifération et du phytoplancton 68

5.3 Hiérarchisation des sources de pollution 69

6 Phase 3 : Mesures de gestion 70

6.1 Mesures de gestion préventive des pollutions à court terme 70

6.2 Recommandations de plans d'action 70

6.3 Mise à jour du profil de baignade 72

7.....Fiche de synthese 72

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation du site et photographie du bassin actuel (source : www.guide-réunion.fr) 6
Figure 2: Déclinaison des usages présents sur le site 11
Figure 3 : Températures annuelles moyennes de 2015 (Source : Météo France) 12
Figure 4 : Température sur la commune de Petite-Ile en 2018 12
Figure 5 : Cumul moyen annuel de précipitations en mm sur la période 1970-2009 (Source : Note de présentation du PPR de Petite-Ile) 13
Figure 6: Pédologie de la zone d'étude (Source : Raunet, 1989 dans Feder et Bourgeon 2009) 14
Figure 7 : Perspectives morpho-géologiques schématiques sur la zone d'étude (Source : Raunet, 1991) 15
Figure 8 : Extrait de la carte géologique au niveau du secteur d'étude (BRGM). (Source : Note de présentation du PPR de Petite-Ile) 17
Figure 9: Position du trait de côte sur la plage de Grande Anse (Source : BRGM, 2012) 18
Figure 10: Evolutions de la plage autour du muret observées par images satellites, images de juin 2011, juillet 2012 at août 2012 (source : Google Earth). 19
Figure 11 : Prises de vue de la plage autour du muret 19
Figure 12 : Lignes de niveau +2 m, +2.5 m et +3 m NGR, à partir des données topographiques Maraïna 2018. 20
Figure 13: Cartes des courants simulées pour la plage de Grande Anse (Actimar, 2019) 22
Figure 14 : Les différents régimes de houle à La Réunion (Météo France, 2009) 25
Figure 15 : Distribution des hauteurs de vagues et directions associées 26
Figure 16: Propagation des vagues simulées pour la plage de Grande Anse (Actimar, 2019) 27
Figure 17 : Valeurs extrêmes des états de mer en conditions non-cycloniques au large de Grande Anse (Données Actimar) 28
Figure 18 : Localisation des masses d'eau souterraines 30
Figure 19 : Fiche descriptive - Masse d'eau littorale (Source : Comité de Bassin de La Réunion, 2013) 32
Figure 20 : Géomorphologie de la zone d'étude. D'après Carex et Arvam, 2005. La zone marine non cartographiée est la pente externe. 37
Figure 21 : Imagerie drone laissant apparaître le début de ces éperons/sillons caractéristique de cette pente externe. © Ocean Obs, 2021. 38
Figure 22 : Résultats des reconnaissances vidéo sur la pente externe entre 4 et 14 mètres et au-delà de 15 mètres. 38
Figure 23 : Éperons-sillons très marqués dans la zone des 8-9 mètres de profondeur (© Biotope, 2018). 40
Figure 24 : Éperons-sillons moins marqués dans la zone des 12-13 mètres (© Biotope, 2018) 40
Figure 25 : Fonds à sédiments grossiers associés à des galets décimétriques (© Biotope, 2018) 41
Figure 26 : 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). 42
Figure 27 : A gauche, couverture coralienne faible voire nulle à proximité du bassin de baignade, à droite couverture plus importante dans la zone sud-ouest du bassin (© Biotope, 2018). 42
Figure 28 : Contexte morpho-sédimentaire du bassin de baignade (d'après SPL MARAINA, 2016). 43
Figure 29 : Géomorphologie du platier interne (d'après PARETO, BCEOM, 2004). 43
Figure 30 : Fonds à galets à l'entrée du nord du bassin. © Biotope, 2021. 44
Figure 31 : Colonies de Porites localisées principalement au centre du bassin. © Biotope, 2021. 44
Figure 32 : Zone sableuse présentant quelques galets et blocs basaltiques (non visibles sur la photo). © Biotope, 2021. 45
Figure 33 : Colonies coralliennes présentes au niveau de la partie sud -est du bassin. © Biotope, 2021. 45
Figure 34 : Cartographie fine des habitats du bassin de baignade de Grande Anse (actualisation 2021) 46
Figure 35 : Carte de synthèse des enjeux pour les biocénoses marines 47
Figure 36 : EmContexte agricole et industriel 49
Figure 37 : Extrait du SAR 52
Figure 38 : Extrait du Plan Local d'Urbanisme au niveau du site d'étude 53
Figure 39 : Conditions des circulation littorales (courants en m/s) sur le site du bassin de Grande-Anse pour différentes conditions de vagues incidentes. 58
Figure 40 : Localisation du talweg 61
Figure 41 : Vue du ponceau sur le talweg 61
Figure 42: Plan de masse de la canalisation du talweg 62
Figure 43 : Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique 63

Table des tableaux

Tableau 1 : Identité du demandeur 5
Tableau 2: Niveau de marée à Saint-Pierre (source : SHOM RAM édition 2017) 23
Tableau 3 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition normale (Source : Actimar 2016) 24
Tableau 4 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition cyclonique (Source : Actimar 2018) 24
Tableau 5 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition normale, à l'horizon 2100 (Source : 24
Tableau 6 : Niveaux d'eau de projet extrême en condition cyclonique, à l'horizon 2100 25
Tableau 7: Valeurs extrêmes des états de mer en conditions cycloniques au large de Grande Anse (Source : BRGM, 2009) 28
Tableau 8: Etat chimique et quantitatif de la masse d'eau FRLG105 29
Tableau 9 : Résultats des paramètres de charge particulaire C1 : campagne 1 (10/2018) - C2 : Campagne 2 (12/2018). 34
Tableau 10 : 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) 34
Tableau 11 : Résultats bactériologiques des prélèvements effectués au niveau de la pente externe et du littoral 35
Tableau 12 : Emploi selon secteur d'activité à Petite-Ile (INSEE) 49
Tableau 13 : Classement de la population par grandes tranches d'âges 50
Tableau 14 : Chiffres-clés de la population de Petite-Ile (INSEE) 50
Tableau 15 : Chiffres-clés du logement de Petite-Ile (INSEE) 51
Tableau 16 : Valeurs seuils et classe de qualité pour les eaux côtières, selon la directive 2006/7/CE 54
Tableau 17: Synthèse des suivis de qualité des eaux de baignade de 2015 à 2020 (d'après ARS) 54
Tableau 18 : Volumes franchissants V_{fr} (en m^3/m), Volume tidal (Vtidal) et *in fine* des rapports $V_{bassin}/(V_{tidal}+V_{fr})$ du projet d'extension du bassin 57
Tableau 19 : 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. 59
Tableau 20 : Equipement des logements à Petite-Ile (INSEE, 2016) 60
Tableau 21: Valeurs seuils et classe de qualité pour les eaux côtières, selon la directive 2006/7/CE 65
Tableau 22: Valeurs de référence DCE pour le paramètre turbidité 68
Tableau 23: Hiérarchisation des sources de pollution sur la future zone de baignade de la Possession 69

1 DONNEES ADMINISTRATIVES

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	

2 PREAMBULE

2.1 Objet du dossier

La plage de Grande Anse se trouve sur la commune de Petite-Ile dans le sud sauvage de l'ile de la Réunion.

Cette plage est un lieu prisé des réunionnais et des touristes pour son aspect naturel et l'espace enherbé et ombragé qu'elle offre. Des travaux d'aménagement du parking, de l'arrière-plage et de stabilisation du cordon littoral ont été récemment réalisés sur le site pour permettre une meilleure répartition des espaces sur la plage.

Un bassin de baignade existe sur le site mais n'est officiellement pas autorisé à la baignade, en effet il n'y a pas de structure permettant la surveillance des usagers.

De plus, 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 donc une alternative à la baignade en mer mais il n'est plus adapté à l'augmentation de la vie sur la plage.



Source : Géoportail



Figure 1 : Localisation du site et photographie du bassin actuel (source : www.guide-réunion.fr)

La commune de Petite-Ile souhaite donc réhabiliter et agrandir l'actuel bassin de baignade du site de Grand Anse.

La Directive communautaire sur la gestion de la qualité des eaux de baignade édictée le 15 février 2006 (Directive 2006/7/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade) est applicable à l'ensemble des États de l'Union Européenne. Elle concerne :

- la surveillance et le classement des eaux de baignade ;
- la gestion de la qualité des lieux de baignade par l'établissement de « profils de baignade» ;
- la fourniture d'informations adaptées aux publics.

La transposition complète en droit français de cette directive est effective depuis 2008 et les responsables des eaux de baignade doivent élaborer le profil de celle-ci (articles L1332-3 et D-1332-20 et suivants du code de la santé publique).

Le profil de baignade a pour vocation d'évaluer et de comprendre les risques de pollutions des eaux de baignade et de concevoir des mesures permettant de réduire ce risque et/ou de limiter l'exposition des usagers à cette pollution.

Le présent dossier constitue le profil de vulnérabilité du bassin de baignade de Grande Anse, à Petite-Ile.

2.2 Contenu du dossier

Conformément à l'article D1332-20 du code de la santé publique, le contenu du dossier est le suivant :

1° Une description des caractéristiques physiques, géographiques et hydrogéologiques des eaux de baignade et des autres eaux de surface du bassin versant des eaux de baignade concernées, qui pourraient être sources de pollution pertinente aux fins de l'objectif de la présente section et tel que prévu par la directive 2000/60/ CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau ;

2° Une identification et une évaluation des sources de pollution qui pourraient affecter la qualité des eaux de baignade et altérer la santé des baigneurs ;

3° Une évaluation du potentiel de prolifération des cyanobactéries ;

4° Une évaluation du potentiel de prolifération des macroalgues et du phytoplancton ;

5° Si l'évaluation des sources de pollution mentionnées au 2° laisse apparaître un risque de pollution à court terme définie à l'article D. 1332-15, les informations suivantes :
a) La nature, la cause, la fréquence et la durée prévisibles de la pollution à court terme à laquelle on peut s'attendre ;
b) Le détail de toutes les sources de pollution restantes, y compris des mesures de gestion prises et du calendrier prévu pour leur élimination ;
c) Les mesures de gestion qui seront prises durant la pollution à court terme et l'identité et les coordonnées des instances responsables de la mise en œuvre de ces mesures ;

6° Si l'évaluation des sources de pollution laisse apparaître soit un risque de pollution par des cyanobactéries, des macroalgues, du phytoplancton ou des déchets, soit un risque de pollution entraînant une interdiction ou une décision de fermeture du site de baignade durant toute une saison balnéaire au moins, les informations suivantes :
a) Le détail de toutes les sources de pollution ;

b) Les mesures de gestion qui seront prises pour éviter, réduire et éliminer les sources de pollution et leur calendrier de mise en œuvre ;

7° L'emplacement du ou des points de surveillance ;

8° Les données pertinentes disponibles, obtenues lors des surveillances et des évaluations effectuées en application des dispositions de la présente section et du code de l'environnement.

Les informations mentionnées aux 1°, 2° et 6° sont également fournies sur une carte détaillée, lorsque cela est faisable.

Pour les eaux de baignade contiguës soumises à des sources de pollution communes, un profil commun peut être établi par la ou les personnes responsables des eaux de baignade.

3 PHASE 1 : ETAT DES LIEUX

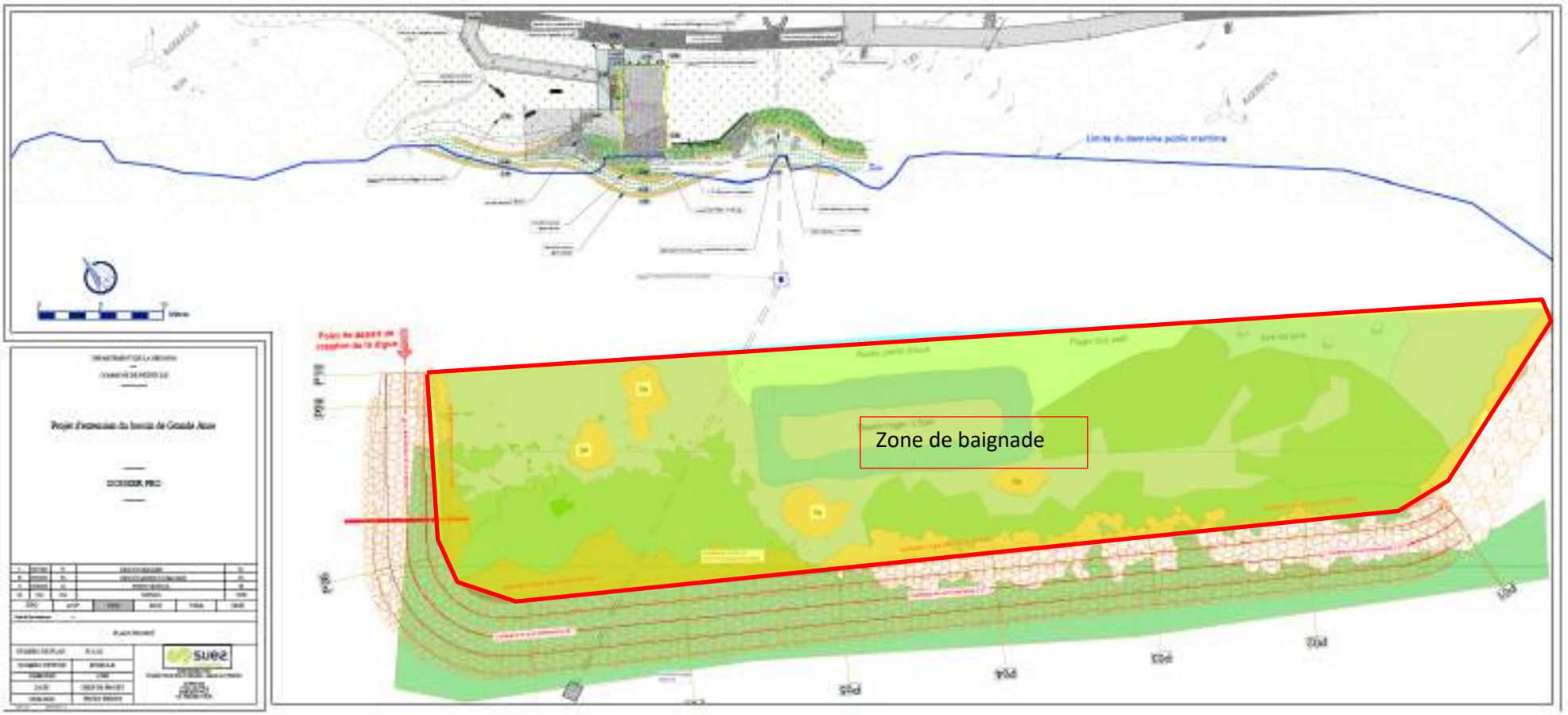
3.1 Présentation de la zone de baignade

3.1.1 Délimitation de la zone de baignade

La zone de baignade est délimitée par la protection en enrochement conformément au plan ci-après.

Profil de baignade

Extension du bassin de baignade de Grande Anse à Petite Ile



3.1.2 Les usages sur la zone de baignade

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.

L'aménagement se déploie de l'Ouest vers l'Est, le long d'une circulation allant du parking vers le pied du piton Grande Anse. 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.
- Evènementiel : le site abrite la salle de réception des Poivriers qui peut être louées pour des évènements 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.



Figure 2: Déclinaison des usages présents sur le site

3.2 Contexte climatique

3.2.1 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.

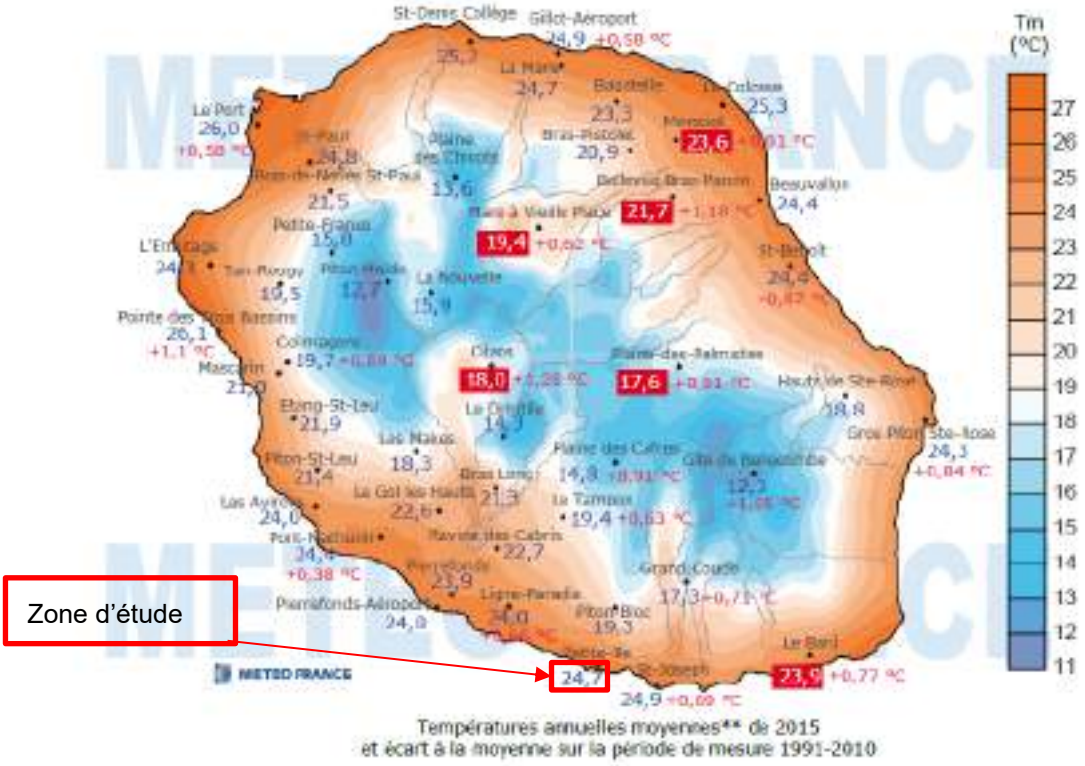


Figure 3 : Températures annuelles moyennes de 2015 (Source : Météo France)

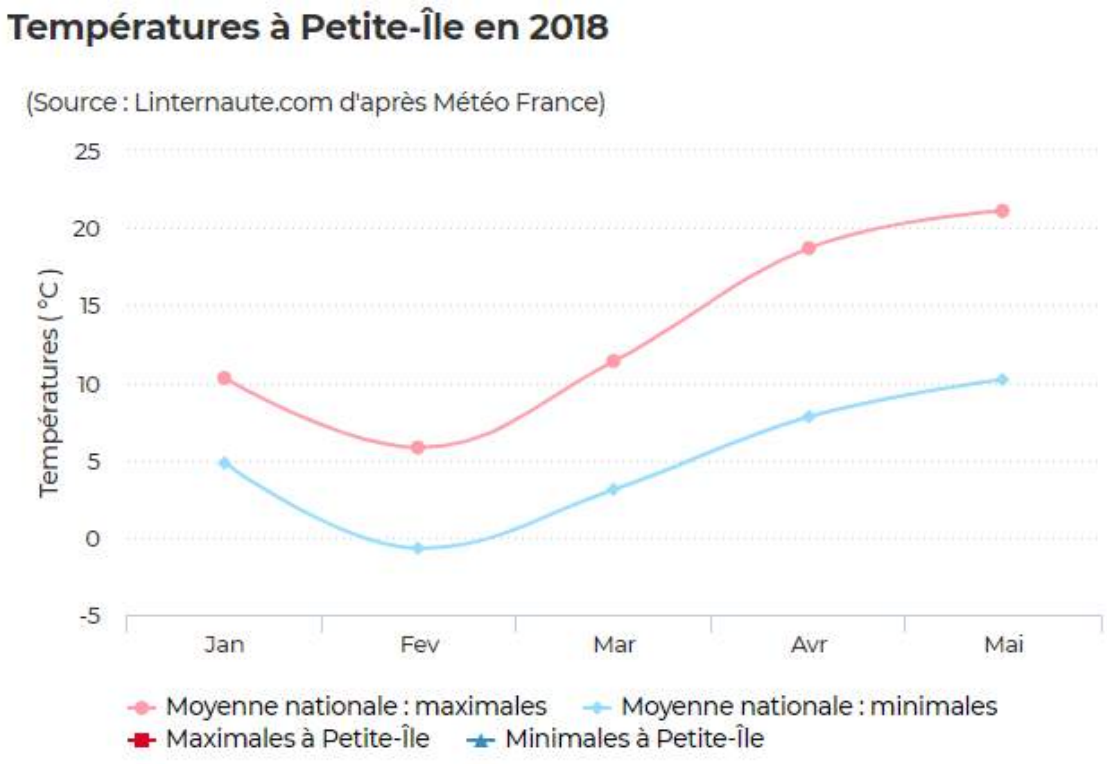


Figure 4 : Température sur la commune de Petite-Ile en 2018

3.2.2 Précipitations

La zone d'étude se trouve sur le flanc sud de l'ile 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).

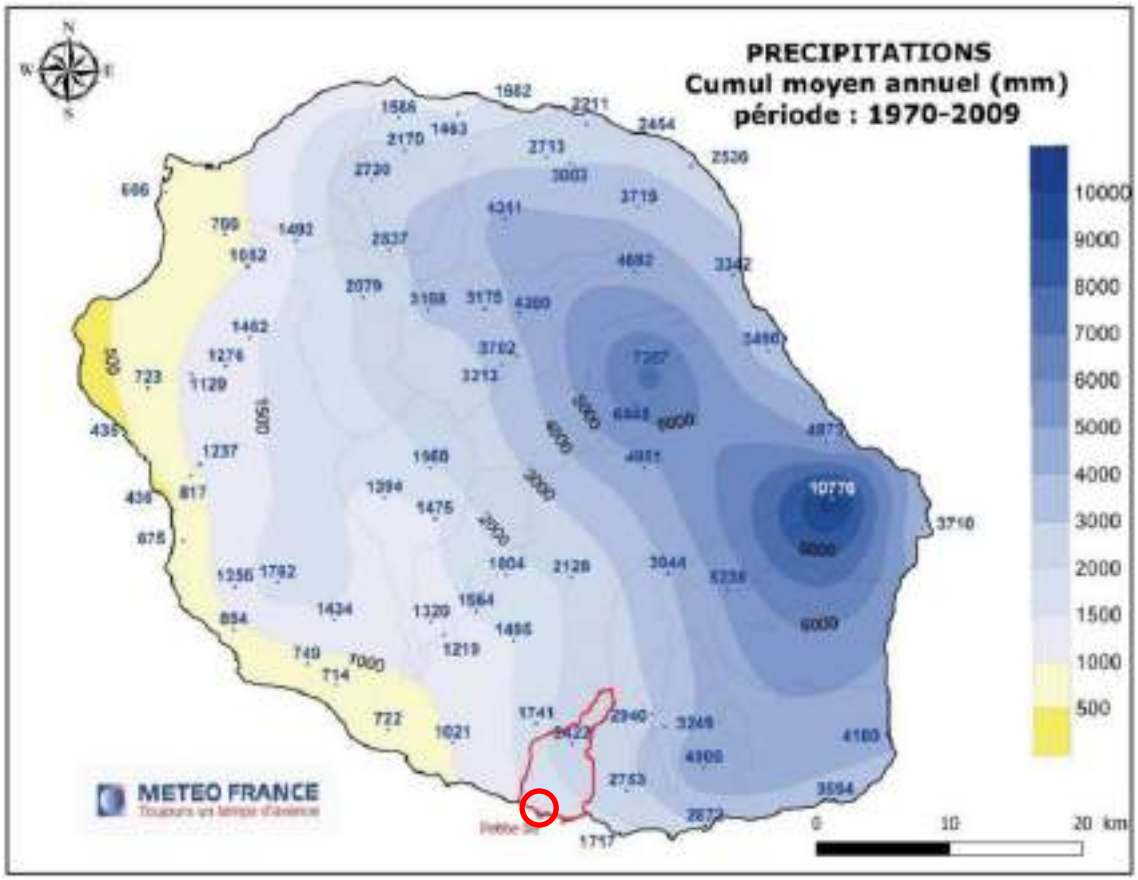


Figure 5 : Cumul moyen annuel de précipitations en mm sur la période 1970-2009 (Source : Note de présentation du PPR de Petite-Ile)

3.2.3 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.

3.3 Contexte du milieu physique

3.3.1 Sol et sous-sol

3.3.1.1 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

3.3.1.2 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.

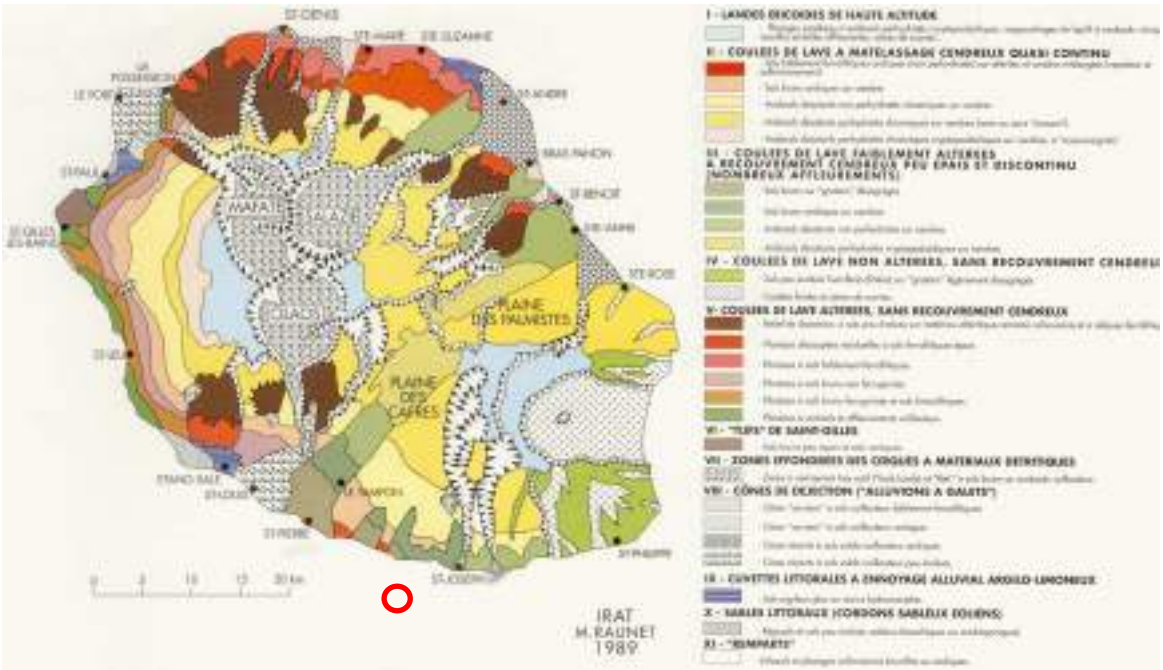


Figure 6: Pédologie de la zone d'étude (Source : Raunet, 1989 dans Feder et Bourgeon 2009)

3.3.1.3 Géologie

3.3.1.3.1 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.

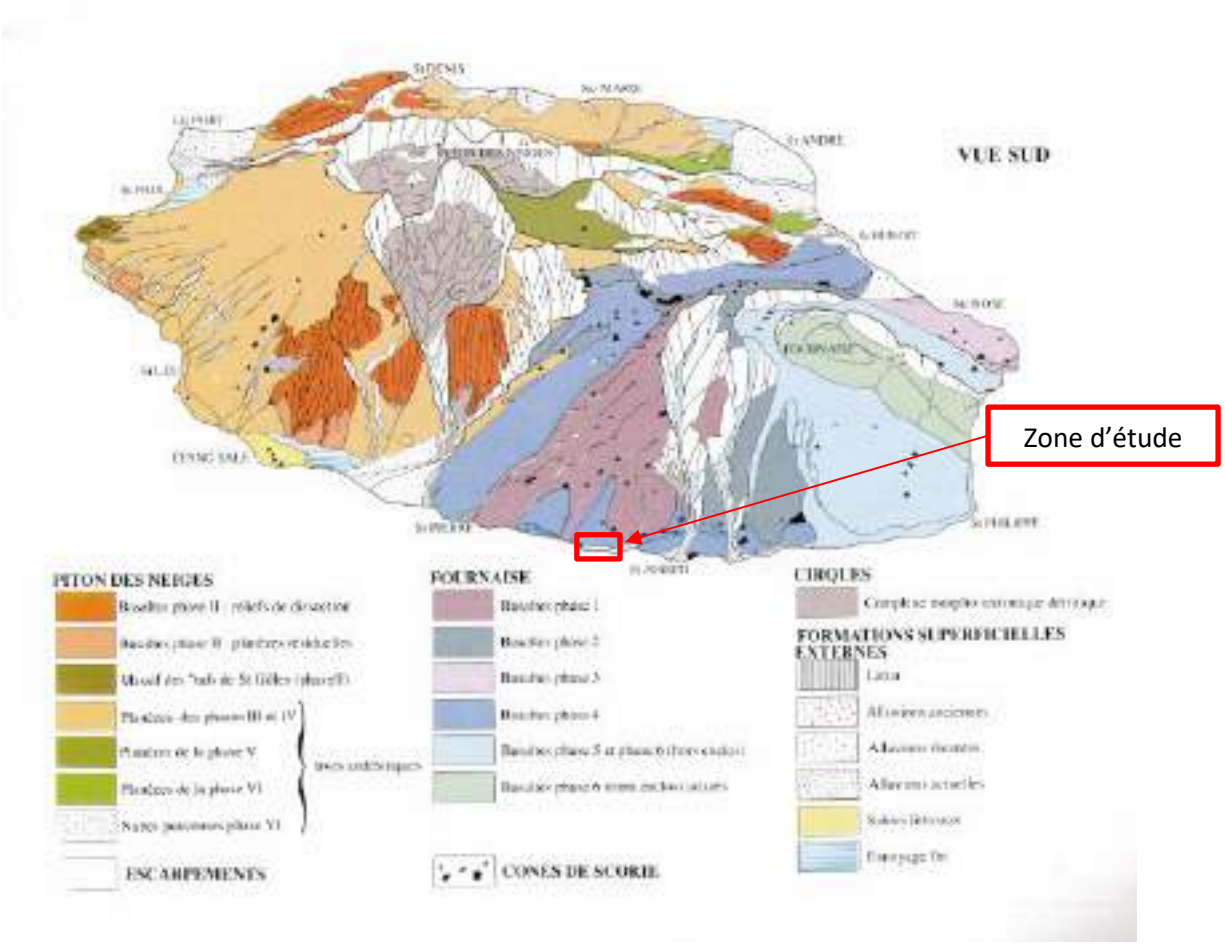


Figure 7 : Perspectives morpho-géologiques schématiques sur la zone d'étude (Source : Raunet, 1991)

3.3.1.3.2 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 8).

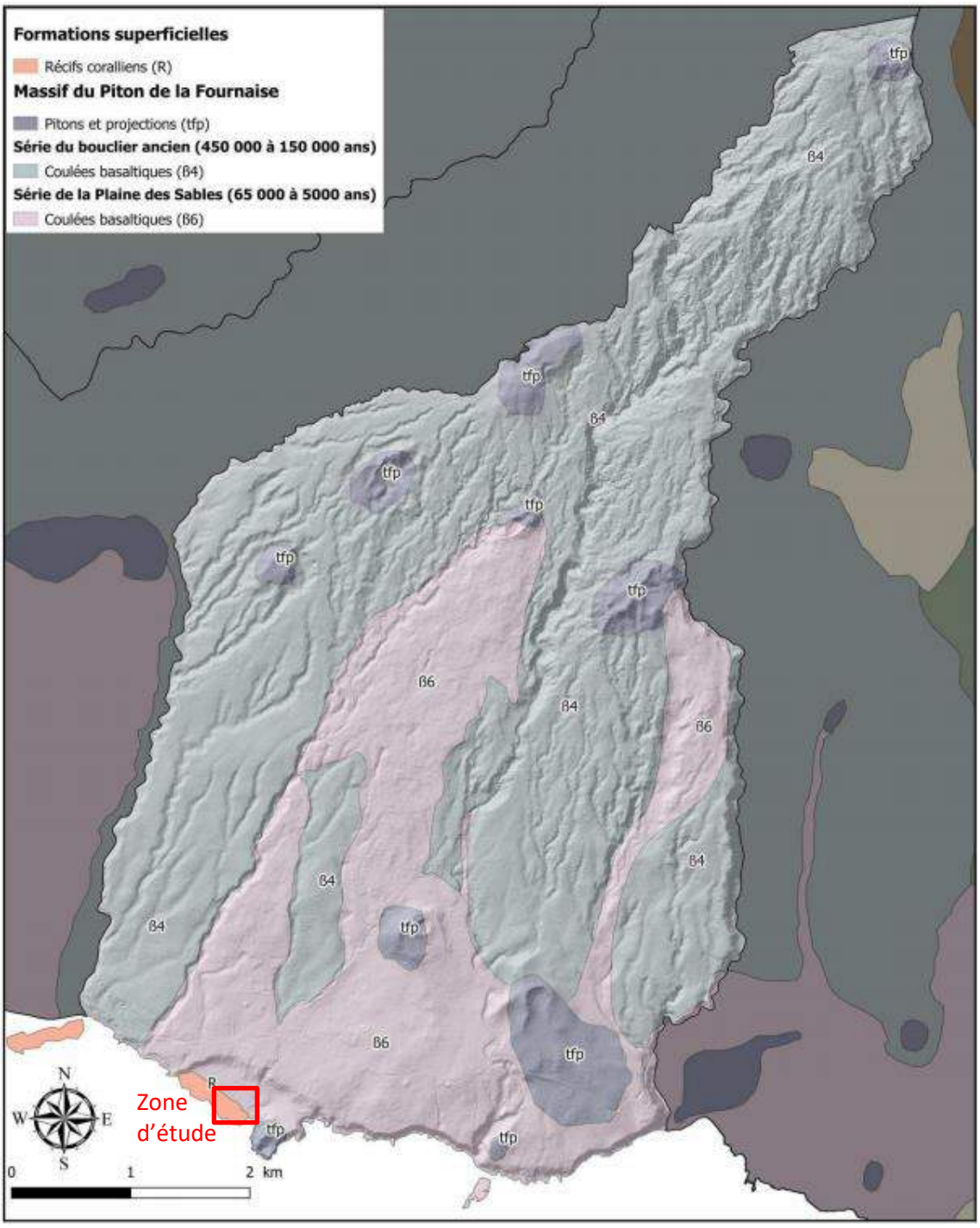


Figure 8 : Extrait de la carte géologique au niveau du secteur d'étude (BRGM). (Source : Note de présentation du PPR de Petite-Ile)

3.3.1.4 Géomorphologie côtière

3.3.1.4.1 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 découvrement 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.

3.3.1.4.2 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 9). 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 évènements 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).

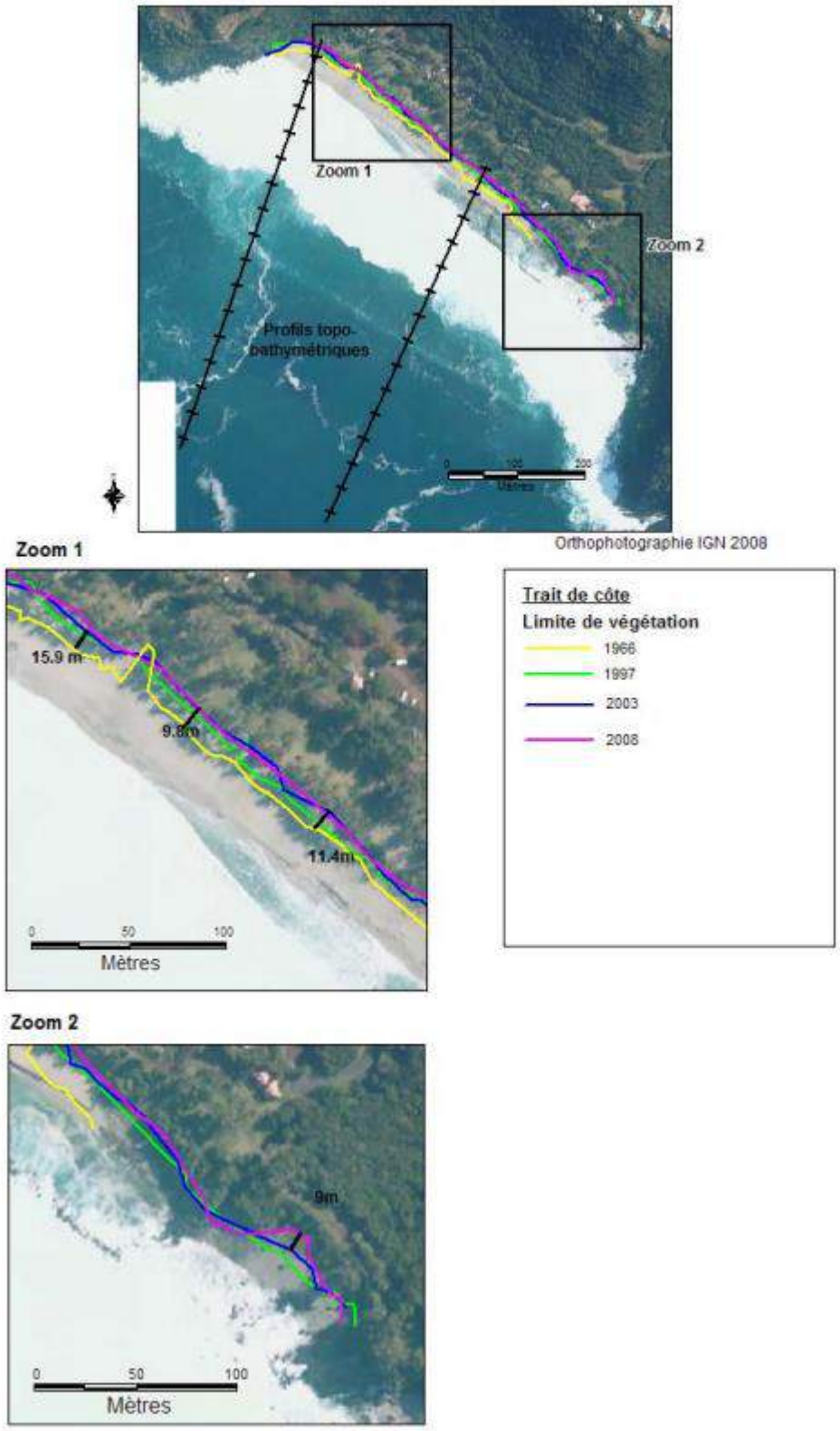


Figure 9: Position du trait de côte sur la plage de Grande Anse (Source : BRGM, 2012)

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 10).



Figure 10: Evolutions de la plage autour du muret observées par images satellites, images de juin 2011, juillet 2012 at 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 11). 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 Maraïna 2018 (Figure 12) 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 11 : Prises de vue de la plage autour du muret



Figure 12 : Lignes de niveau +2 m, +2.5 m et +3 m NGR, à partir des données topographiques Maraïna 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.

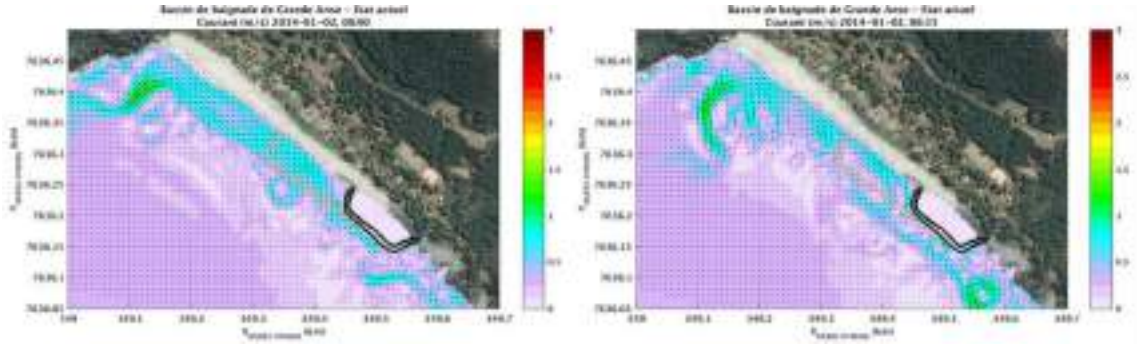
3.3.2 Océanographie

3.3.2.1 Les courants

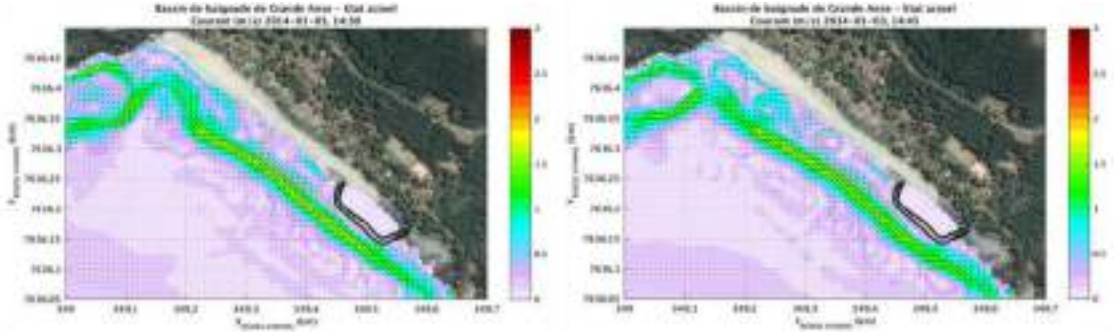
Une étude hydrodynamique et sédimentaire a été réalisée par Actimar dans le cadre de ce projet. Elle permet de dégager les tendances courantologiques ci-dessous au voisinage de la plage (Figure 13):

- 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.

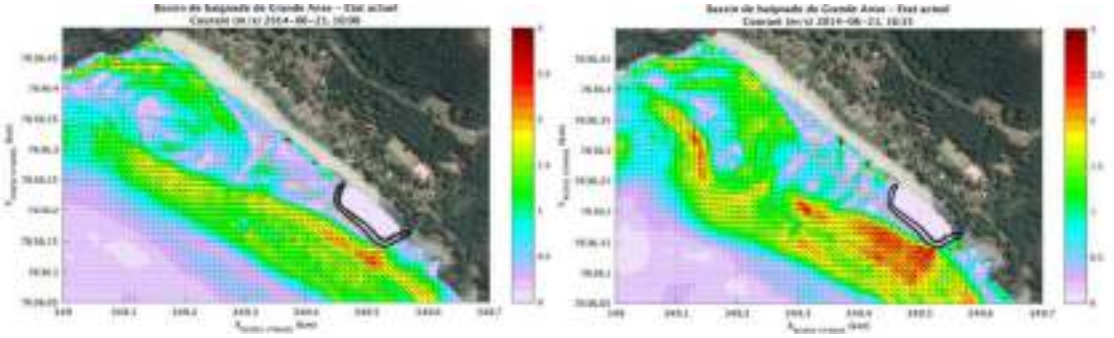
a) Conditions de vagues fréquentes faiblement à moyennement énergétiques induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse



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

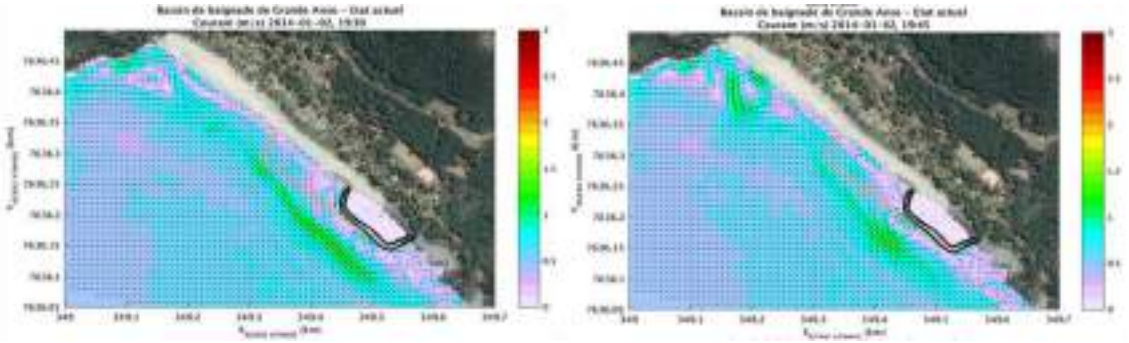


Figure 13: Cartes des courants simulées pour la plage de Grande Anse (Actimar, 2019)

3.3.2.2 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.

3.3.2.2.1 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 2 renseignent sur les niveaux caractéristiques de la marée à Saint-Pierre (21°20'S - 55°29'E).

Tableau 2: Niveau de marée à Saint-Pierre (source : SHOM RAM édition 2017)

Niveau d'eau	Notation[1]	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)

3.3.2.2.2 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 3 et Tableau 4 suivants fournissent les niveaux extrêmes en conditions normales et cycloniques pour différentes périodes de retour.

[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 : 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 4 : 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

3.3.2.2.3 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 5 et Tableau 6 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 5 : 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 6 : 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

3.3.2.3 La houle

3.3.2.3.1 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).

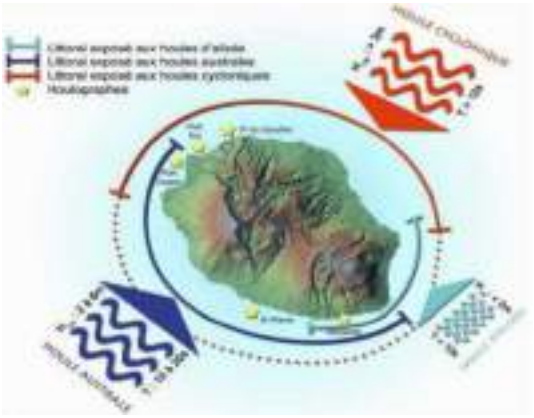


Figure 14 : Les différents régimes de houle à La Réunion (Météo France, 2009)

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.

3.3.2.3.2 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 10). 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.

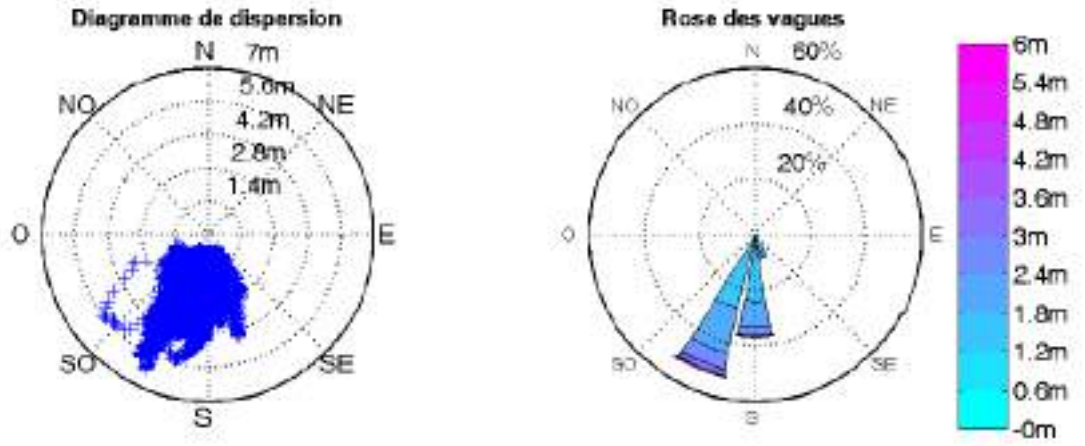
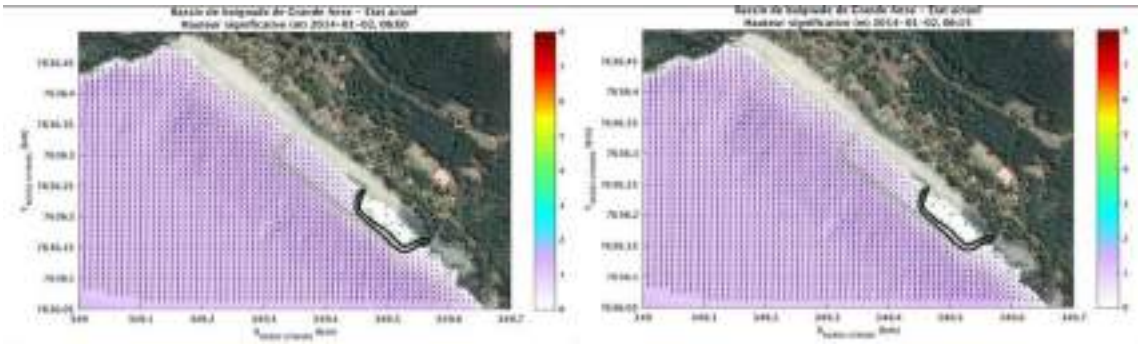


Figure 15 : Distribution des hauteurs de vagues et directions associées

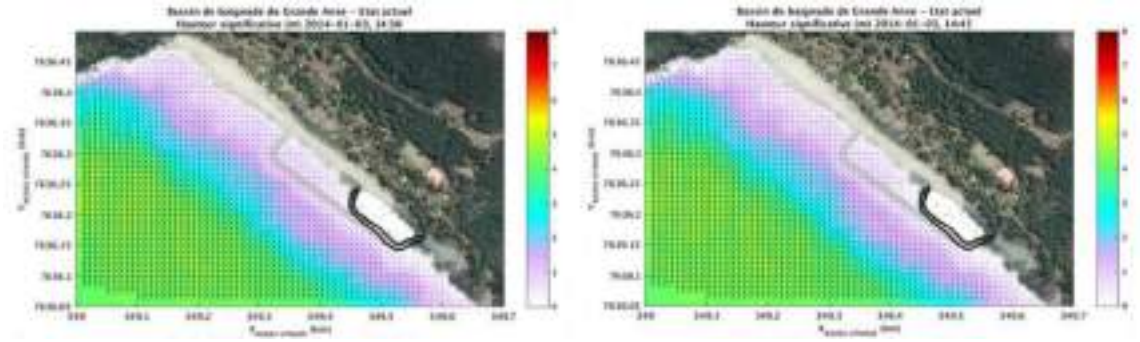
Les simulations numériques réalisées par Actimar pour différentes conditions énergétiques et de direction de houle montrent que (Figure 16) :

- les vagues déferlent au-delà de l'enrochement ;
- Les vagues en proche côtiers sont de l'ordre de 1-1,5m.

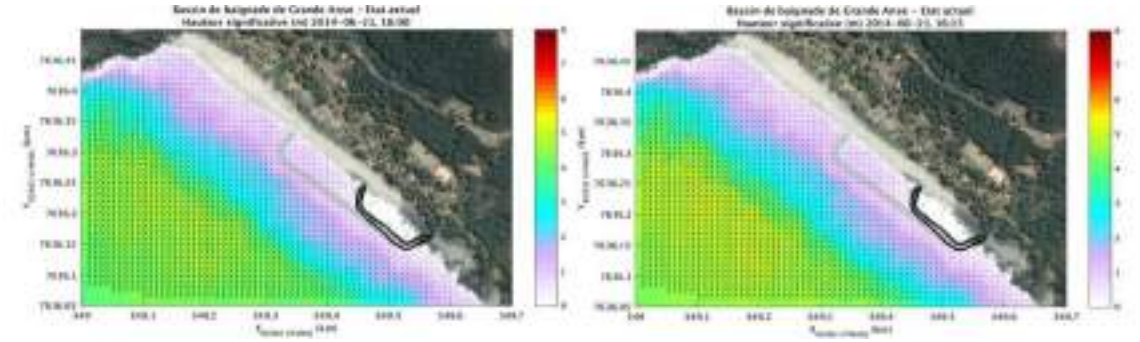
e) Conditions de vagues fréquentes faiblement à moyennement énergétiques induisant globalement une circulation du Sud-Est vers le Nord-Ouest de l'anse



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

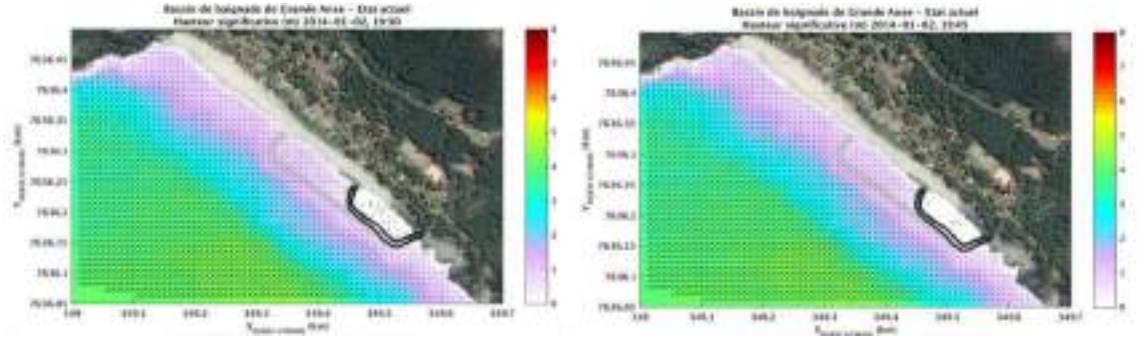


Figure 16: Propagation des vagues simulées pour la plage de Grande Anse (Actimar, 2019)

3.3.2.3.3 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). Les valeurs sont synthétisées en Figure 17.

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 17 : 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 7 ci-dessous.

Tableau 7: 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

3.4 Masses d'eau

3.4.1 Eaux de surfaces

3.4.1.1 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 km^2 et son débit caractéristique pour une occurrence décennale atteint à l'exutoire 81 m^3/s et 173 m^3/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.

3.4.1.2 Masse d'eau superficielle

La zone d'étude n'est pas concernée par la présence de masse d'eau superficielle.

3.4.2 Eaux souterraines

3.4.2.1 Contexte hydrologique général

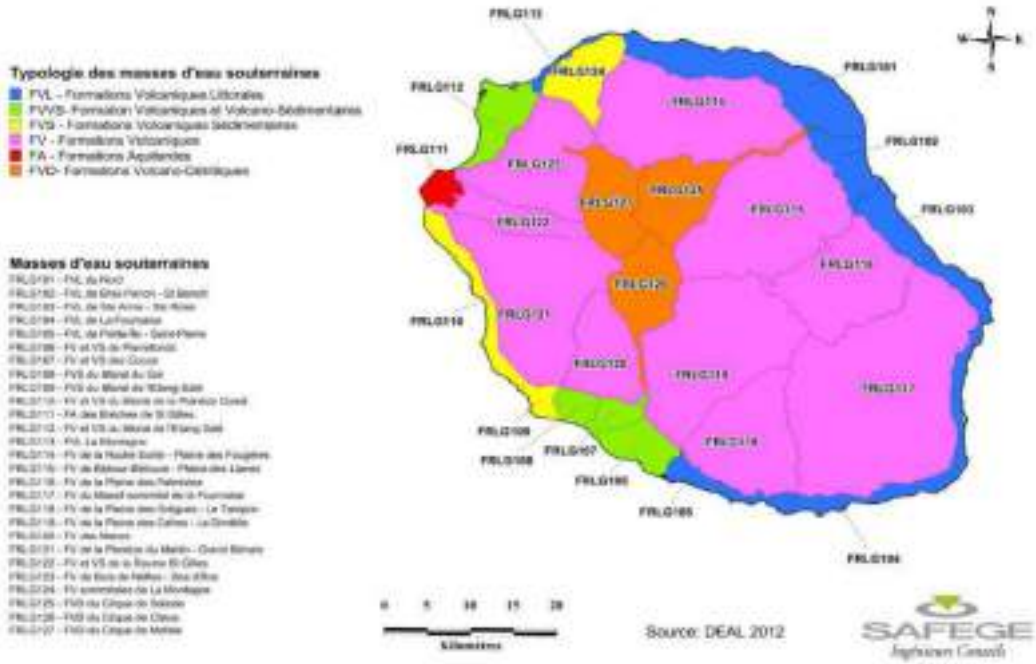
Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 2016-2021 actuellement en vigueur définit le découpage des masses d'eaux souterraines, représenté ci-dessous.

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 18). Cette masse d'eau est considérées 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 qualifié en bon état quantitatif (Tableau 8). 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 8: Etat chimique et quantitatif de la masse d'eau FRLG105

	Etat	Paramètre en cause
Etat chimique	Bon	Sans Objet
Etat quantitatif	Bon	Sans Objet



Zone d'étude

Figure 18 : Localisation des masses d'eau souterraines

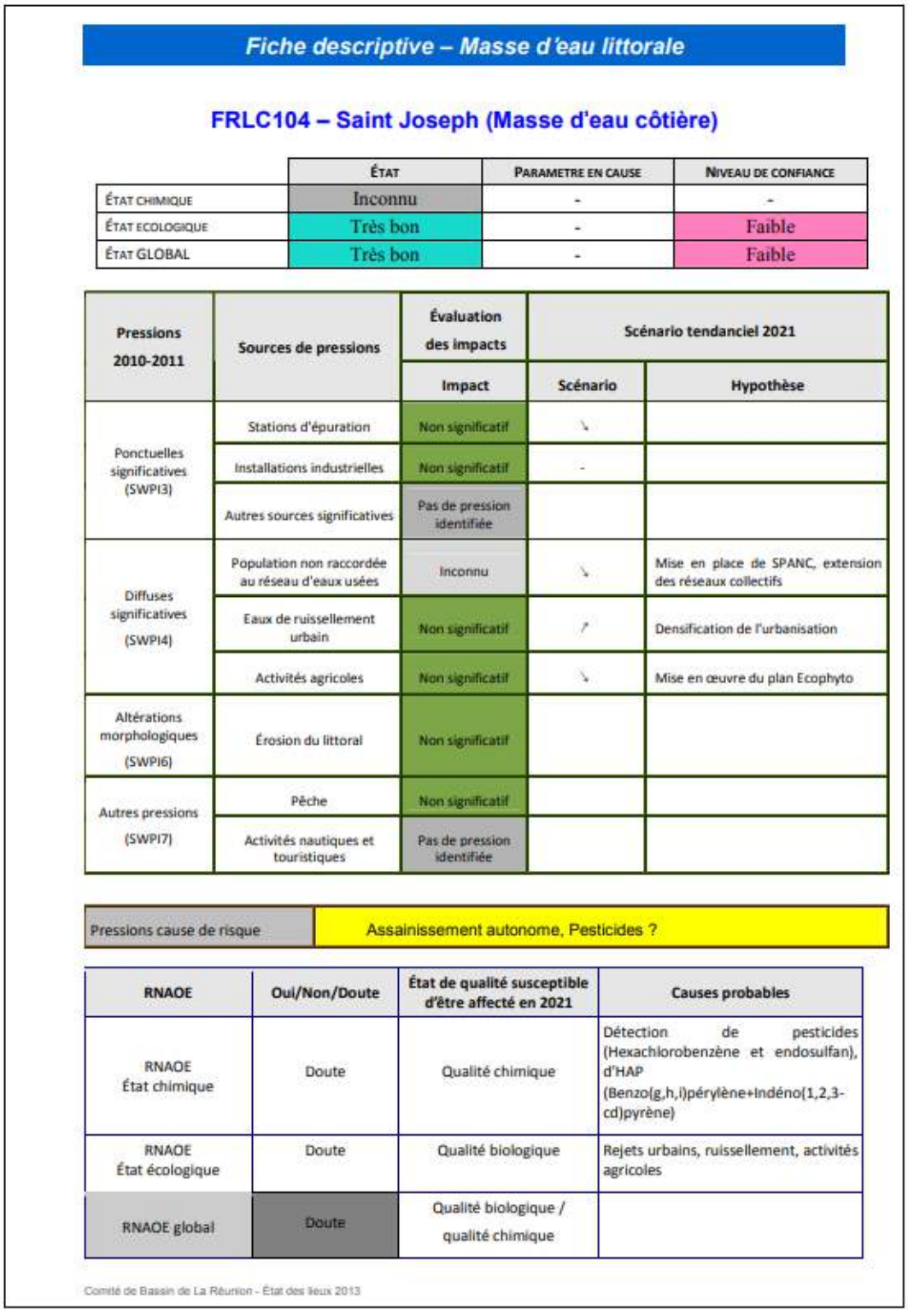
3.4.2.2 Usages des eaux souterraines

Aucun captage ne se situe à proximité de la zone d'étude. Le projet n'a donc aucune incidence sur la ressource.

3.4.3 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 19).



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 19 : Fiche descriptive - Masse d'eau littorale (Source : Comité de Bassin de La Réunion, 2013)

3.5 Milieu marin

Une étude du milieu marin a été réalisée par Biotope en mars 2019 dans le cadre des études de conception de l'extension du bassin de baignade. Les données suivantes sont issues de ce dossier.

Les caractéristiques du milieu physique témoignent d'une eau de bonne qualité, avec des paramètres physico-chimiques et bactériologiques répondant aux normes réglementaires.

3.5.1 Qualité des eaux littorales

3.5.1.1 Les indicateurs généraux des eaux marines

- Les indicateurs généraux des eaux marines comprennent les valeurs de température, salinité, et O^2 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.

3.5.1.2 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).

3.5.1.2.1 Charge particulaire

En matière de turbidité (Tableau 9), 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 9 : 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

3.5.1.2.2 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 10** 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 10 : 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 apparait 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.

3.5.1.2.3 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 campgne 2 (12/2018). Ce taux reste donc bas et ne révèle pas d'anomalies particulières.

3.5.1.3 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 11 : 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 ».

3.5.2 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 facies de la plage vers le large (Carex et Arvam 2005, Pareto & Bceom, 200 ; Montaggioni & Faure, 1980 in Biotope, 2016 - Figure 20). 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 inexistants 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 facies de méga-blocs basaltiques et beach rock (grés de plage) colonisés par la faune corallienne mais également des facies 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 20 : 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 réalisées[2] et de la bibliographie disponible.

3.5.2.1 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 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 21** et **Figure 22**).

[2] Le front récifal n'a pas pu être exploré du fait des conditions hydrodynamiques dangereuses



Figure 21 : Imagerie drone laissant apparaître le début de ces éperons/sillons caractéristique de cette pente externe. © Ocean Obs, 2021.

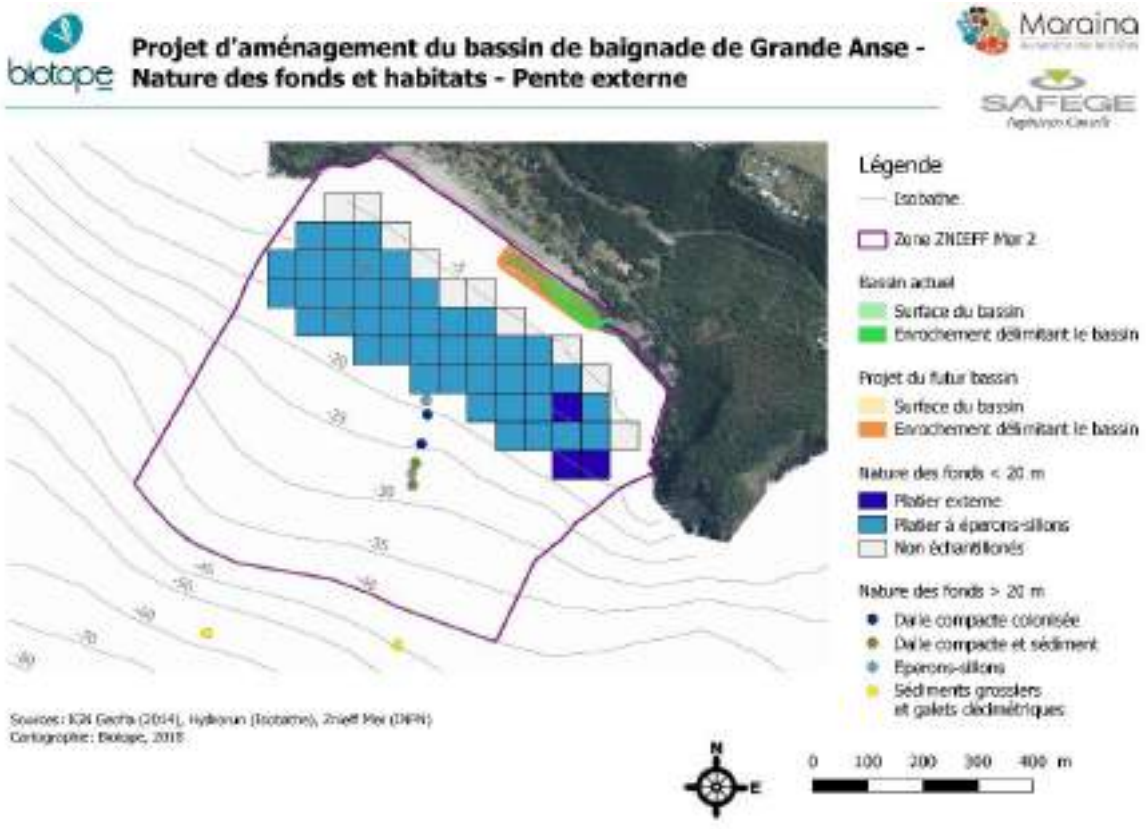


Figure 22 : Résultats des reconnaissances vidéo sur la pente externe entre 4 et 14 mètres et au-delà de 15 mètres.

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 23** et **Figure 24**). La couverture coralienne 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 25**).

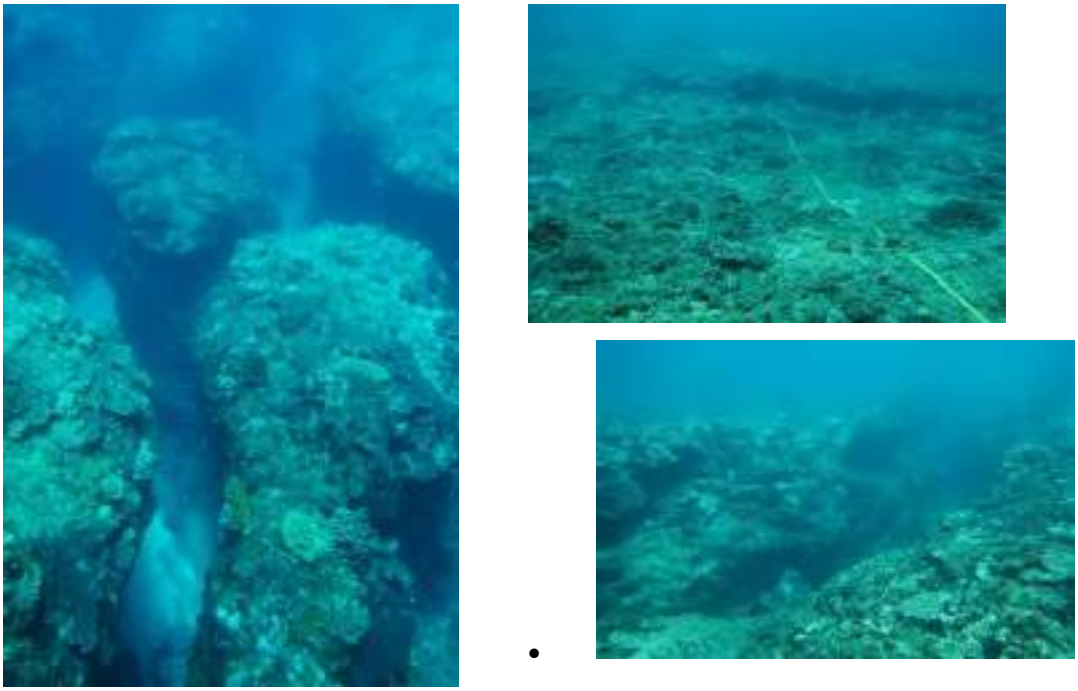


Figure 23 : Éperons-sillons très marqués dans la zone des 8-9 mètres de profondeur (© Biotope, 2018).

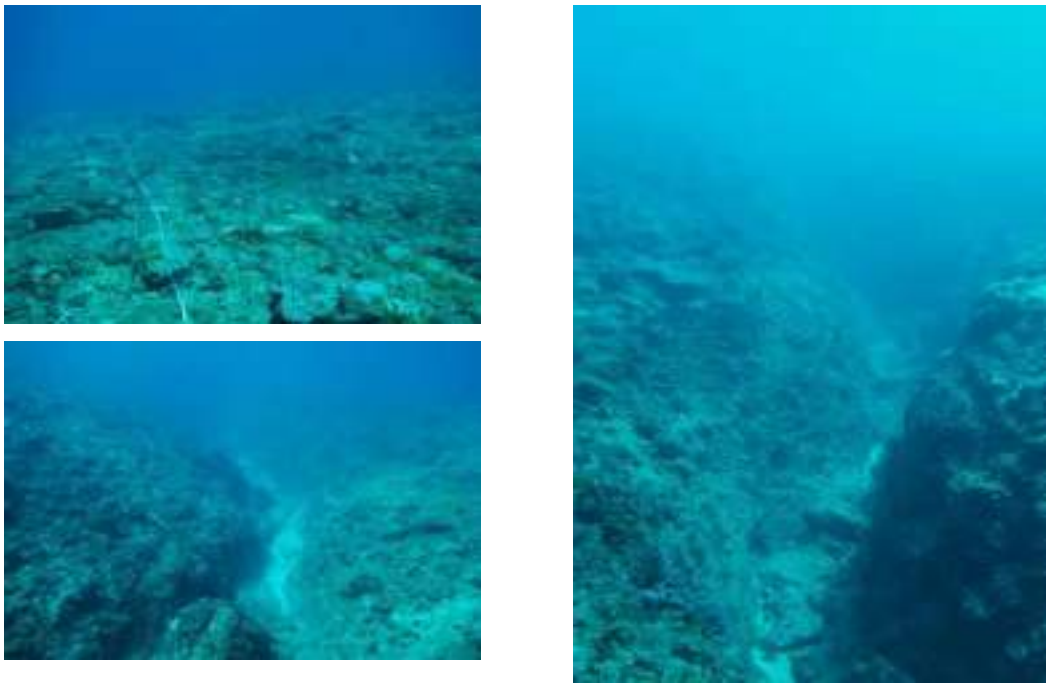


Figure 24 : Éperons-sillons moins marqués dans la zone des 12-13 mètres (© Biotope, 2018)



Figure 25 : Fonds à sédiments grossiers associés à des galets décimétriques (© Biotope, 2018)

3.5.2.2 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 26**). Le platier interne est fermé d'un côté par le front récifal et délimité de l'autre par le beach-rock. La couverture coralienne semble assez faible excepté exceptée pour certaines zones où les colonies coraliennes se concentrent (**Figure 27**). 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.

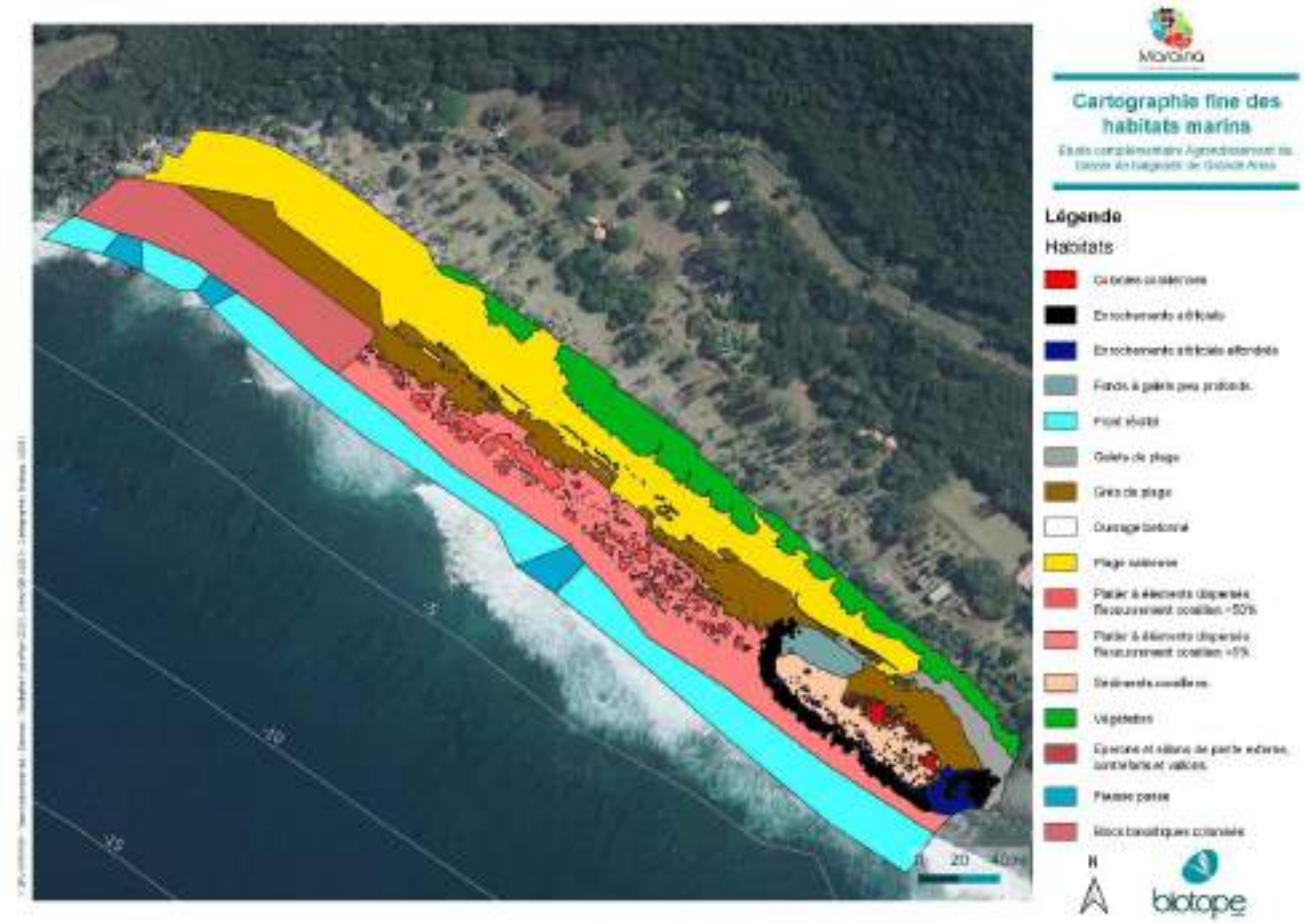


Figure 26 : Habitats et géomorphologie du platier interne de Grande Anse. Cartographie combinant les analyses de terrain,données bibliographiques et imageries aérienne par drone (d'après Carex et Arvam, 2005 ;Pareto, BCEOM, 2004 et Biotope/Ocean Obs, 2021).

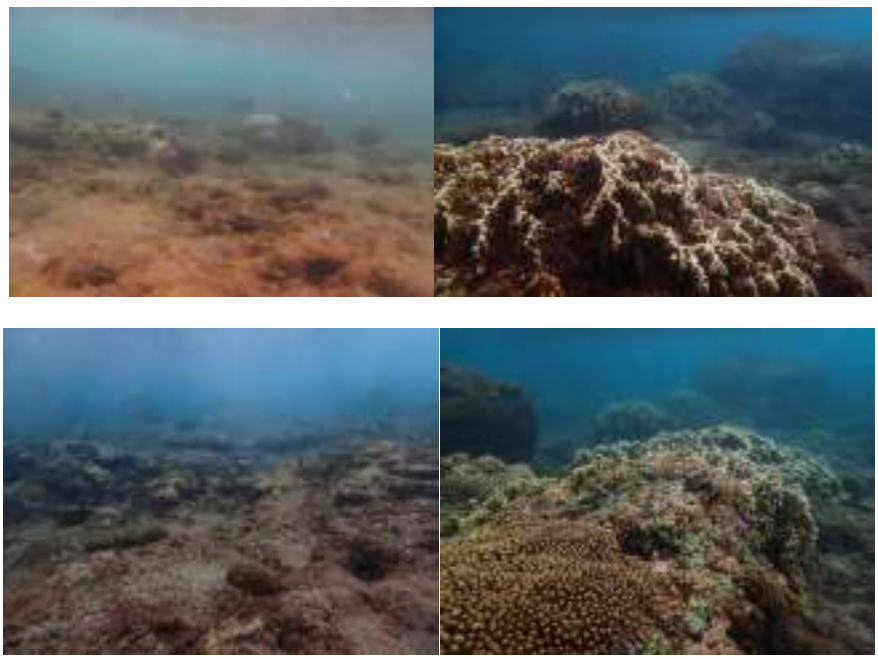


Figure 27 : A gauche, couverture coralienne faible voire nulle à proximité du bassin de baignade, à droite couverture plus importante dans la zone sud-ouest du bassin (© Biotope, 2018).

3.5.2.3 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 grés basaltique, ainsi que du sable et débris corallien (SPL Maraina, 2016 - **Figure 28**). 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 grés (Carex et Arvam, 2005).

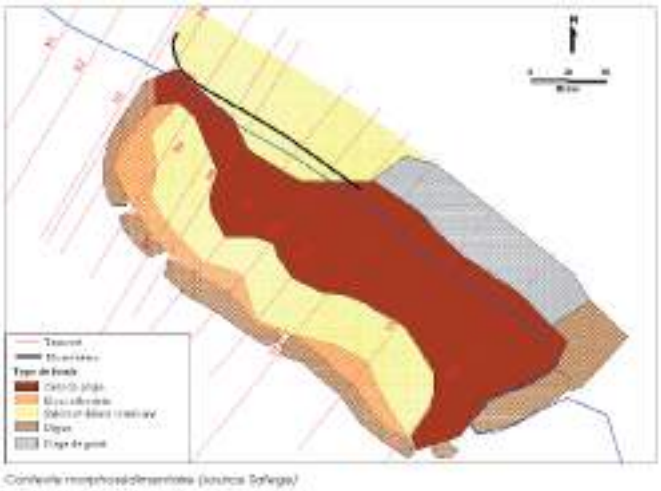


Figure 28 : Contexte morpho-sédimentaire du bassin de baignade (d'après SPL MARAINA, 2016).



Figure 29 : 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 34) :

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).

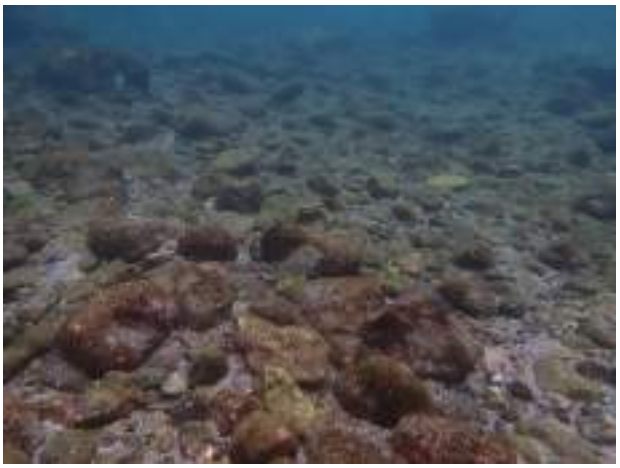


Figure 30 : Fonds à galets à l'entrée du nord du bassin. © Biotope, 2021.

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 31 : 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 coraliennes.



Figure 32 : 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 33 : Colonies coralliennes présentes au niveau de la partie sud -est du bassin. © Biotope, 2021.

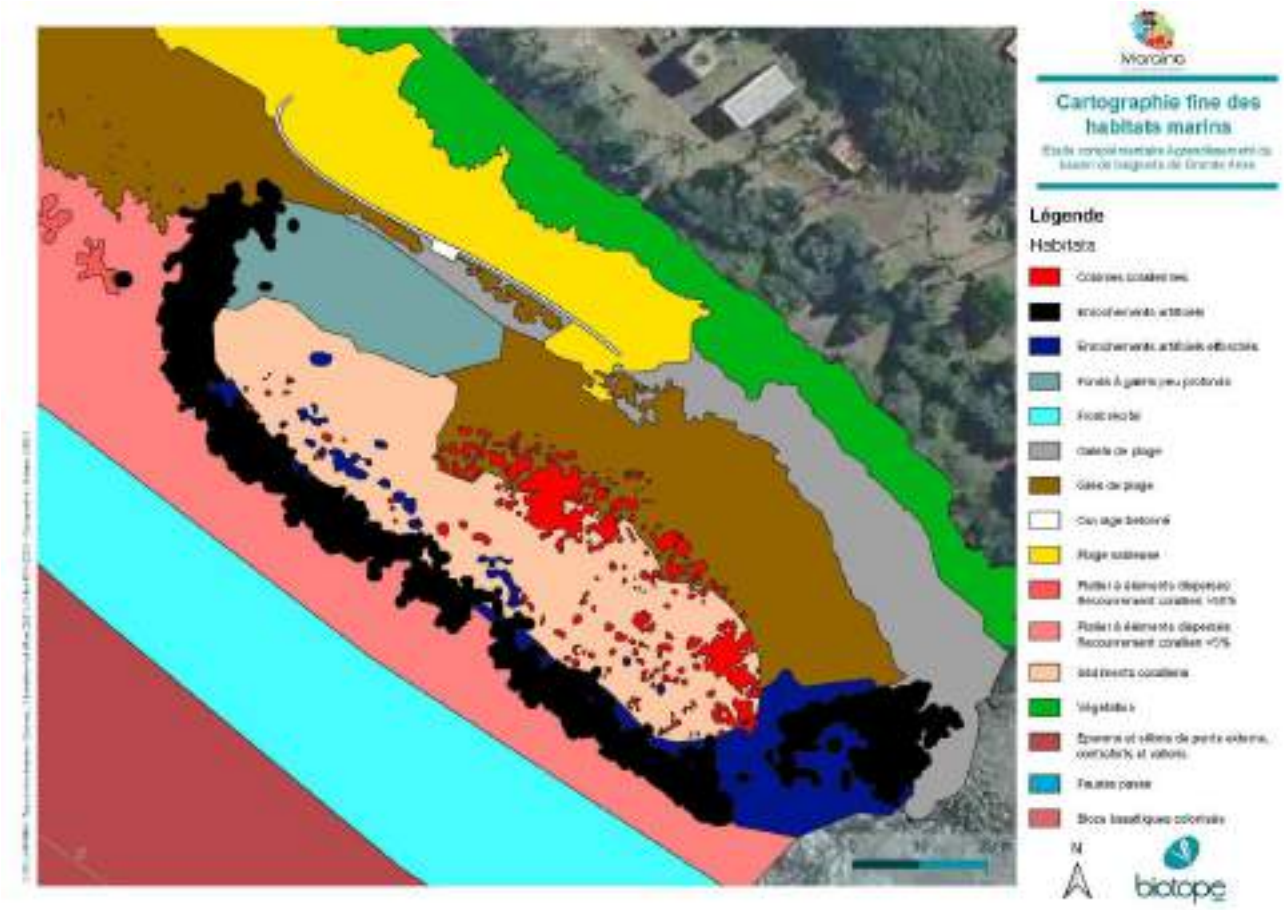


Figure 34 : Cartographie fine des habitats du bassin de baignade de Grande Anse (actualisation 2021)

3.5.3 Milieu biologique

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 facies 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 ou 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 individu).

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).

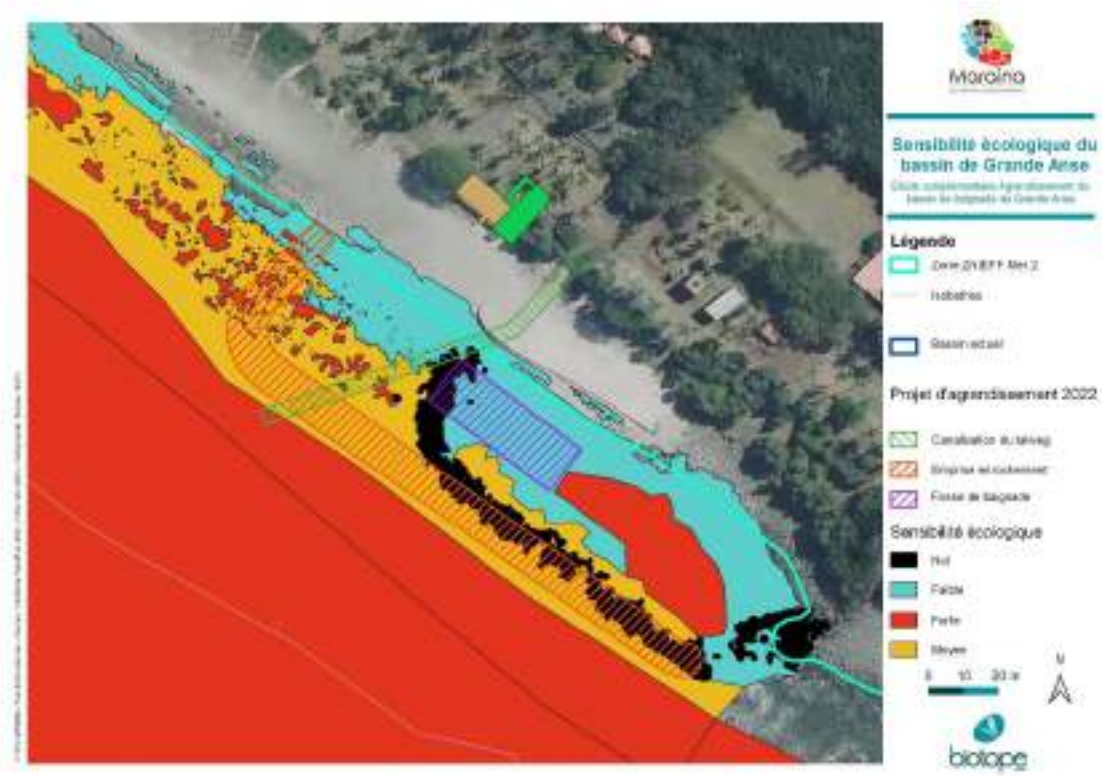


Figure 35 : Carte de synthèse des enjeux pour les biocénoses marines

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.

Figure 36 : EmContexte agricole et industriel

3.5.4 Agriculture

Petite-Ile est une commune qui se développe mais reste marquée par son caractère rural. En termes d'activité, près de la moitié des actifs de la commune occupent un emploi dans le secteur public (en progression depuis 2011) tandis que l'agriculture emploie 15 % des actifs.

Tableau 12 : Emploi selon secteur d'activité à Petite-Ile (INSEE)

	2016				2011	
	Nombre	%	dont femmes en %	dont salariés en %	Nombre	%
Ensemble	2 282	100,0	45,1	75,2	2 221	100,0
Agriculture	347	15,2	26,3	32,4	412	18,5
Industrie	117	5,1	31,8	66,2	129	5,8
Construction	202	8,8	8,6	54,4	234	10,5
Commerce, transports, services divers	593	26,0	42,2	78,7	598	26,9
Administration publique, enseignement, santé, action sociale	1 023	44,8	64,0	92,9	850	38,3

L'agriculture représente une pression pesant sur la qualité de la masse d'eau côtière FRLC104. L'état des lieux de la masse d'eau côtière indique cette pression est peu significative sur la masse d'eau. Cependant, des traces de pesticides et des HAP ont été retrouvés et contribuent à faire peser le risque de non atteinte des objectifs écologiques à l'horizon 2021.

3.5.5 Industrie

Aucune activité industrielle n'est recensée sur le secteur d'étude, ni à proximité.

3.6 Contexte démographique, économique et touristique

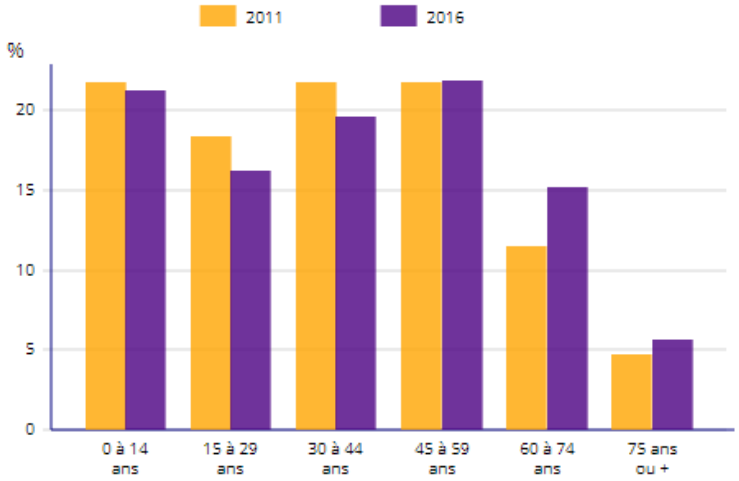
La zone d'étude se trouve sur la commune de Petite-Ile, dans le Sud Sauvage de l'Île. Il s'agit d'une commune encore très marquée par la ruralité.

3.6.1 Démographie

La commune de Petite-Île comptait 12 236 habitants (recensement de la population 2016, INSEE). La population est, à l'instar du reste de l'île très jeune avec près de 40 % de la population âgée de moins de 30 ans. On note néanmoins un vieillissement de la population entre 2011 et 2016 avec une augmentation de la part des 60-74 ans.

Tableau 13 : Classement de la population par grandes tranches d'âges

	2016	%	2011	%
Ensemble	12 236	100,0	11 573	100,0
0 à 14 ans	2 609	21,3	2 519	21,8
15 à 29 ans	1 986	16,2	2 131	18,4
30 à 44 ans	2 397	19,6	2 522	21,8
45 à 59 ans	2 681	21,9	2 527	21,8
60 à 74 ans	1 861	15,2	1 334	11,5
75 ans ou plus	703	5,7	541	4,7



Source : INSEE, Recensements de population 2011 et 2016

Tableau 14 : Chiffres-clés de la population de Petite-Ile (INSEE)

Population	Petite-Ile (97405)
Population en 2016	12 236
Densité de la population (nombre d'habitants au km²) en 2016	360,6
Superficie (en km²)	33,9
Variation de la population : taux annuel moyen entre 2011 et 2016, en %	1,1
dont variation due au solde naturel : taux annuel moyen entre 2011 et 2016, en %	0,9
dont variation due au solde apparent des entrées sorties : taux annuel moyen entre 2011 et 2016, en %	0,2
Nombre de ménages en 2016	4 830
Sources : Insee, RP2011 et RP2016 exploitations principales en géographie au 01/01/2019	
Naissances domiciliées en 2017	137
Décès domiciliés en 2017	79
Source : Insee, état civil en géographie au 01/01/2018	

Les résidences principales représentent la quasi-totalité des logements de la commune (plus de 90%) et moins de 3% des logements sont des résidences secondaires. De plus, près de 70% des résidents sont propriétaires de leur habitation (INSEE, 2016).

Tableau 15 : Chiffres-clés du logement de Petite-Ile (INSEE)

Logement	Petite-Ile (97405)
Nombre total de logements en 2016	5 322
Part des résidences principales en 2016, en %	90,7
Part des résidences secondaires (y compris les logements occasionnels) en 2016, en %	2,2
Part des logements vacants en 2016, en %	7,1
Part des ménages propriétaires de leur résidence principale en 2016, en %	68,4
Source : Insee, RP2016 exploitation principale en géographie au 01/01/2019	

3.6.2 Tourisme

Les chiffres présentés précédemment traduisent un faible développement touristique sur la commune. On peut ajouter que seul un hôtel est implanté sur la commune : il s'agit d'un hôtel 5 étoiles surplombant Grande Anse. Cet établissement de 65 chambres, comprenant des suites et lodges, un spa et un restaurant gastronomique. Il contribue à la valorisation du secteur de Grande Anse, haut-lieu touristique de l'île.

Aucun autre établissement collectif n'existe sur la commune. Néanmoins, la location saisonnière se développe et il est possible de trouver des maisons mises en location par des particuliers pour des séjours tout au long de l'année.

L'arrière-plage de Grande a récemment (2019) fait l'objet de travaux pour améliorer le confort des usagers qui viennent en grand nombre, notamment, le week-end profiter du cadre exceptionnel et partager les traditionnels pique-niques familiaux.

3.7 Occupation du sol

3.7.1 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 qui a fait l'objet d'une révision approuvée le 22 novembre 2011 par décret en conseil d'Etat.

Le Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) identifie trois sites pour la réalisation de bassins de baignade artificiels dans le but de diversifier l'offre de baignade et de limiter les pressions sur les sites sensible et notamment le site de Grande Anse à Petite-Ile.

La carte d'occupation du sol issue du SAR montre que les espaces situés en amont du bassin de baignade sont essentiellement à vocation agricole. Toutefois, des poches, proches du littoral, sont dédiées à l'urbanisation.

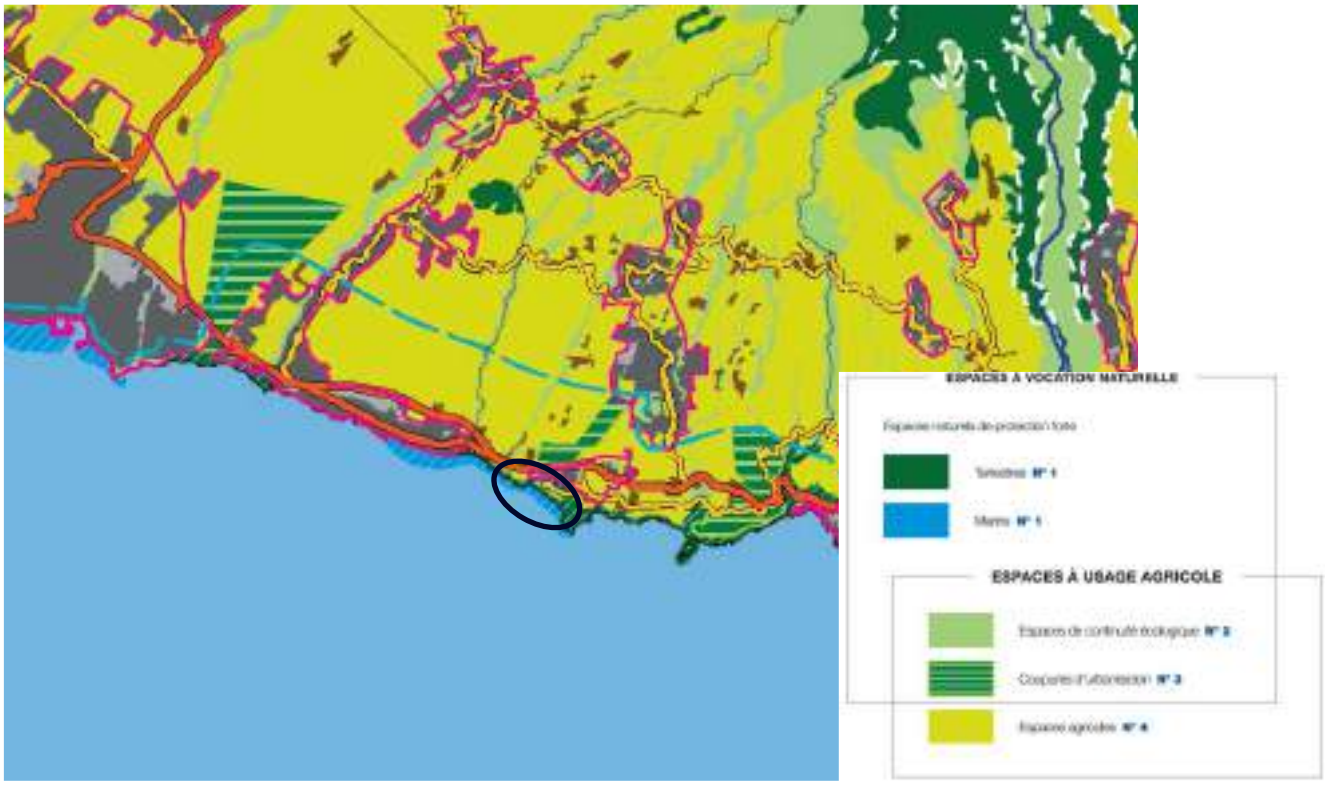


Figure 37 : Extrait du SAR

3.7.2 Plan Local d'Urbanisme (PLU)

Le Plan Local d'Urbanisme en vigueur a été approuvé le 23 février 2017 et modifié le 1er septembre 2017.

Ce document permet de planifier, en cohérence avec les prescriptions du SAR, l'occupation du sol sur la commune. L'extrait de la carte du PLU ci-après, permet de vérifier qu'au plus proche du littoral, des zones urbanisées existent et tendent à se développer. En amont, les espaces agricoles dominent les pentes.



Figure 38 : Extrait du Plan Local d'Urbanisme au niveau du site d'étude

3.8 Plage et bassin de baignade actuels

La plage de grande Anse mêle sédiments d'origine basaltique et corallienne. Elle s'étend sur toute l'anse et est dotée d'un bassin de baignade sur sa partie sud.

L'arrière-plage vient d'être réaménagé pour améliorer le confort des très nombreux usagers du site. Des cheminements piétons perméables permettent de longer toute l'Anse, de grandes pelouses sont utilisées comme aires de pique-nique, équipées de barbecue en béton et acier Corten, des terrains de jeux (pétanque, beach-volley) ont également été aménagés, ainsi que des sanitaires publics.

Un snack-bar est présent sur la partie Nord de l'Anse, contigu à la zone de stationnements entièrement revue et perméable.

Le trait de côte est également fragilisé du fait du piétinement des visiteurs, des travaux de réaménagement. En effet, depuis les pelouses de l'arrière-plage, l'accès à la plage se fait via des accès non formalisés.

Des boudins géotextiles permettent de stabiliser l'arrière-plage (face à l'érosion résultant des fortes houles typiques de la saison cyclonique).

L'actuel bassin de baignade a été aménagé en utilisant des enrochements (basalte) protégeant une zone des courants et de la houle qui rendent la baignade en mer dangereuse sur le reste de l'anse.

La surface actuelle du bassin est d'environ 375 m². Officiellement, la zone n'est pas autorisée à la baignade car il n'existe aucun poste de surveillance sur le site.

4 QUALITE SANITAIRE DES EAUX DE BAIGNADE

4.1 Classe du site de baignade

Le référentiel de classement correspond aux valeurs seuils établies par la Directive 2006/7/CE pour les percentiles calculés sur 4 ans (tableau ci-dessous), applicables pour les eaux de baignade. La fréquence de prélèvement doit être de 4 au minimum par saison, à une fréquence bimensuelle.

Tableau 16 : Valeurs seuils et classe de qualité pour les eaux côtières, selon la directive 2006/7/CE

	EXCELLENTE	BONNE	SUFFISANTE	INSUFFISANTE
ESCHÉRICHIA COLI (UFC/100 ML)	Percentile 95 ≤ 250	Percentile 95 ≤ 500	Percentile 90≤ 500	Percentile 90> 500
ENTEROCOQUES INTESTINAUX (UFC/100 ML)	Percentile 95 ≤ 100	Percentile 95 ≤ 200	Percentile 90 ≤ 185	Percentile 90> 185

En parallèle, l'ANSES préconise pour ces mêmes indicateurs des valeurs limites correspondant à des seuils impératifs d'action, seuils à partir desquels un risque sanitaire peut apparaître.

*NB : Pour l'eau salée, ces valeurs sont de **250 UFC/100ml pour E. coli**, et **100 UFC/100ml pour les entérocoques intestinaux**.*

Le site n'étant actuellement pas autorisé à la baignade, toutefois, l'ARS a poursuivi les suivis de la qualité des eaux de baignade.

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 17**). **La qualité des eaux de baignade du site de Grande Anse est bonne.**

Tableau 17: Synthèse des suivis de qualité des eaux de baignade de 2015 à 2020 (d'après ARS)

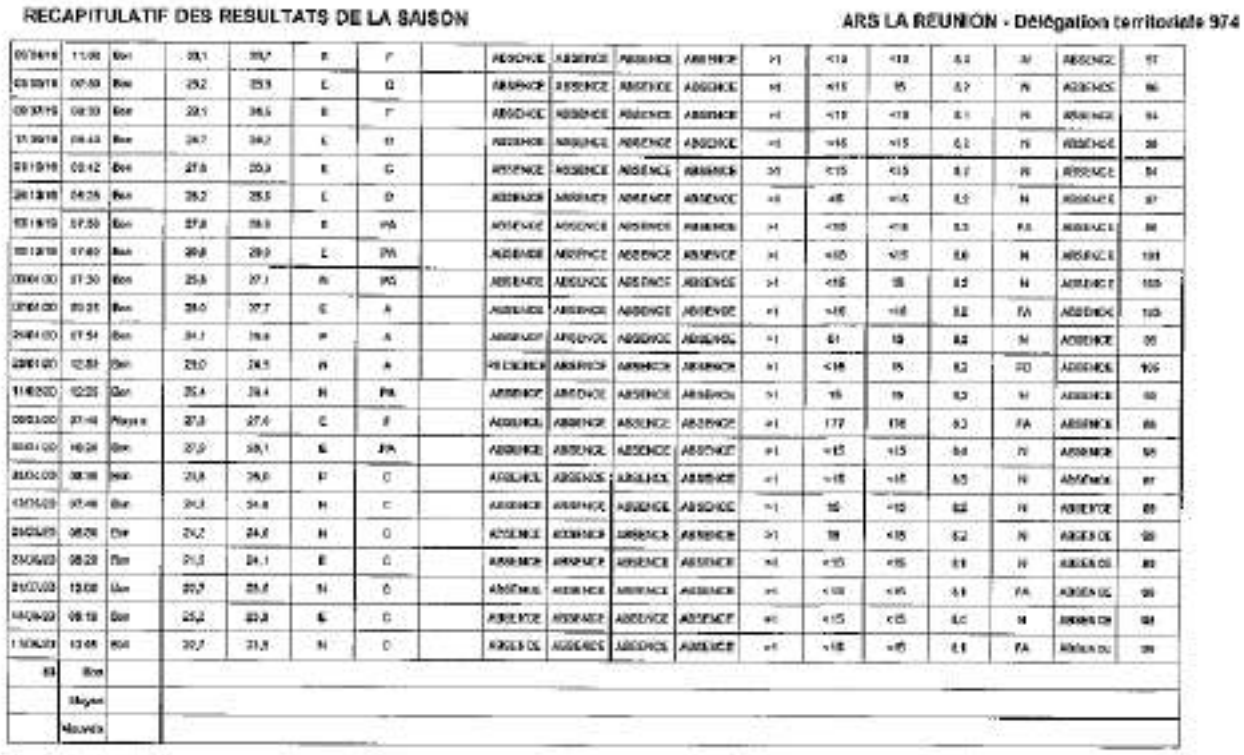
Etat	Nombre de mesure	% des mesures
Bon	76	95 %
Moyen	3	3.75%
Mauvais	1	1.25%
Total	80	

RECAPITULATIF DES RESULTATS DE LA SAISON

ARS LA REUNION - Délégation territoriale 974

PETITE-ILE

974000691 - PLAGE GRANDE ANSE 349 530 7 636 174


RECAPITULATIF DES RESULTATS DE LA SAISON

ARS LA REUNION - Délégation territoriale 974

4.2 Sources internes potentielles de contamination

4.2.1 Renouvellement de l'eau dans le bassin

4.2.1.1 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 :

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

Avec :

- $T_{chasse(80\%)}$ (temps de chasse ou *flushing time*) le temps nécessaire pour renouveler 80% du volume du bassin ;
- vol_{bassin} le volume du bassin (en m^3) ;
- $T_{marée}$ 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 :

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

4.2.1.2 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 topo-bathymétriques 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 (0,6mx85% + 1,6mx15%).

Les rapports $vol_{bassin}/(vol_{tidal}+vol_{franchissant})$ ont ainsi été calculés les différents marnages Δh (morte-eau, marée moyenne, et vive-eau) (cf. Tableau 18).

Tableau 18 : Volumes franchissants V_{fr} (en m^3/m), Volume tidal (Vtidal) et *in fine* des rapports $V_{bassin}/(V_{tidal}+V_{fr})$ du projet d'extension du bassin.

Marée	Vfr2 [m^3/m] (nouveau projet)	Vtidal [m^3/m]	Vbassin [m^3/m]	$= \frac{Vbassin}{(Vtidal + Vfr2)}$
Morte-eau (Δh=0.15 m)	10.5	5.25	21.35	1.36
Moyenne (Δh=0.45 m)	30	15.75		0.47
Vive-eau (Δh=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.**

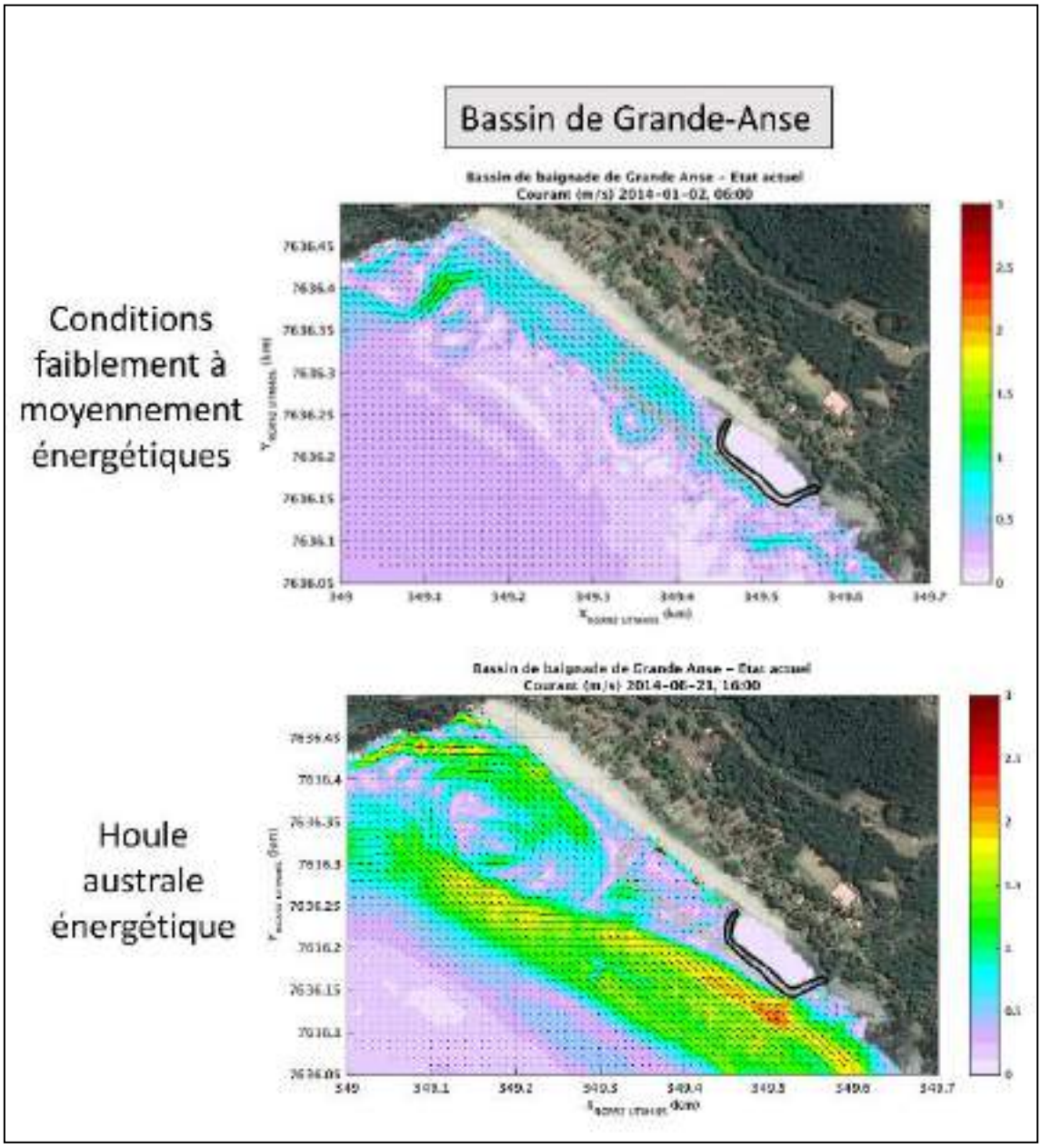


Figure 39 : Conditions des circulation littorales (courants en m/s) sur le site du bassin de Grande-Anse pour différentes conditions de vagues incidentes.

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

Tableau 19 : 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 39),
- 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).

4.2.2 Contamination d'origine humaine

La fréquentation maximale journalière est fixée à 1000 personnes par jour.

Le bassin de baignade sera accessible directement par l'ensemble des personnes présentes sur le site, dont l'entrée est libre. Les usagers pourront, comme actuellement évoluer librement entre l'arrière-plage, la plage et le bassin de baignade.

Il n'y aura pas de douche obligatoire ou de pédiluve limitant l'apport de germes par les baigneurs.

Le respect de règles d'hygiène passant par les équipements mis à la disposition des baigneurs et la sensibilisation du public sont particulièrement importants en baignade artificielle. Le projet prévoit la réalisation d'un bâtiment d'accueil comportant des sanitaires et des douches, qui seront installées sur l'arrière-plage.

De plus, le renouvellement de l'eau permettra d'éviter la contamination du bassin.

4.2.3 Algues et cyanobactéries

Aucun épisode de prolifération d'algue verte n'est recensé par la commune.

Concernant les cyanobactéries, le développement d'efflorescences est favorisé notamment par l'eutrophisation des plans d'eaux, les températures élevées et une faible agitation du milieu. Dans les eaux de baignade, c'est la présence d'écume d'origine cyanobactérienne qui est la plus

dangereuse pour la santé car elle peut provoquer des atteintes graves du système nerveux (par le biais des cyanotoxines). La plupart des cas problématiques ont été observés en eaux douces.

Il n'y a jamais eu de suivi des cyanobactéries par l'ARS sur le site de baignade de Grande Anse. Aucune efflorescence cyanobactérienne n'a été recensée par la Mairie.

La circulation d'eau ans le bassin de baignade permettra d'éviter le développement des algues et cyanobactéries.

4.3 Sources externes de contamination potentielles

4.3.1 Assainissement des eaux usées

A Petite-Ile, 3% des logements étaient équipés du tout-à-l'égout en 2016 (INSEE, 2016). Bien qu'en progression, ce chiffre reste très faible. L'assainissement autonome est plus susceptible d'entraîner des pollutions des eaux superficielles. En cas de fortes pluies, ces pollutions sont susceptibles d'être transportées jusqu'à la masse d'eau côtière et, par conséquent, dans le bassin de baignade.

Tableau 20 : Equipement des logements à Petite-Ile (INSEE, 2016)

	2016	%	2011	%
Ensemble	**4 830**	**100,0**	**4 383**	**100,0**
Electricité dans le logement	*4 797*	*99,3*	*4 348*	*99,2*
Eau chaude dans le logement	*4 504*	*93,3*	*3 980*	*90,8*
Baignoire ou douche et WC à l'intérieur	*4 743*	*98,2*	*4 296*	*98,0*
Chauffe-eau solaire	*2 940*	*60,9*	*2 192*	*50,0*
Pièce climatisée	*721*	*14,9*	*473*	*10,8*
Tout à l'égout	*137*	*2,8*	*91*	*2,1*

En ce qui concerne l'assainissement collectif, les stations d'épuration rejettent leurs eaux après traitement directement dans les masses d'eau côtières. Les stations sous-dimensionnés ou les réseaux mal entretenus présentent un risque de débordement ou de rupture de canalisation, pouvant engendrer des pollutions à l'aval.

La STEP de Saint-Joseph, inaugurée en 2015, a une capacité de traitement de 18 500 habitants et rejette les eaux dans la masse d'eau côtière FRLC104.

Le procédé d'épuration repose sur le principe de « boues activées ». Ce procédé biologique, rustique et fiable a déjà fait ses preuves à l'échelle nationale. Couplé à des systèmes de filtres à sable et de désinfection à ultra-violets, ce procédé permet d'atteindre une qualité d'eau de type « baignade » au point de restitution en mer.

De plus, les études courantologiques, et les modèles de propagation des eaux traitées ont démontré l'absence d'influence de la station d'épuration sur les zones de baignade environnantes. Le risque de pollution lié à l'assainissement collectif dans le bassin de baignade est donc négligeable.

4.3.2 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique peut constituer une source potentielle de contamination des eaux de baignade, car il constitue un milieu récepteur des eaux pluviales et de certaines eaux usées, caractérisées par de fortes concentrations en germes bactériologiques provenant de déjections animales et/ou de mauvais branchement de réseaux. Ces eaux peuvent ensuite se rejeter dans le milieu et ainsi contaminer les eaux de baignades.

Un talweg se rejette actuellement directement dans la masse d'eau côtière à Grande Anse, au droit de la zone d'extension du bassin de baignade. En cas de fortes pluies, les pollutions sont susceptibles d'atteindre le bassin de baignade.

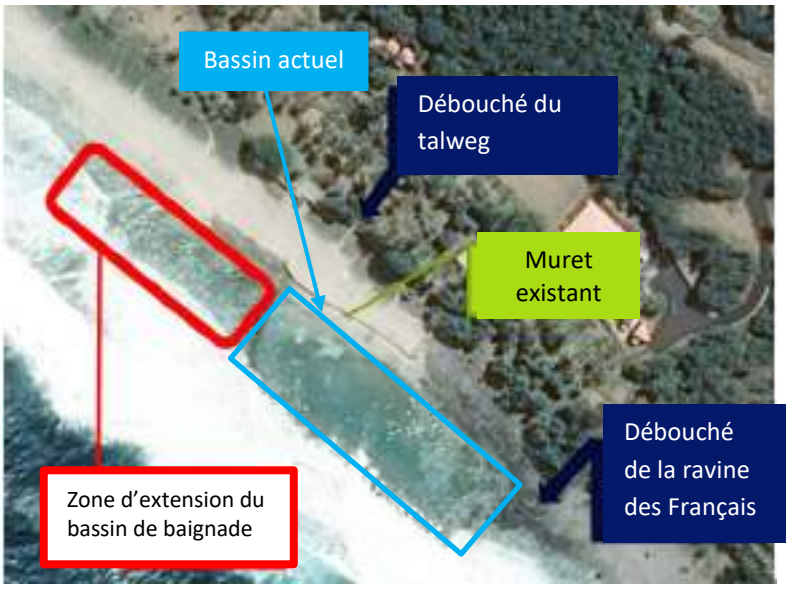


Figure 40 : Localisation du talweg

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.

Le talweg actuel 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. Malgré tout, il n'y pas de dépôt sur le point bas et que celui-ci est enherbé, ce qui tend à indiquer que la problématique de risque de transport solide propre à la ravine est limitée.



Figure 41 : Vue du ponceau sur le talweg

Le talweg sera donc canalisée sous la plage et le bassin de baignade pour un rejet dans la masse d'eau côtière, au-delà du bassin de baignade.

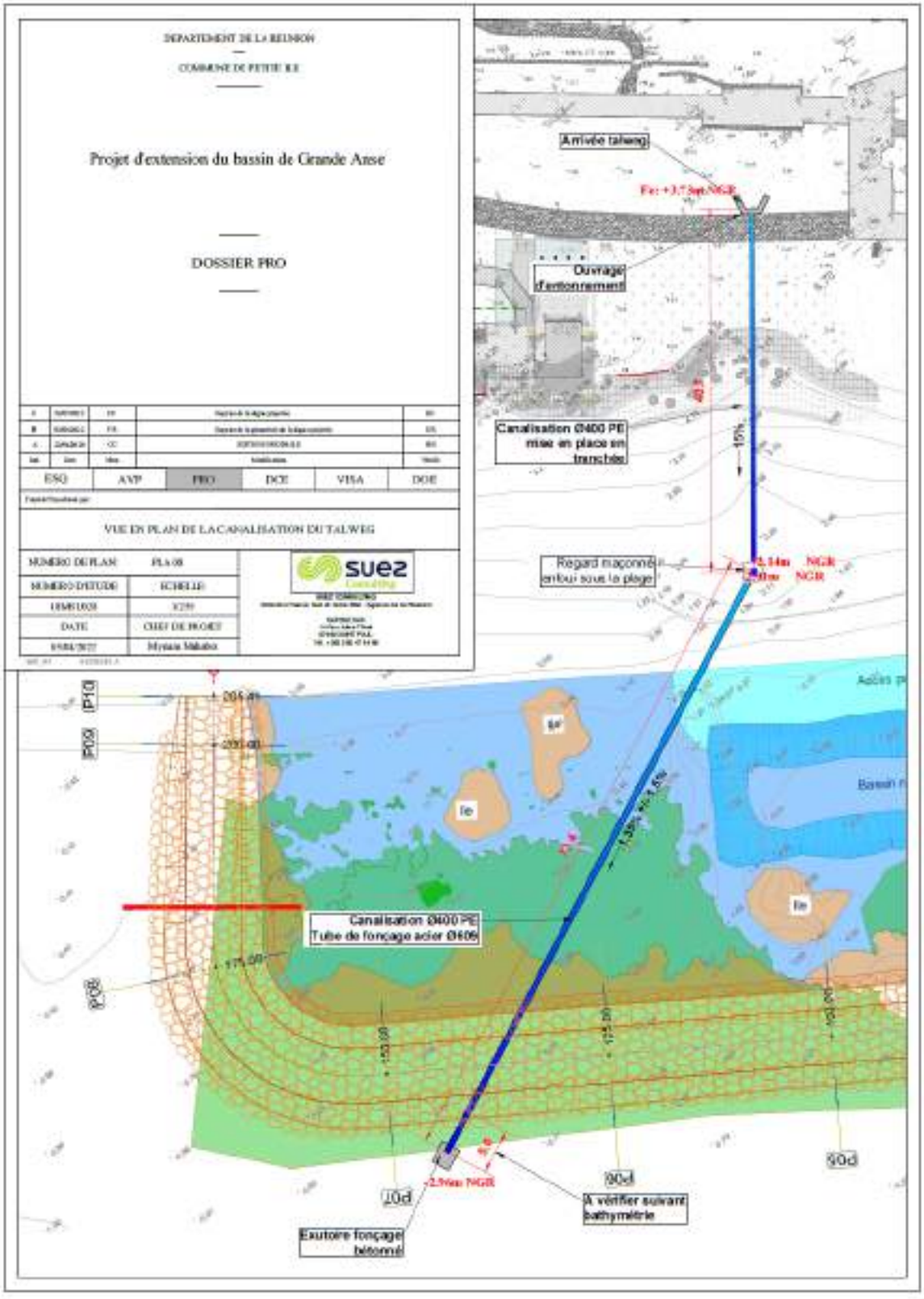


Figure 42: Plan de masse de la canalisation du talweg

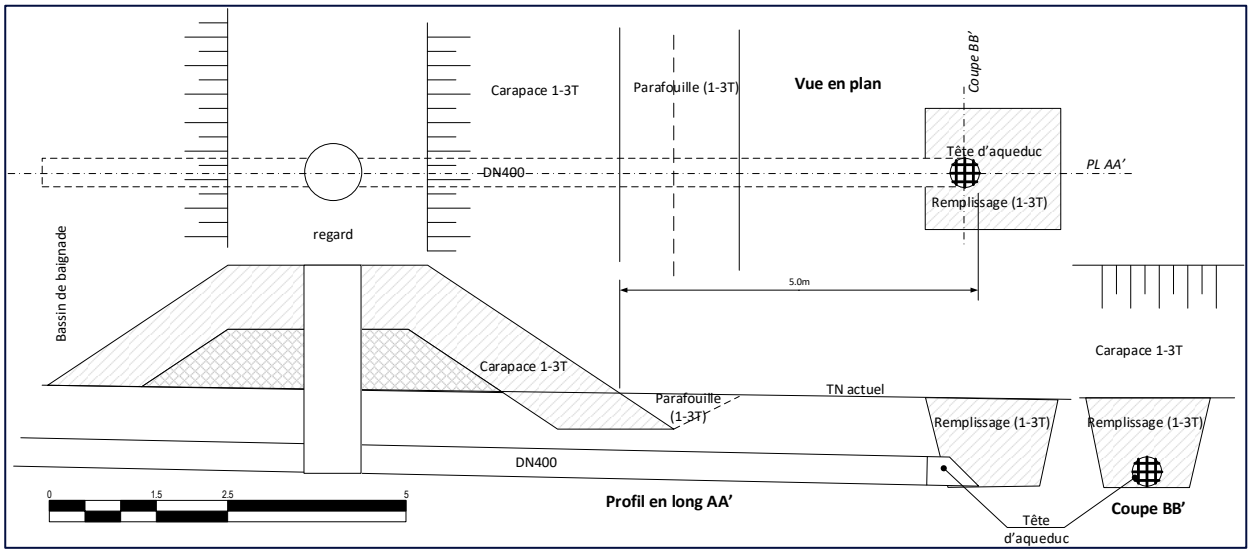


Figure 43 : Vue de détail du débouché en mer de l'ouvrage hydraulique

Il est donc prévu de faire déboucher la canalisation dans une fosse remplie de matériaux drainants et résistants à la houle. Un accès pourra alors être créé au niveau de la digue afin de procéder à un curage si nécessaire.

Cet aménagement contribuera à réduire considérablement le risque de pollution des eaux de baignade du bassin puisque les rejets d'eau se feront en dehors de son emprise. Toutefois, un risque de contamination ponctuelle par ces rejets ne peut être totalement exclue du fait de l'influence potentielle des courants marins.

4.3.3 Eaux pluviales

Dans le cas de réseaux séparatifs, les eaux de ruissellement sur les chaussées et autres surfaces imperméabilisées sont collectées séparément des eaux usées. Les eaux pluviales présentent une charge bactériologique qui peut être dans certains cas comparable à un rejet d'eaux usées brutes (Blanchet et al. 2007) et elles sont rejetées sans traitement dans le milieu naturel. La charge bactériologique de ces rejets a pour origine :

- les mauvais branchements : évacuation des eaux usées branchée sur le réseau pluvial ;
- le lessivage des déjections animales (chiens, oiseaux) présentes sur les chaussées et les toits ;
- le débordement du réseau d'eaux usées qui s'effectue dans certains cas vers le réseau pluvial.

La charge bactériologique des rejets pluviaux est d'autant plus grande que la période de temps sec précédant l'épisode pluvieux est importante. En effet, la charge bactériologique accumulée sur les surfaces et dans le réseau est alors très importante.

Les eaux pluviales des zones de stationnement sont normalement gérées en amont, sur le secteur de l'arrière-plage qui a été entièrement réaménagé en 2019.

Néanmoins, en cas de fortes pluies, les eaux pluviales chargées en éléments fins (apports terrigènes) ainsi qu'en résidus de gomme de pneumatiques et matières polluantes (hydrocarbures) issues des voiries, se retrouvent directement dans la masse d'eau côtière.

De plus la Ravine des Français se rejette directement dans la masse d'eau côtière à Grande Anse. Cette ravine est potentiellement l'exutoire de voiries en amont du bassin de baignade.

Le bassin pourra donc être ponctuellement pollué en raison des rejets d'eaux pluviales. De plus, l'apport d'eau douce dans le bassin de baignade sera susceptible de perturber temporairement les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

4.3.4 Agriculture

L'activité agricole représente un risque potentiel de pollution en raison des intrants chimiques ainsi que des engins motorisés utilisés sur les exploitations situées en amont du site de baignade de Grande Anse.

L'état de la masse d'eau côtière n'est pas connu vis-à-vis des paramètres « nutriments », « polluants spécifiques » et « contaminants chimiques ». **Le lessivage des terres agricoles pourrait constituer une source de pollution potentielle pour la masse d'eau côtière par apport de nutriments, favorisant le développement du phytoplancton responsable des phénomènes d'eutrophisation.**

Le futur bassin de baignade pourrait également être exposé à une dégradation de la qualité chimique et biologique de l'eau, notamment en raison de l'utilisation d'intrants (pesticides : hexachlorobenzène et endosulfan) et le recours à des engins motorisés (HAP) dans les champs situés en amont. En effet, le relief de l'île favorise les ruissellements vers la masse d'eau côtière, notamment lors des épisodes de forte pluie.

4.3.5 Animaux

Les déjections canines sur les plages sont susceptibles d'atteindre le milieu aquatique, notamment lors de précipitations provoquant un ruissellement des eaux de pluie. Ces déjections sont une source d'apport de bactéries fécales dégradant la qualité des eaux de baignade.

Les chiens ne seront pas acceptés dans le bassin de baignade de Grande Anse et ils doivent être tenus en laisse sur l'arrière-plage. Des panneaux de signalisation permettront de sensibiliser les usagers sur la nécessité de ramasser les déjections de leurs chiens.

Cependant, le site ne sera pas clôturé et l'errance animale est un problème présent sur l'ensemble de l'île, notamment sur les zones habitées. Il est fréquent d'observer des chiens errer sur les plages, y compris à Grande Anse. Néanmoins, cela ne semble pas affecter la qualité des eaux de baignade sur les autres sites de baignade de l'île.

La conception du bassin (renouvellement de l'eau) permettra de prévenir une contamination de ce type.

4.3.6 Activités marines

Très peu d'usages directs sur le milieu marin ont été recensés à proximité de la zone de projet :

- Pêche à la ligne depuis le bord,
- Pêche depuis une embarcation (peu pratiquée en raison des conditions hydrodynamiques peu favorables sur le secteur),
- Plongée par très beau temps et bonne visibilité.

Ces activités ne constituent pas de risque pour la qualité de l'eau de mer. Cette partie du littoral réunionnais est peu fréquentée pour la navigation de plaisance.

5 PHASE 2 : DIAGNOSTIC

La baignade peut présenter des risques pour la santé si une pollution affecte la qualité de l'eau. Le principal risque est infectieux, lié à la présence de germes pathogènes pouvant être à l'origine de pathologies de la sphère ORL, de l'appareil digestif (gastro-entérite) ou des yeux.

L'objectif de ce volet est de caractériser le potentiel de pollution de la qualité de l'eau de la future zone de baignade évaluée à partir des indicateurs retenus par la Directive 2006/7/CE et ceux préconisés par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement (ANSES, ex-AFSSET)[3] à savoir :

- Les concentrations en germes bactériens témoins de contamination fécale, et éventuellement les autres agents pathogènes si des campagnes spécifiques ont été menées,
- La prolifération du phytoplancton, notamment des cyanobactéries.

L'analyse des données existantes s'appuie sur les données récoltées dans le cadre des Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux de La Réunion 2010-2015 et 2016-2021, ainsi que sur des campagnes de prélèvements réalisées en 2016-2017 dans le cadre du projet d'ouverture du centre-ville de la Possession sur le littoral.

5.1 Evaluation du potentiel de pollution bactériologique

5.1.1 Valeurs de références

Le référentiel de classement correspond aux valeurs seuils établies par la Directive 2006/7/CE pour les percentiles calculés sur 4 ans (tableau ci-dessous), applicables pour les eaux de baignade. La fréquence de prélèvement doit être de 4 au minimum par saison, à une fréquence bimensuelle.

Tableau 21: Valeurs seuils et classe de qualité pour les eaux côtières, selon la directive 2006/7/CE

	EXCELLENTE	BONNE	SUFFISANTE	INSUFFISANTE
ESCHÉRICHIA COLI (UFC/100 ML)	Percentile 95 ≤ 250	Percentile 95 ≤ 500	Percentile 90≤ 500	Percentile 90> 500
ENTEROCOQUES INTESTINAUX (UFC/100 ML)	Percentile 95 ≤ 100	Percentile 95 ≤ 200	Percentile 90 ≤ 185	Percentile 90> 185

En parallèle, l'ANSES préconise pour ces mêmes indicateurs des valeurs limites correspondant à des seuils impératifs d'action, seuils à partir desquels un risque sanitaire peut apparaître.
Pour l'eau salée, ces valeurs sont de **250 UFC/100ml pour E. coli**, et **100 UFC/100ml pour les entérocoques intestinaux**.

L'ANSES préconise également d'analyser d'autres indicateurs dans le cadre du suivi de la qualité sanitaire des eaux de baignade, à savoir :

- **Pseudomonas aeruginosa** : indicateur de survie des agents pathogènes adaptés au milieu hydrique, valeur seuil = 10 UFC/100mL, valeur révisée en 2017 par l'ANSES[2] à **100 UFC/100mL** ;
- **Staphylococcus aureus** : indicateur de contamination inter-baigneurs, valeur seuil **20 UFC/100mL**.

5.1.2 Caractérisation de la pollution bactériologique

[3] AFSSET, 2009, Evaluation des risques sanitaires liés aux baignades artificielles, saisine n°2006/SA/011

L'impact des rejets sur une zone de baignade dépend de divers facteurs : quantité de pollution rejetée, éloignement du point de rejet par rapport à la zone de baignade permettant une certaine auto-épuration des rejets, caractéristiques de la dispersion des rejets par les courants marins, la charge microbienne des rejets, et de la survie des micro-organismes dans le milieu aquatique.

Le diagnostic s'appuie donc sur les données existantes et sur des méthodes d'évaluation qualitative.

5.1.2.1 Eaux pluviales

Les eaux de ruissellement générées par les pluies peuvent transporter des micro-organismes provenant des excréments d'animaux, de cultures amandées en composts ou de boues de stations d'épurations.

La zone du centre-ville est fortement urbanisée et le bassin versant amont de la zone de baignade est peu marqué favorisant les ruissellements lors de fortes pluies qui pourraient atteindre la zone de baignade.

Sur la zone de baignade, la gestion des eaux pluviales se fait exclusivement par infiltration via des jardins et des noues. En cas de fortes pluies, les ruissellements et les surverses pourront atteindre la zone de baignade.

5.1.2.2 Ecoulements naturels

De plus, deux ravines ont leur exutoire à proximité de la zone de baignade (Ravine à Marquet et Ravine des Lataniers).

Aucune donnée n'est disponible quant aux périodes de crues et débits caractéristiques de ces ravines. En raison de leur régime intermittent, l'influence des écoulements naturels ne se ferait ressentir également qu'en période de fortes pluies.

En termes de données disponibles sur les crues, il existe des données (1980-1991) de débit sur le haut du cours de la Ravine à Marquet jusqu'à Dos d'Ane. Le bassin versant correspondant est toutefois limité à 2,3 km². Le débit moyen journalier maximum enregistré était de 4,5 m3/s en 1987. Dans l'ensemble le débit ne dépasse que rarement 1 m3/s. A l'aval, il n'existe pas de mesure de débit.

5.1.2.3 Assainissement

5.1.2.3.1 Assainissement collectif

La zone immédiate au bassin de baignade est reliée à l'assainissement collectif et les eaux usées sont acheminées vers la STEP du Port qui rejette en mer au niveau de la Pointe des Galets à un peu plus de 4 km à l'ouest de la zone d'étude.

D'après le schéma courantologique de la baie de la Possession (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), les rejets de cette STEP ne devraient pas avoir d'influence significative sur la zone de baignade.

De plus, le réseau de collecte de eaux usées et/ou installation de traitement peuvent subir des dysfonctionnements entrainants des rejets d'eaux usées non traitées ou partiellement traités dans le milieu naturel.

En l'absence de données supplémentaires, cette source de pollution potentielle sur la zone de baignade n'est pas avérée.

5.1.2.3.2 Assainissement non collectif

Sur la commune de la Possession, environ 38% des habitations sont assainies de façon non collective. Les systèmes d'assainissement autonomes peuvent présenter des dysfonctionnements ou un mauvais raccordement des habitations pouvant entrainer des rejets dans le milieu naturel.

Toutefois, d'après le zonage d'assainissement collectif de la commune (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), les zones d'ANC sont localisées à plus de 1km de la zone de baignade. La ville de la Possession est également dotée d'un Service public d'Assainissement Non Collectif (SPANC) opérationnel depuis octobre 2008.

Le SPANC a notamment pour rôle :

- **Le contrôle de conception et d'implantation** pour vérifier que le projet d'assainissement non collectif est conforme aux arrêtés du 7 septembre 2009 fixant les prescriptions techniques applicables aux systèmes d'assainissement non collectif. Il s'opère en amont de toute construction d'habitat neuf ou de réhabilitation.
- **Le diagnostic avant-vente**. Depuis le 1er janvier 2011, dans le cadre d'une vente d'un logement, le vendeur a l'obligation de justifier de l'état de son installation ANC par l'intermédiaire d'un diagnostic ANC avant la signature de l'acte ou, à défaut, au moment de l'acte de vente notarié.
- **Le contrôle périodique du bon fonctionnement et d'entretien**. Il a pour objectif de vérifier que leur fonctionnement ne crée pas de nuisances environnementales et/ou de problèmes sanitaires. Il sera réalisé selon une fréquence définie par la commune, allant de 4 à 10 ans.

En conclusion, cette source de pollution potentielle sur la zone de baignade n'est pas avérée.

5.1.2.4 Activités agricoles

Les pratiques agricoles notamment en ce qui concerne l'utilisation d'engrais et de pesticides ont souvent un impact considérable sur la qualité des eaux du fait du drainage par les eaux de ruissellement.

L'activité agricole sur la commune de la Possession est peu développée. De plus, les exploitations recensées sur les bassins versants des Ravines à Marquet et Lataniers dans un rayon de moins de 2km sont de faibles superficies :

- Environ 3 ha pour les cultures de légumes/fleurs au niveau de la Ravine à Marquet ;
- Environ 3.2 ha pour les vergers situés sur le bassin versant de la Ravine des Lataniers.

Des cultures de canne à sucre sont toutefois recensées en amont et traversés par un affluent de la Ravine à Marquet.

En période de fortes pluies, et selon les méthodes d'épandage pratiquées sur ces cultures, les eaux pluviales pourraient transportés des germes bactériologiques jusqu'à la zone de baignade via l'exutoire de la Ravine à Marquet.

En dehors des périodes de pluies, l'impact des activités agricoles sur la pollution bactériologique de la zone de baignade est donc estimé comme faible.

5.1.2.5 Sur-fréquentation du bassin de baignade

Le bassin de baignade sera conçu pour une capacité d'accueil de l'ordre de 150 personnes à raison de 8 m^2 / personne. Le dépassement de ce seuil de fréquentation peut augmenter le risque de transmission de germe pathogène.
En considérant des mesures prises par le gestionnaire de l'eau de baignade pour limiter le dépassement de la capacité d'accueil, le risque de pollution du fait d'une sur-fréquentation pourra être considéré comme faible.

5.2 Évaluation du potentiel de prolifération et du phytoplancton

Certaines zones de baignade en mer ou en eau douce à certaines périodes de l'année, sont particulièrement propices au développement du phytoplancton. La prolifération excessive du phytoplancton et sa décomposition provoque une diminution notable de la teneur en oxygène dans la colonne d'eau, ce phénomène se nomme l'eutrophisation.

Cela est susceptible d'engendrer notamment le développement de blooms d'algues produisant des toxines pouvant causer des troubles de santé pour les baigneurs.

5.2.1 Indices de présence

La présence de phytoplancton se traduit notamment par une turbidité importante du plan d'eau. Cet indicateur est habituellement mesuré pour l'eau de mer via l'indice de Secchi (transparence de l'eau en permanence supérieure à 1m).

Dans le cadre des prélèvements réalisés en 2016/2017, la turbidité a été mesurée sur 10 stations au niveau de la zone d'implantation du bassin. Ces résultats exprimés en NTU ne sont pas comparables aux résultats qui auraient été obtenus avec la méthode de Secchi. Cependant, on peut les comparer aux valeurs de référence de la DCE établit pour La Réunion.

Tableau 22: Valeurs de référence DCE pour le paramètre turbidité

	Très Bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Percentile 90 Turbidité (NTU)	< 0.6	0.6-3	> 3		

La turbidité mesurée sur les 10 stations indique des valeurs « Bonnes » à « Très bonnes » en saison humide et saison sèche. Dans l'abri côtier, les valeurs de turbidité sont plus fortes (3 NTU en saison humide et 22,9 NTU en saison sèche) qui sont davantage attribuées à la remise en suspension du substrat vaseux associée à des faibles profondeurs (environ 40cm).

Les valeurs mesurées vont dans le sens d'une présence très faible de phytoplancton dans l'eau de mer, au niveau du futur bassin de baignade.

Dans la cadre de l'évaluation de l'état des masses d'eau du SDAGE, l'état écologique est déterminé par agrégation de l'état biologique, hydromorphologique et physico-chimique.

L'état biologique est lui-même basé sur l'analyse des paramètres de présence de phytoplancton et de benthos de substrat meuble.

L'indicateur phytoplancton retenu en métropole au titre de la DCE repose théoriquement sur la combinaison de trois indices (biomasse, abondance, composition) mais actuellement seuls deux d'entre eux (biomasse et abondance) sont utilisés. A la Réunion, seule la biomasse est prise en compte.

Le dernier bilan provisoire (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) classait la masse d'eau FRLC108 en **« très bon état » pour le phytoplancton**.

5.2.2 Facteurs de prolifération

Plusieurs facteurs favorisent la prolifération du phytoplancton et notamment la présence d'éléments nutritifs (azote et phosphate) et une température élevée de l'eau. Un plan d'eau eutrophisé, calme, chaud et ensoleillé est un milieu propice à son développement.

Les relevés de température issus des campagnes de suivis 2016-2017 indiquent une température moyenne de 26,6°C en saison sèche et 28,7°C en saison humide.

Les suivis hydrologiques réalisés dans le cadre de la DCE de 2002 à 2010 dans la baie de la Possession montrent le caractère oligotrophe des eaux superficielles dans la zone en l'absence d'apport continental important (Turquet *et al.* 2012 dans Pinault, 2013) comme c'est le cas dans les eaux réunionnaises de façon générales. La production phytoplanctonique est peu développée dans la baie de la Possession (Pinault, 2013).

En complément, l'évaluation de l'indice « benthos de substrat meuble » dans le cadre du SDAGE permet d'estimer les pressions anthropiques qui s'exercent sur le milieu et notamment les apports en éléments nutritifs. En effet le benthos fait référence aux organismes qui peuplent les fonds marins et qui sont sensibles aux pollutions.

Le dernière bilan provisoire classe la masse d'eau FRLC108 en « état bon » pour le benthos de substrat meuble (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

En conclusion, le risque de prolifération de phytoplancton sur la zone de baignade est faible.

5.3 Hiérarchisation des sources de pollution

Au regard du diagnostic précédemment établi, une hiérarchisation des sources de pollution potentielle peut être réalisée.

La hiérarchisation est basée sur les paramètres suivants :

- Type de rejet : les rejets diffus sont difficiles à quantifier. Leur impact est moins marqué que lors de rejets canalisés, et reste aléatoire.
- Localisation du rejet : la hiérarchisation est réalisée sur la base de la distance du rejet par rapport à la baignade
- Situation à risque : la/les situation/s engendrant un risque potentiel de pollution par rejet

Tableau 23: Hiérarchisation des sources de pollution sur la future zone de baignade de la Possession

Rejets	Type	Localisation du rejet	Situation à risque	Niveau de risque
Eaux pluviales	Diffus	Proximité zone de baignade	Fortes pluies	**Fort**
Ecoulements naturels	Diffus	Proximité zone de baignade	Fortes pluies	**Fort**
Assainissement autonome non conforme	Diffus	Bassin versant	Fortes pluies	**Faible**
Sur-fréquentation de la zone de baignade	Occasionnel	Zone de baignade	Au-delà de 150 baigneurs	**Faible**
Agriculture	Diffus	Bassin versant -Cours d'eau	Fortes pluies	**Faible**

6 PHASE 3 : MESURES DE GESTION

6.1 Mesures de gestion préventive des pollutions à court terme

La qualité des eaux de la plage de Grande Anse est bonne au regard de la Directive de 2006. Les sources de pollution sont toutefois présentes comme l'indiquent les quelques augmentations de concentration en E. coli mesurées de 2015 à 2020, mais ces pollutions sont ponctuelles, vraisemblablement liées à des épisodes de fortes pluies (apports par ruissellement, écoulement des ravines...).

A partir des éléments recensés dans l'étude, les critères suivants seront considérés pour la prévention des pollutions à court terme :

- Episodes de forte pluie ;
- Ecoulement significatif constaté de la Ravine des Français ou débordement du talweg ;
- Présence de turbidité au niveau du plan d'eau ;
- Une fréquentation de la baignade dépassant 1000 baigneurs simultanément.

6.2 Recommandations de plans d'action

6.2.1 Surveillance de la qualité de l'eau et entretien du bassin

Conformément aux exigences de la Directive 2006/7/CE, les échantillons doivent être prélevés à intervalles réguliers tout au long de la saison, sans qu'il s'écoule plus d'un mois entre deux prélèvements.

Les analyses porteront sur les paramètres bactériologiques suivants :

- Escherichia coli (UFC/100mL),
- Entérocoques intestinaux (UFC/100mL).

Il serait intéressant de compléter ces analyses par l'étude de l'apport en nutriments (matières azotées et phosphatées) afin de préciser l'impact d'événements pluvieux intenses (lessivage des sols, apports des cours d'eau) sur la qualité de l'eau côtière au point de prélèvement. Ces analyses sont à effectuer en priorité durant la saison pluvieuse, de janvier à mars, mais peuvent être élargies pour avoir une idée de l'évolution annuelle de ces paramètres.

Les résultats pourraient alimenter le profil de baignade, et selon le cas, une réflexion sur l'impact des pratiques agricoles du bassin versant et des pollutions domestiques urbaines, et d'envisager le cas échéant des mesures permettant de réduire les apports.

Une fois le bassin en service, un suivi quotidien sera mené pour les paramètres suivants :

- La fréquentation du bassin ;
- Le pH ;
- La température.

Un suivi hebdomadaire pourra être mené pour les paramètres suivants :

- Escherichia coli (UFC/100mL) ;
- Entérocoques intestinaux (UFC/100mL) ;
- Absence de développement de microalgues et de cyanobactéries :
  - transparence de l'eau (indice de Secchi),

- contrôle visuel de l'absence de développement de biofilm sur l'ensemble des surfaces de la baignade,
- analyse complète (numération des cellules et identification des genres majoritaires) à fréquence mensuelle ;

A titre expérimental, l'ANSES propose des indicateurs de qualité supplémentaires assortis de valeurs seuils à partir desquels un risque sanitaire peut apparaitre et qui indiquent la nécessité d'intervenir par des moyens appropriés pour maîtriser le niveau des intrants :

- *Pseudomonas aeruginosa* comme indicateur de survie des agents pathogènes (seuil de 100 UFC/100mL), fréquence de suivi hebdomadaire ;
- *Staphylococcus aureus* comme indicateur de contamination interbaigneurs (seuil de 20 UFC/100mL), fréquence de suivi hebdomadaire.

Conformément aux recommandations de l'ANSES, les prélèvements d'eau seront effectués dans la zone la plus fréquentée de la baignade et lors du pic de fréquentation journalière, à préciser par l'exploitant sur la base du relevé quotidien de la fréquentation. Concernant le suivi des microalgues et cyanobactéries, un prélèvement sera effectué dans la colonne d'eau de la zone de baignade et un second sur le biofilm s'il est présent, sinon en surface de l'eau en bordure de baignade, dans l'une des zones de plus faible profondeur.

Ces relevés seront consignés dans le carnet sanitaire. L'établissement est doté d'un carnet sanitaire paginé à l'avance et visé par la direction départementale des affaires sanitaires et sociales.

6.2.2 Surveillance du bassin

Dans le cas où une pollution serait suspectée : aspect visuel du plan d'eau (algues, turbidité, température anormalement élevée), la mairie prendra la décision de fermer la baignade jusqu'à ce que les analyses du plan d'eau soient conformes.

Afin de garantir en permanence une excellente qualité de l'eau de baignade et préserver ainsi la santé des usagers, la conception du bassin de baignade a tenu compte des temps de vidange de l'eau. Les Maîtres-Nageurs Sauveteurs veilleront aux règles d'hygiène dans le bassin de baignade et à proximité immédiate (pas d'animaux domestiques, notamment). Ils pourront également être mobilisés pour effectuer un contrôle visuel permanent du bassin et signaleront tout incident aux autorités compétentes.

La mairie fera réaliser un contrôle régulier du système de circulation de l'eau par des spécialistes.

6.2.3 Information et sensibilisation des usagers

Des panneaux d'informations seront placés au niveau du poste de surveillance et des sanitaires ainsi qu'au niveau du bassin de baignade afin d'informer les usagers des horaires de surveillance de la baignade.

Un rappel des consignes de sécurité et d'hygiène sera également fait sur ces panneaux.

Les résultats des analyses de la qualité de l'eau seront affichés au niveau du poste de surveillance et seront consultables par le public à tout moment.

6.2.4 Modalités d'intervention en cas de pollution

En cas de dégradation de la qualité de l'eau observée suite aux suivis de l'ARS, la baignade sera interdite.

La baignade sera interdite en cas d'épisode de fortes pluies ou de forte houle. Un contrôle visuel de la turbidité ainsi que des prélèvements en cas de doute sur la qualité de l'eau seront réalisés. L'ARS sera alors sollicité et selon le type et la source de contamination observée, les mesures adéquates seront appliquées (fermeture du site par arrêté municipal, nettoyage de bassin, réparation des réseaux d'eaux pluviales ou d'eaux usées, etc.).

Dans le cas de pollution les décisions et actions à lancer par la maire sont les suivantes :

- Prise de contact avec l'ARS et/ou contacter le laboratoire départemental pour lancer un prélèvement immédiat au point habituel ;
- Fermeture temporaire de la baignade jusqu'à confirmation des résultats d'analyse ;
- Maintien de la fermeture de la baignade et en cas de pollution avérée publication d'un arrêté municipal de fermeture de la plage après en avoir informé la préfecture. •
- Affichage de l'arrêté de fermeture sur site
- Recherche pendant cette fermeture des causes possibles de ce déclassement des eaux de baignade.
- Recommencer les prélèvements et analyses si résultats non conformes.
- Réouverture de la baignade dès que les résultats sont conformes en coordination avec les services de l'ARS et la préfecture. Les analyses supplémentaires réalisées en cas d'incident ne seront pas comptabilisées dans le suivi des eaux de baignade de la plage.

6.3 Mise à jour du profil de baignade

La Directive 2006/7/CE prévoit une révision de tous les éléments du profil dans les conditions suivantes :

Classement de l'eau de baignade (sur les quatre années précédant l'élaboration du profil)	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante	Qualité insuffisante
Réexamen à effectuer au moins tous les :	Uniquement si le classement se dégrade	4 ans	3 ans	2 ans

La qualité des eaux du site étant jugée bonne, le profil sera actualisé tous les 4 ans.

7 FICHE DE SYNTHESE

Profil de baignade du futur bassin de baignade Grande Anse (Petite-Île)

Date d'élaboration : A venir (2020)

Caractéristique de la zone de baignade
Nom de la zone de baignade : Bassin de baignade de Grande Anse
Commune : Petite-Ile
Département : La Réunion (974)
Personne responsable : Maire de Petite-Ile
Dates de la saison balnéaire : Toute l'année
Nature de la plage : sable (sédiments coralliens et basaltiques)
Longueur de la plage : 430 m
Largeur moyenne de la plage : 15 m
Profondeur maxi : 2.5 m
Activités autres que la baignade : Pêche à la ligne, plongée
Plages privées : 0

Équipements :



Qualité du milieu aquatique

- Pas de suivi de la qualité de l'eau sur le site puisque la baignade y est actuellement interdite.

Cartographie des équipements et inventaire des sources de pollution potentielle :



EQUIPEMENTS :
1 – Zone aménagée (parkings, snack, sanitaires…)
2 - Espace de pique-nique ombragé
3 – Zone de baignade
4 – Ravine des Français

SOURCES DE POLLUTION POTENTIELLE :
1 – Dispositifs EP et EU
2– Les usagers du plan d'eau
3 – Ruissellements d'eau pluviales

Vue aérienne de la zone de baignade



Inventaire des sources de pollution

Sources potentielles subsistantes :

- Exutoire de la Ravine des Français ;
- Saturation des équipements de gestion des eaux usées et ruissellement des eaux pluviales,
- Algues cératophylles (risques d'apparition de cyanobactéries),
- Usagers du bassin de baignade.

Recommandations

- Les analyses mensuelles porteront sur les paramètres bactériologiques suivants :
- Escherichia coli (UFC/100mL),
- Entérocoques intestinaux (UFC/100mL).
- Un suivi quotidien sera mené pour les paramètres suivants :
- La fréquentation du bassin ;
- Le pH ;
- La température.
- Un suivi hebdomadaire sera mené pour les paramètres suivants :
- Escherichia coli (UFC/100mL) ;
- Entérocoques intestinaux (UFC/100mL) ;
- Absence de développement de microalgues et de cyanobactéries :
- transparence de l'eau (indice de Secchi),
- contrôle visuel de l'absence de développement de biofilm sur l'ensemble des surfaces de la baignade,
- analyse complète (numération des cellules et identification des genres majoritaires) à fréquence mensuelle ;