



Aménagement industriel littoral

# DDAE Carrière de Bois-Blanc (Saint-Leu)

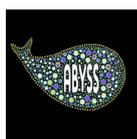
Evaluation environnementale des incidences du projet sur  
le milieu marin

RAPPORT FINAL  
Janvier 2016



**P.15.769**

Marché n° : DDAE RDT – Volet M Marin P769  
Commandes 15090318 & 15100019





A citer sous la forme :

**PARETO (2016) : DDAE Carrière de Bois Blanc (Saint-Leu). Evaluation environnementale des incidences du projet sur le milieu marin. Janvier 2016, 97 pages + annexes.**

Mission de service pour le compte de



**SCPR.**

SI Sud, BP57  
97822 Le Port Cedex  
Tél. 02 62 43 58 58  
[schantz@scpr.re](mailto:schantz@scpr.re)

Etude réalisée par



**PARETO Ecoconsult.** Agence Océan Indien.  
16, rue Albert Lougnon  
97490 Sainte-Clotilde (Réunion)  
Tél : 02 62 283908  
[remi.garnier@paretoec.fr](mailto:remi.garnier@paretoec.fr)



**ABYSS.**

1, rue Berthier  
97420 Le Port  
Tél : 06 92 09 7097  
[fondationabyss@gmail.com](mailto:fondationabyss@gmail.com)



**KELONIA.**

46 rue Général de Gaulle  
97436 Saint-Leu  
Tél : 02 62 34 81 10  
[kelonia@museesreunion.re](mailto:kelonia@museesreunion.re)

## – Sommaire –

<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE</b>	<b>1</b>
1.1	CONTEXTE	1
1.2	OBJECTIFS	1
<b>2</b>	<b>PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE</b>	<b>2</b>
2.1	LOCALISATION	2
2.2	PRINCIPALES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES	3
<b>3</b>	<b>METHODOLOGIES</b>	<b>4</b>
3.1	DEMARCHE METHDOLOGIQUE GENERALE	4
3.2	PHASE 1 : DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL	5
3.2.1	PRE-DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE & LACUNES	5
3.2.2	DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL CONSOLIDE : EXPERTISES DE TERRAIN (0-30M)	9
3.2.2.1	Volet 1 : caractéristiques des peuplements profonds (20-30m)	9
3.2.2.2	Volet 2 : caractéristiques des peuplements littoraux (0-20m)	13
3.2.2.3	Volet 3 : qualité des eaux et charge particulière	14
3.2.2.4	Volet 4 : qualité des sédiments	17
3.2.3	CONTEXTE HYDRODYNAMIQUE : HOULE ET COURANT DANS LA COLONNE D'EAU	18
3.2.4	SEDIMENTATION : EVALUATION DU BRUIT DE FOND	20
3.3	PHASE 2 : EVALUATION DES INCIDENCES DU PROJET EN MER	22
3.4	PHASE 3 : PRECONISATIONS ENVIRONNEMENTALES & MESURES ERC	23
<b>4</b>	<b>DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL</b>	<b>25</b>
4.1	LE MILIEU PHYSIQUE	25
4.1.1	CONTEXTE BATHYMETRIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE	25
4.1.2	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	28
4.1.3	CONTEXTE HYDRODYNAMIQUE GENERAL	29
4.1.4	MESURES DE HOULE ET DE COURANT SUR LE SECTEUR DE BOIS BLANC (NOVEMBRE 2015)	34
4.1.4.1	Mesures du courant	34
4.1.4.2	Mesures de la houle	39
4.2	LE MILIEU NATUREL	41
4.2.1	CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX LITTORALES	41
4.2.2	CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SEDIMENTS LITTORAUX	44
4.2.3	CARACTERISTIQUES DES PEUPEMENTS MARINS LITTORAUX & PROFONDS	49
4.2.3.1	Les peuplements marins littoraux (0-15m)	49
4.2.3.2	Les peuplements marins profonds (20-30m)	58
4.2.4	ESPECES PROTEGEES : MAMMIFERES MARINS & TORTUES MARINES	62
4.2.4.1	Les mammifères marins	62
4.2.4.2	Les tortues marines	66
4.3	LE MILIEU HUMAIN	70
4.3.1	PRESSIONS ANTHROPIQUES	70
4.3.2	USAGES & ACTIVITES	71
4.3.3	L'ALEA REQUIN	72
4.3.4	CONTEXTE REGLEMENTAIRE	72

<b>4.4</b>	<b>SENSIBILITE ECOLOGIQUE &amp; SYNTHESE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX</b>	<b>75</b>
4.4.1	SENSIBILITE ECOLOGIQUE	75
4.4.2	SYNTHESE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX	79
4.4.3	ZONES D'ENJEUX PRIORITAIRES	81
<b>5</b>	<b><u>LE PROJET</u></b>	<b>84</b>
5.1	DESCRIPTION GENERALE	84
5.2	LES AMENAGEMENTS AUX ABORDS DE LA RAVINE DU TROU	85
5.3	LES EFFETS ATTENDUS SUR L'ENVIRONNEMENT	87
5.3.1	REJETS DE MES ET EVENTUELS POLLUANTS	87
5.3.2	POLLUTIONS SONORES / TIRS DE MINES	89
<b>6</b>	<b><u>EVALUATION DES IMPACTS EN MER</u></b>	<b>90</b>
6.1	IMPACTS SUR LA QUALITE DES EAUX	90
6.2	IMPACTS SUR LES PEUPELEMENTS	92
<b>7</b>	<b><u>PRECONISATIONS &amp; MESURES ERC</u></b>	<b>94</b>
7.1	MESURES D'EVITEMENT (E)	94
7.2	MESURES DE REDUCTION (R)	95
7.3	MESURES DE COMPENSATION (C)	95
<b>8</b>	<b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b>	<b>97</b>
<b><u>ANNEXES</u></b>		

## Sigles et abréviations

DCE	Directive Cadre européenne sur l'Eau
MO	Maître d'Ouvrage
GPS	Global Positioning System (Positionnement par Satellite)
IGN	Institut Géographique National
ME	Masse d'Eau
SHOM	Service Hydrographique & Océanographique de la Marine

## Illustrations

Figure 1 : carte de situation (Géoportail) .....	2
Figure 2 : nature des fonds (de gauche à droite : station 8, station 2 et station 10) .....	3
Figure 3 : démarche méthodologique globale de l'étude.....	4
Figure 4 : plan d'échantillonnage.....	10
Figure 5 : cotation de Dahl (1981).....	11
Figure 6 : expertises sur les peuplements en plongée.....	13
Figure 7 : bouteilles à prélèvements Niskin et analyseur multiparamètres de terrain YSI (©Pareto).....	15
Figure 8 : enregistreur multiparamètres YSI sur la station 2 (©Pareto) .....	16
Figure 9 : prélèvements de sédiments en plongée (©Pareto) .....	17
Figure 10 : courantomètre ADCP posé sur le substrat sableux (station 2) (©Pareto) .....	19
Figure 11 : pièges à sédiment implantés sur le substrat sableux au droit de la ravine du Trou (©Pareto) .....	21
Figure 12 : Schéma de l'approche méthodologique pour la définition des besoins de compensation.....	24
Figure 13 : bathymétrie sur le secteur littoral du sud de Saint-Leu (fond SHOM).....	25
Figure 14 : bathymétrie du sud de Saint-Leu, et principaux éléments géomorphologiques littoraux (fond IGN)...	26
Figure 15 : géomorphologie sur le secteur littoral de Bois Blanc (selon CARTOMAR, 2008) .....	27
Figure 16 : réseau hydrographique sur le littoral de Bois Blanc (fond IGN).....	28
Figure 17 : résurgences sous-marines côtières à Bois Blanc (CLERC, 1986).....	28
Figure 18 : influence des houles à la Réunion.....	29
Figure 19 : rose des vents sur Pont Mathurin (Etang Salé) (1991-1995) .....	30
Figure 20 : hauteur des vagues cycloniques à la Réunion et sur le littoral Sud de Saint-Leu (IFREMER, 2011)....	31
Figure 21 : courant moyen annuel de surface à la Réunion et sur le littoral Sud de Saint-Leu (IFREMER, 2011)..	31
Figure 22 : origine des courants d'arrachement (PITON, 1992) .....	32
Figure 23 : courants d'arrachement sur le secteur de Bois Blanc (Google Earth) .....	32
Figure 24 : panache turbide à l'embouchure de la ravine des Avirons (Google Earth, 2015).....	33
Figure 25 : « ripple-marks » sur les fonds sédimentaires au droit de la ravine du Trou .....	33
Figure 26 : intensité moyenne du courant au droit de la ravine du Trou (2/11 au 3/12/15) (Pareto, 2015) .....	34
Figure 27 : proportion d'intensités instantanées du courant au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015) .....	35
Figure 28 : intensité et direction du courant entre -6 et -16m au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015).....	36
Figure 29 : intensité et direction du courant entre -18 et -24m au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015).....	37
Figure 30 : intensité moyenne journalière du courant au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015).....	38
Figure 31 : intensité et direction du courant entre -2 et -16m au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015).....	38
Figure 32 : cartographie morphosédimentologique et prélèvements sédimentaires Cartomar (BRGM, 2008).....	45
Figure 33 : répartition schématique des faciès littoraux au Sud de Saint-Leu.....	49
Figure 34 : prospection sous-marine au droit de la pointe de la ravine du Trou en 2005 (ARVAM) .....	50
Figure 35 : prospection sous-marine au droit de la pointe de Bois Blanc en 2005 (ARVAM) .....	51
Figure 36 : vues aériennes des pointes rocheuses de Bois Blanc (haut) et de la pointe des Avirons (Bas) .....	52
Figure 37 : vues sous-marines au niveau de la pointe de la ravine du Trou .....	53
Figure 38 : vues sous-marines au niveau de la pointe de la ravine de Bois Blanc .....	54
Figure 39 : vues sous-marines au niveau de la pointe de la plage de Bois Blanc .....	55
Figure 40 : vues sous-marines au niveau de la pointe de la pointe des Avirons.....	56
Figure 41 : carte de peuplements / habitats littoraux et profonds.....	57
Figure 42 : affleurements rocheux profonds susceptibles d'abriter des peuplements fixés (CARTOMAR, 2008) ...	58
Figure 43 : vues sous-marines sur l'affleurement profond en amont de la ravine du Trou (Pareto, 2015).....	60
Figure 44 : vues sous-marines sur l'affleurement profond en aval de la ravine du Trou (Pareto, 2015).....	61
Figure 45 : effort d'échantillonnage des MM sur le secteur de St-Leu / E Salé (Globice, 2012) .....	63
Figure 46 : observation de dauphins (Stenella longirostris) le 17 novembre 2015 (Pareto) .....	63

Figure 47 : observations de mammifères marins au Sud de Saint-Leu (Globice, 2012).....	64
Figure 48 : observations de tortues marines à la Réunion et au droit de la ravine du Trou (Kelonia, 2012-2013)	68
Figure 49 : principales pressions anthropiques liées à la qualité des eaux .....	71
Figure 50 : principaux usages et activités recensés .....	72
Figure 51 : pêche artisanale sur la Pointe des Avirons (Pareto, 2015).....	73
Figure 52 : contexte réglementaire .....	74
Figure 53 : sensibilité écologique sur le secteur d'étude .....	78
Figure 54 : vues panoramiques du secteur d'étude depuis la mer (Pareto, 2015) .....	82
Figure 55 : s zones d'enjeux prioritaires (forts et moyens).....	83
Figure 56 : schéma fonctionnel de l'exploitation des fosses d'extraction (SCPR, 2015) .....	84
Figure 57 : zones d'extractions 1 & 2 (SCPR, 2015).....	85
Figure 58 : aménagements et travaux préparatoires (SCPR, 2015) .....	86

## **Tableaux**

Tableau 1 : liste des parties prenantes consultées sur des thématiques spécifiques.....	6
Tableau 2 : liste des principaux ouvrages et références consultés.....	7
Tableau 3 : Codes des peuplements benthiques utilisés .....	12
Tableau 4 : normes de référence pour la mesure des paramètres physico-chimiques dans l'eau de mer .....	15
Tableau 5 : normes de référence pour la mesure des paramètres physico-chimiques dans le sédiment .....	17
Tableau 6 : Ratios de compensation communément admis par le CNPN .....	24
Tableau 7 : hauteur, période et direction de la houle sur le secteur de Bois Blanc (2/11 au 3/12/15).....	39
Tableau 8 : caractéristiques physico-chimiques de l'eau .....	43
Tableau 9 : caractéristiques de charge particulaire, dissoute et minérale de l'eau .....	43
Tableau 10 : niveau de contamination de l'eau .....	43
Tableau 11 : caractéristiques granulométriques du sédiment en 2015.....	47
Tableau 12 : enrichissement & niveau de contamination du sédiment en hydrocarbures en 2015 .....	48
Tableau 13 : quelques données sur les espèces de cétacés fréquentant la Réunion.....	62
Tableau 14 : hiérarchisation de la sensibilité écologique pour les compartiments constitutifs du milieu.....	75
Tableau 15 : Synthèse des enjeux environnementaux.....	79

# 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

---

## 1.1 CONTEXTE

La **Société de Concassage et Préfabrication de La Réunion(SCPR)**, envisage d'exploiter la carrière de Bois Blanc à Saint-Leu, sur le secteur littoral de la Ravine du Trou. Dans le cadre de l'instruction du dossier de demande d'autorisation d'exploitation (DDAE), un dossier d'enquête publique (DEP) a été réalisé.

Une première expertise a été confiée à **PARETOECOCONSULT** en septembre 2014 afin d'évaluer l'acceptabilité du milieu marin vis-à-vis des MES susceptibles d'être drainées en mer. Cette mission a fait l'objet d'une note technique, dont les éléments ont été publiés dans le DEP.

Un certain nombre de critiques ont été émises sur le DEP, avec un certains nombre de points environnementaux relatifs à des lacunes concernant le milieu marin. C'est dans ce cadre que la SCPR a confié à **PARETO ECOCONSULT** une seconde mission visant à expertiser les différents compartiments du milieu marin, non considérés dans le cadre de la première mission.

Cette mission a pour vocation d'accompagner la **SCPR** dans l'analyse objective et intégrée des différents facteurs de risque de son projet qui sont à considérer, et qui pourraient éventuellement affecter le milieu marin. Les éléments présentés dans le cadre de ce document pourront ainsi être intégré dans les dossiers réglementaires (Etude d'Impact).

## 1.2 OBJECTIFS

**L'objectif principal** est de réaliser un état initial approfondi basé sur un diagnostic des différents compartiments du milieu marin naturel, pour analyser les effets du projet et le cas échéant proposer les mesures d'évitement/réduction/compensation les plus adaptées à mettre en œuvre.

**Les objectifs spécifiques** pour le milieu marin sont :

- De cadrer précisément le secteur d'étude,
- De réaliser un pré-diagnostic bibliographique et identifier les lacunes sur le secteur d'étude,
- Consolider le diagnostic avec des données de terrain,
- De présenter les caractéristiques du milieu physique,
- De préciser le contexte courantologique et sédimentaire littoral à l'aide de données de terrain,
- De présenter les caractéristiques structurelles et fonctionnelles du milieu naturel (compartiments biologique, hydrologique et sédimentaire),
- D'identifier les principaux éléments relatifs au milieu humain,
- D'identifier et de hiérarchiser les zones d'enjeux écologiques prioritaires,
- D'analyser les incidences du projet sur l'environnement marin,
- De proposer des mesures pour Eviter, Réduire, & Compenser ces effets (mesures ERC).

## 2 PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

### 2.1 LOCALISATION

Le secteur d'étude (lieu dit « Bois Blanc » à Saint-Leu) s'étend :

- De l'embouchure de la ravine du Trou (pont de la N1) au Nord-Ouest,
- A la ravine et la pointe des Avirons au Sud-Est.

Le secteur d'étude littoral correspond à une bande littorale d'environ 2000 mètres de linéaire côtier et 500m vers le large, sur des fonds de 0 à -30 mètres. L'ensemble du secteur se trouve dans le périmètre de la Réserve Naturelle Marine de la Réunion.



Figure 1 : carte de situation (Géoportail)

## 2.2 PRINCIPALES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES

Trois éléments morphologiques sont à prendre en considération dans la configuration des fonds marins du secteur d'étude : (Figure 2)

- **La topographie des fonds marins** : le secteur littoral est caractérisé par une frange littorale rocheuse étroite, fortement influencée par la présence de la ravine du Trouau Nord-Ouest et de la ravine des Avirons au Sud-Est d'autre part. Elles se prolongent en effet en mer de manière très différente. Si le littoral au droit de la ravine des Avirons est marqué par un cordon à galets (c), au droit de la Ravine du Trou ils sont absents et le littoral est caractérisé par la présence d'une plage de sable. Toutefois, dès 4 mètres de profondeur, les fonds sont partout identiques, sous forme d'une plaine sableuse basaltique à faible déclivité, qui s'accroît sensiblement en allant vers le Nord. Cette plaine sableuse est périodiquement entrecoupée d'avancées rocheuses en mer en prolongement des pointes du littoral. Elles sont plus ou moins longues, et correspondent à d'anciennes coulées de lave. Ces dernières présentent une hauteur variable comprise entre 2 et 4 mètres environ. La plus profonde, située à environ 500 mètres au Nord du village de Bois Blanc, plonge jusqu'à 12 mètres de profondeur, marquant ainsi un tombant rocheux de 8 à 10 mètres de hauteur environ (a).
- **La nature des affleurements profonds et des pointes littorales** : ces formations sont toutes deux basaltiques, mais présentent des caractéristiques différentes. Les pointes rocheuses littorales (-4 mètres) sont composées de plateaux rocheux denses et de méga blocs (>2 mètres) arrachés à la côte. Ils forment localement des amas assez denses mais très peu colonisés car très exposés à la houle et à la remise en suspension sédimentaire. Les affleurements rocheux basaltiques profonds (-25 mètres) mais de faible hauteur (1 à 3 mètres) émergent localement et sur de très grandes surfaces plus ou moins planes (b). Ils sont ponctuellement très accidentés en allant vers le Nord du secteur (tombants rocheux et crevasses). Moins exposés à la houle, ces affleurements profonds sont davantage colonisés.
- **La nature des fonds sédimentaires** : les fonds situés entre 2 et 30 mètres de profondeurs, hors avancées rocheuses en mer, correspondent à une plaine de sable basaltique « propre » (sans vase), en continuité de la plage de l'Etang Salé. Elle est marquée par de nombreux ripple-marks de grande taille (>15 cm) entre 4 et 25 mètres de profondeur. Ces caractéristiques attestent d'une part d'une absence de sédimentation de matériel terrigène fin (<63µm) et d'une mobilisation sédimentaire très marquée sur l'ensemble du secteur littoral sous l'action des houles et/ou courants.

Les constructions récifales *sensu stricto* (=récifs coralliens) les plus proches sont situées à Etang Salé au Sud, à environ 1,5 kms, et à Saint-Leu, à environ 6 kms au Nord.

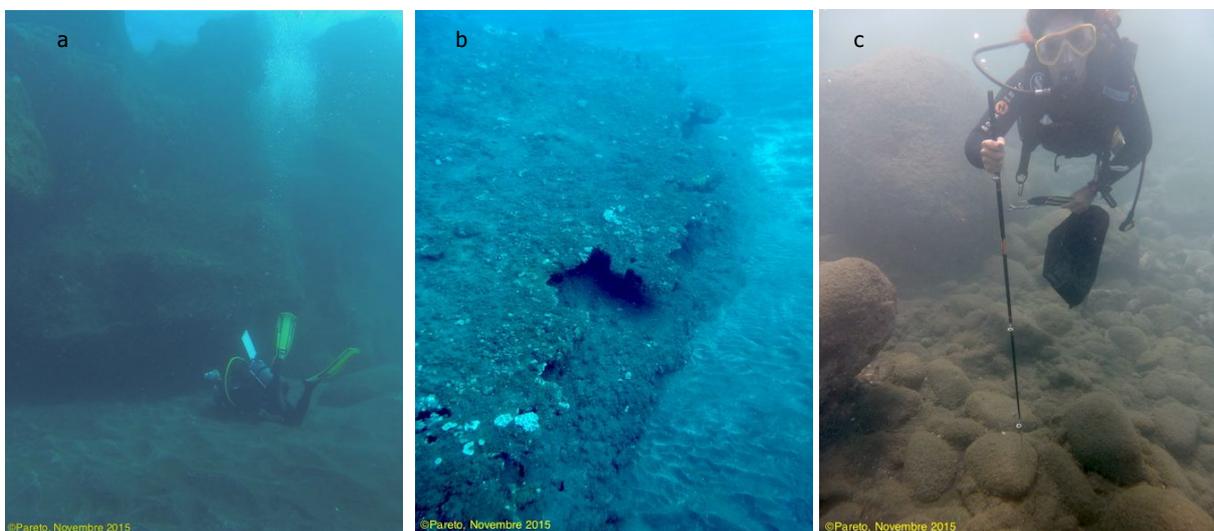


Figure 2 : nature des fonds (de gauche à droite : station 8, station 2 et station 10)

## 3 METHODOLOGIES

### 3.1 DEMARCHE METHODOLOGIQUE GENERALE

La démarche méthodologique de l'étude est présentée dans la Figure 3. L'étude d'impact environnementale en mer réalisée par PARETO, s'inscrit dans une approche réglementaire du DDAE gérée par la SCPR. Elle se décompose en 3 phases permettant de répondre aux attentes :

- La réalisation d'un diagnostic environnemental,
- L'évaluation des impacts potentiels,
- La préconisation de mesures d'optimisation environnementale.

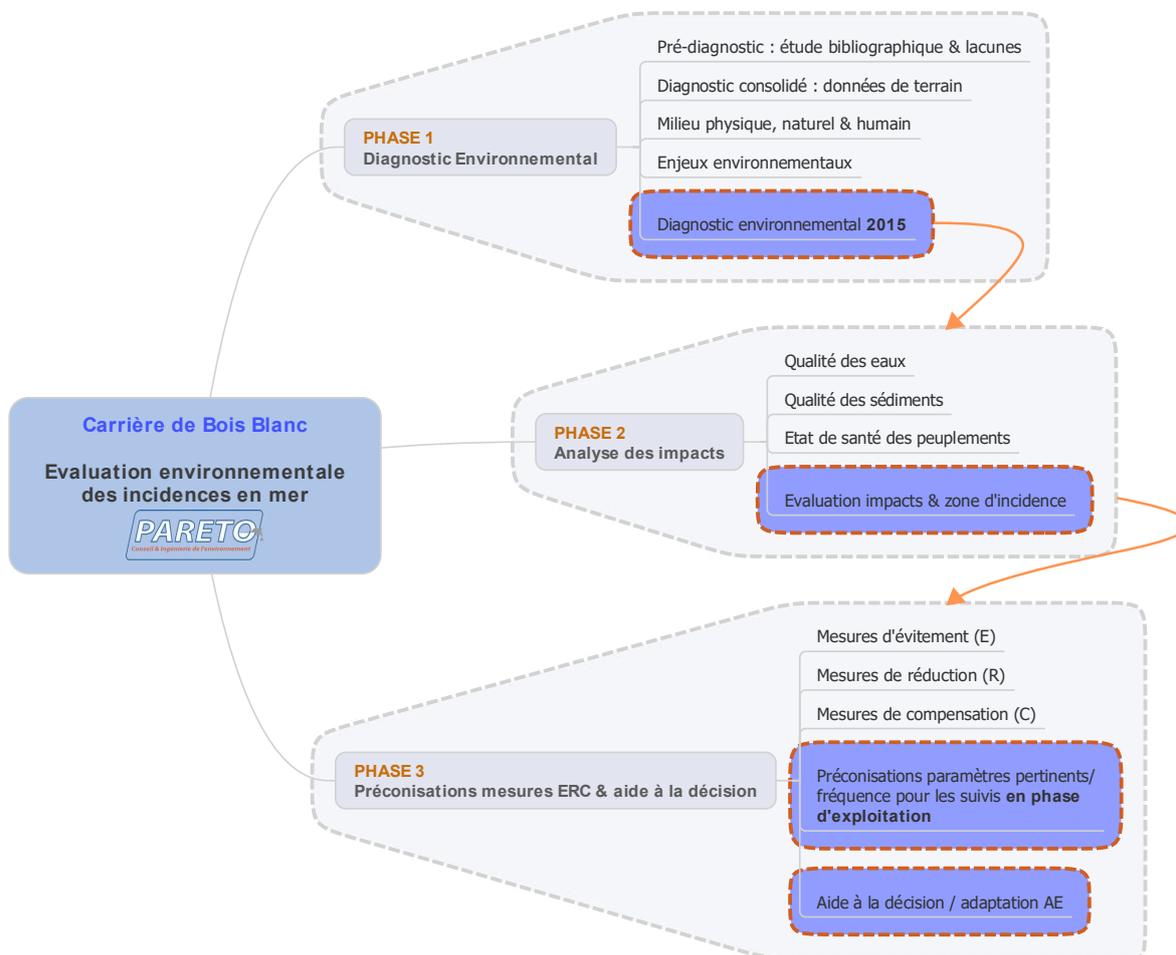


Figure 3 : démarche méthodologique globale de l'étude

Les moyens mobilisés pour la mise en œuvre de l'étude sont de 2 ordres :

- **Des ressources humaines dédiées** : des experts en environnement marin et en aménagements industriels littoraux connaissant le secteur, accompagnés d'un cartographe et d'un expert sur les problématiques environnementales liées aux rejets en mer à la Réunion.
- **Des supports bibliographiques circonstanciés** : les ingénieurs de Pareto, forts de leur expérience de plus de 20 ans à la Réunion, disposent d'une base de données de références unique à la Réunion et d'une connaissance du secteur littoral et marin de Saint-Leu.

## 3.2 PHASE 1 : DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL

Tout milieu naturel est constitué de 3 compartiments fortement liés les uns aux autres, tant d'un point de vue structurel que fonctionnel :

- Le compartiment 1 : « matière vivante »,
- Le compartiment 2 : « eau »,
- Le compartiment 3 : « substrat ».

Dans le cadre de la présente étude, il est proposé une analyse complète de l'état initial du milieu, par l'étude détaillée des 3 compartiments, qui pourra par ailleurs être reprise dans le cadre de l'instruction des dossiers réglementaires par la SCPR.

### 3.2.1 Pré-diagnostic environnemental : synthèse bibliographique & lacunes

Dans un premier temps, une synthèse bibliographique sur les caractéristiques du milieu disponibles sur le secteur a été réalisée sur la base des documents existants. Cette synthèse a été effectuée sur un secteur élargi à l'ensemble du littoral de Saint-Leu, mais concentrée sur le secteur proche de Bois Blanc pour les thématiques principales (eau, sédiment & peuplements) quand cela était possible.

Les données qui ont été recherchées correspondent :

#### **A des données sur le milieu physique** (bathymétrie, courants, ...) :

- Données bathymétriques (SHOM, CARTOMAR),
- Données météorologiques (vents, vagues, courants, marnage) (études diverses),
- Données sur la géomorphologie (CARTOMAR, études diverses),
- Prises de vues aériennes.

#### **A des données sur le milieu naturel** (peuplements, eau et sédiments) :

- Données sur les communautés benthiques de substrat dur (consultations, études diverses, données de la RNMR),
- Données sur les communautés benthiques de substrat meuble (consultations, campagne DCE, études diverses),
- Données sur les communautés ichthyologiques (consultations, études diverses),
- Données sur les mammifères marins et tortues (consultations, études diverses),
- Données sur le « risque Requins » (études diverses),
- Données sur les caractéristiques des eaux littorales au droit du projet (études diverses),
- Données sur les caractéristiques des sédiments au droit du projet (études diverses).

L'analyse bibliographique a porté sur différents types de supports :

- Levés bathymétriques actualisés,
- Documents orthophotographiques IGN et illustrations photographiques aériennes,
- Cartes relatives à des études thématiques,
- Rapports d'études réalisées sur le site d'étude en possession de la SCPR,
- Les documents sur les caractéristiques techniques du projet (fournis par la SCPR).

**A des données sur le milieu humain** : documents de planification et d'aménagement du territoire en fonction de la pertinence des informations qui y seraient trouvées (SAR, SDAGE, DCE, SMVM,...).

Les parties prenantes pouvant apporter des connaissances sur les thématiques étudiées ont également été consultées, selon les observations de terrain et les besoins de l'étude :

*Tableau 1 : liste des parties prenantes consultées sur des thématiques spécifiques*

Parties prenantes	Fonction	Thématiques d'intervention
<b>CRPMEM</b>	Etude de la pêche à la Réunion	Communautés ichtyologiques (dont les bichiques et requins)
<b>ABYSS</b>	Association naturaliste	Mammifères marins
<b>KELONIA</b>	Structure de conservation	Tortues marines

Cette première approche a permis d'évaluer le niveau et le type d'informations disponibles sur les thématiques concernées par l'étude. L'identification des aires pertinentes à étudier a ensuite été réalisée en fonction de leur potentiel écologique.

Ce potentiel écologique a été déterminé par :

- La présence avérée d'espèces remarquables et/ou protégées,
- La présence d'habitats susceptible d'abriter des espèces remarquables et/ou protégées,
- La richesse et la diversité des communautés,
- L'intérêt en tant que zone de transition écologique (notion de fonctionnalité écologique).

Au vu de la connaissance des ingénieurs de PARETO du secteur d'étude et de la présence avérée de mammifères marins, au moins 2 aires d'études sont d'ores et déjà envisagées :

- Une aire d'étude littorale, pour la faune benthique et ichtyologique,
- Une aire beaucoup plus large, pour les mammifères marins et les tortues.

L'aire d'étude des mammifères marins / tortues a été définie sur la base des informations disponibles et qui nous ont été communiquées par des structures indépendantes spécialisées dans ces domaines. Le niveau d'expertise a été limité à la présence/absence (carte d'observations) et à la fourniture de seuils critiques de nuisance disponibles dans la bibliographie (et notamment sur la base du recul et des prescriptions acquis dans le cadre du projet de la NRL).

Toutefois, compte tenu des problématiques environnementales attendues (bruit, vibrations), la SCPR a fait réaliser une expertise acoustique visant à caractériser l'impact des tirs de mines d'une carrière terrestre sur le milieu marin (Biotopie – QuitOcean, 2015).

Après ces phases de synthèse bibliographique et de délimitation spatiale d'étude, les zones de lacunes nécessitant des reconnaissances complémentaires ont été ciblées pour préparer les campagnes d'expertises de terrain.

Les **32 principales références bibliographiques** traitant des caractéristiques décrites ci-dessus sont listées dans le Tableau 2. Pour certains de ces documents, étant la propriété de structures privées commanditaires, aucune extraction de donnée technique n'en a été faite. Seules des données environnementales générales, ayant trait aux caractéristiques physiques générales du milieu physique et/ou naturel en ont été extraites. L'analyse bibliographique porte sur différents types de supports :

- Des études environnementales réalisées par des BET sur ce secteur littoral,
- Des cartographies,
- Des données bathymétriques et courantologiques,
- Des études sur les caractéristiques des masses d'eau de la Réunion,
- Des études sur les caractéristiques des peuplements marins.

*Tableau 2 : liste des principaux ouvrages et références consultés*

<b>Référence</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Année</b>	<b>Type d'informations</b>
<i>DDAE carrière du Trou et notion d'acceptabilité du milieu marin vis à vis des MES.</i>	PARETO	2014	Incidence des MES
<i>Directive Cadre européenne sur l'eau (DCE). Réseau de surveillance des masses d'eau de mer de la Réunion.</i>	DEAL Réunion, ARVAM	2014	Analyses hydrologiques
<i>Nouvelle route du littoral - viaduc de la Grande Chaloupe. Suivi environnemental interne en mer. Tranche 1 - Etat initial.</i>	PARETO	2014	Incidence des MES
<i>Centre d'Etudes et de Découverte des Tortues Marines Saint-Leu - Ile de la Réunion - Diagnostic Environnemental du milieu marin récepteur</i>	ARVAM	2014	Données peuplements & eau
<i>SDAGE Réunion – Présentation de l'état des lieux des ME</i>	COMITE DE BASSIN	2013	Etat des masses d'eau
<i>REPOM, note technique sédiments lagon Saint leu</i>	ARVAM	2012	Données sédimentaires
<i>Synthèse des rapports - Route des Tamarins section RD 10/Etang Salé. Suivi de la qualité des eaux. Phase 1 (état initial), phase 2 (travaux). Suivi de 2004 à 2009.</i>	ARVAM, PARETO, ASCONIT	2009	Incidence des MES
<i>Etude des facteurs écologiques et océanographiques de quatre sites potentiels d'installation de Récifs Artificiels sur le littoral des Communes du Port, de la Possession et de Saint-Leu. Etat initial des compartiments constitutifs du milieu.</i>	PARETO, ARVAM	2008	Caractéristiques du milieu marin littoral
<i>Cartographie des teneurs en ETM des sols de la Réunion</i>	BRGM	2008	Analyses sédimentaires
<i>Émissaire de la station d'épuration de Saint-Leu. Impact de l'émissaire sur les écosystèmes marins.</i>	PARETO, ARVAM	2008	Analyses hydrologiques
<i>Réseau National d'Observation (RNO). Réseau de surveillance de la qualité des eaux littorales de la Réunion, bilan à T+ 2 ans.</i>	DIREN Réunion, ARVAM	2007	Analyses hydrologiques
<i>Littoral sud de Saint-Leu. Etude opérationnelle de mise en valeur et d'aménagement touristique. Rapport final - Phase 1 : Etat des lieux et enjeux.</i>	YCP, PARETO	2006	Morphologie côtière
<i>Etude opérationnelle de mise en valeur et d'aménagement touristique du littoral sud de Saint Leu.</i>	ARVAM	2005	Morphologie côtière & peuplements marins littoraux
<i>Etat des connaissances sur les causes de dégradation des milieux récifaux— Fiches pressions - impacts.</i>	ARVAM	2005	Incidence des MES
<i>Synthèse morphodynamique des littoraux de la Réunion.</i>	BRGM	2004	Morphodynamique littorale
<i>Aménagement du port de Saint-Leu – Creusement du chenal de navigation - Suivi environnemental 2002 - Rapport pour le compte de la Commune de Saint-Leu.</i>	ARVAM, APMR	2003	Caractéristiques du milieu marin littoral
<i>Cartographie des zones récifales de la Réunion.</i>	CAREX-ARVAM	2002	Cartographie récifale
<i>Partial mortality in massive reefcorals as an indicator of sediment stress on coralreefs.</i>	NUGES, ROBERTS	2002	Incidence des MES
<i>Aménagement du port de Saint-Leu. Suivi environnemental 2001 (volet 2).</i>	ARVAM	2001	Données peuplements & eau
<i>Aménagement du port de Saint-Leu. Point environnemental 2000 (Volet 1 du suivi environnemental).</i>	ARVAM	2000	Données peuplements & eau
<i>Réaménagement des berges du front mer et du port de Saint Leu, expertise biologique, impacts sur les fonds marins</i>	BCEOM, ARVAM	1998	Caractéristiques du milieu marin littoral
<i>Couverture aérienne des rivages à galets de l'île de la Réunion. Inventaire des fonds sous-marins rocheux facteurs de vulnérabilité.</i>	IARE-ARVAM	1996	Géomorphologie des fonds marins
<i>Réaménagement des berges du front de mer de Saint-Leu ville (Réunion).</i>	IARE-ARVAM	1996	Géomorphologie des fonds marins
<i>Responses of coralreefs and reeforganisms to sedimentation</i>	ROGERS	1990	Incidence des MES

<i>Litto 3D</i>	<i>IGN</i>	<i>2010</i>	<i>Données bathymétriques</i>
<i>SMVM Réunion</i>	<i>REGION REUNION</i>	<i>2009</i>	<i>Contraintes réglementaires</i>
<i>Cartomar</i>	<i>BRGM</i>	<i>2009</i>	<i>Données géomorphologiques</i>
<i>SDAGE Réunion</i>	<i>COMITE DE BASSIN</i>	<i>2009</i>	<i>Contraintes réglementaires, gestion de l'eau.</i>
<i>Prises de vues aériennes</i>	<i>PARETO</i>	<i>2009</i>	<i>Données transit littoral</i>
<i>BD Ortho</i>	<i>IGN</i>	<i>2008</i>	<i>Données bathymétriques</i>
<i>Levés bathymétriques.</i>	<i>SHOM</i>	<i>2006</i>	<i>Données bathymétriques</i>
<i>Prises de vues aériennes</i>	<i>ARVAM</i>	<i>2002-4</i>	<i>Données transit littoral</i>

### Synthèse :

**Dans un premier temps**, sur la base des différentes données bibliographiques existantes concernant (i) le milieu physique (géomorphologie, courantologie), (ii) la nature et le fonctionnement des trois compartiments constitutifs du milieu naturel (eau, sédiment et matière vivante) et (iii) le milieu humain (usages & activités, pressions), il a été réalisé un **pré-diagnostic** des principales caractéristiques contextuelles environnementales du secteur d'étude.

Ce pré-diagnostic a permis d'établir un premier bilan de l'état des connaissances. Il est présenté sous forme de descriptions synthétiques et de cartographies thématiques issues des documents disponibles, concernant :

- Le contexte bathymétrique et géomorphologique,
- Le contexte courantologique,
- Le contexte hydrologique (qualité des eaux littorales et profondes),
- Le contexte sédimentaire (qualité du sédiment),
- Le contexte biologique (peuplements benthiques littoraux et sédimentaires),
- Le contexte sur les espèces sensibles emblématiques (mammifères marins et tortues),
- Le contexte réglementaire,
- Le contexte sur les pressions,
- Le contexte sur les usages, activités et la gestion du risque requin.

Il a également permis d'identifier les zones et thématiques présentant des lacunes, et qui ont orienté le choix des interventions de terrain prioritaires, visant à combler ces lacunes.

**Dans un second temps**, ce pré-diagnostic a été complété par des données collectées sur le terrain. Des cartes de synthèse sont présentées à l'issue du **diagnostic consolidé**. Ces fiches « outils d'aide à la décision » intègrent à la fois les connaissances bibliographiques et les données complémentaires.

### 3.2.2 Diagnostic environnemental consolidé : expertises de terrain (0-30m)

Sur la base des lacunes identifiées lors du pré-diagnostic, il a été proposé de réaliser des investigations de terrain complémentaires sur les zones littorales, comprises entre 0 et 30 mètres de profondeur. 3 volets d'étude ont été identifiés comme (i) peu étudiés à ce jour et (ii) prioritaires pour l'établissement d'un diagnostic environnemental complet sur la zone littorale :

- Volet 1 : caractéristiques physico-chimiques des eaux,
- Volet 2 : caractéristiques physico-chimiques des sédiments,
- Volet 3 : caractéristiques des peuplements benthiques et associés.

L'ensemble des méthodologies et protocoles mis en œuvre pour mener à bien ces expertises en mer est présenté ci-dessous.

#### 3.2.2.1 Volet 1 : caractéristiques des peuplements profonds (20-30m)

L'objectif est de collecter des données permettant de déterminer les caractéristiques des peuplements profonds (et leur état de santé) qui sont situés au droit du site d'implantation du projet, et de sa zone d'influence potentielle.

#### Caractéristiques des zones expertisées

Le secteur d'étude, et notamment l'horizon profond (20-30 mètres) est caractérisé par une plaine sableuse, d'où affleurent des plateaux rocheux identifiés sur les cartes géomorphologiques de référence CARTOMAR (2008). Ces zones de substrat rocheux constituent des zones potentiellement sensibles et à fort intérêt écologique.

#### Plan d'échantillonnage

En l'absence de données sur ces zones rocheuses sur le secteur d'étude, et compte tenu de l'absence d'emprise directe du projet en zone littorale, il apparaissait peu pertinent d'y implanter des stations de suivi. Il a donc été réalisé des radiales d'exploration sur chacun des affleurements recensés dans CARTOMAR.

2 radiales d'explorations ont été réalisées entre 20 et 25m de profondeur : (Figure 4)

- 1 radiale sur l'affleurement situé en bordure Nord du secteur d'étude (station 1),
- 1 radiale sur l'affleurement central situé au droit de la ravine du Trou (station 2).

Soit un total de 2 radiales d'exploration.

Compte tenu des profondeurs des sites à échantillonner considérés, les radiales d'exploration ont été réalisées en plongée, sur une surface d'environ 200 m<sup>2</sup> (10x20m).

#### Protocole d'échantillonnage

L'objectif étant de réaliser un inventaire des espèces dominantes et représentatives des conditions de milieu, et de déterminer la richesse et la diversité, la méthode la plus pertinente en termes de moyens/efficacité est l'exploration semi-aléatoire pendant une durée prédéterminée (en général 20 à 30 minutes).

#### Pour les peuplements benthiques

Compte tenu de la faible couverture corallienne constatée sur site, la méthode des quadrats initialement prévue a été remplacée par une estimation du recouvrement des principaux peuplements par une cotation de Dahl. Cette méthode est couramment utilisée pour étudier les communautés benthiques fixées et les échinodermes (Epstein et al., 1999 ; McClanahan, 1994, 2000 ; Edgar et Barrett, 1999 ; McClanahan et al., 2001 ; Shears & Babcock, 2002).

Une estimation semi-quantitative de l'abondance (rare, occasionnelle, fréquente, dominante) a également été réalisée pour les autres espèces d'invertébrés, les espèces protégées et les espèces les plus abondantes.

Ces protocoles ont été validés par le CSRPN (Comité Scientifique Régional du Patrimoine Naturel) lors de l'inventaire 2014 des ZNIEFF à la Réunion.

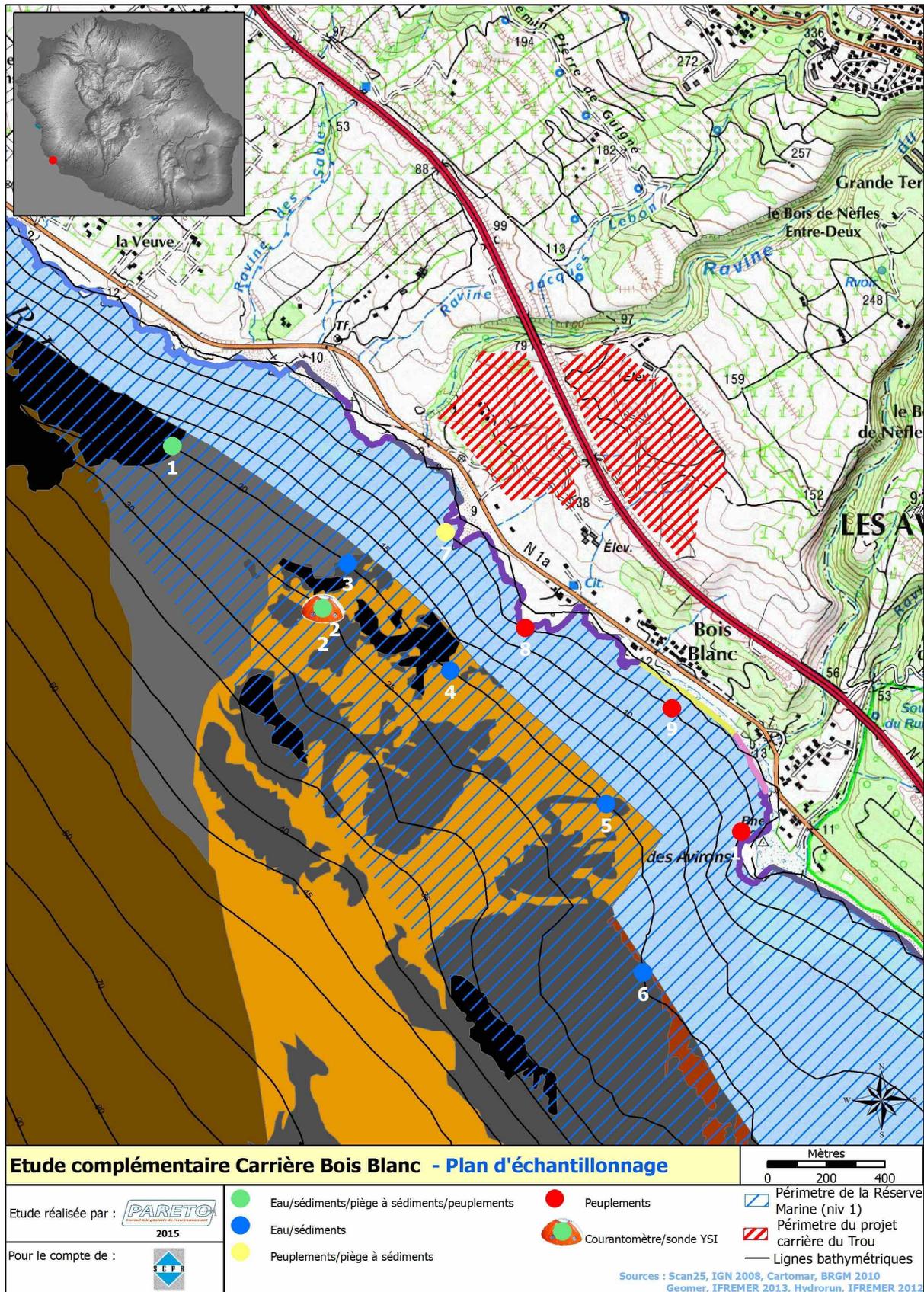
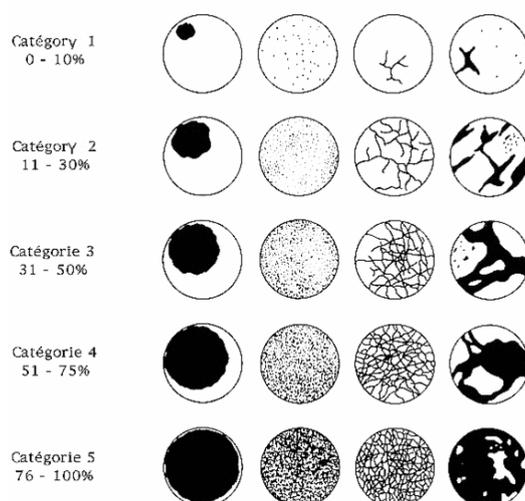


Figure 4 : plan d'échantillonnage



*Figure 5 : cotation de Dahl (1981)*

### **Pour les peuplements ichthyologiques**

Sur chacun des sites identifiés, les peuplements de poissons seront inventoriés par observations visuelles directes (UVC pour underwater visual census) en scaphandre autonome. Les UVC constituent la méthode la plus couramment utilisée pour l'évaluation *in situ* des peuplements ichthyologiques en milieu marin. Elle est adaptée à l'étude des milieux coralliens en zones peu profondes (jusqu'à -60 m) et relativement claires, ces eaux permettant l'utilisation de méthodes d'estimation visuelle des peuplements. Elle peut être considérée comme le pendant de l'exploration aléatoire pour les communautés ichthyologiques.

Les UVC possèdent une efficacité supérieure aux techniques d'échantillonnage par prélèvement telles que les pêches expérimentales ou les pièges (Cappo & Brown 1996) et présentent l'avantage d'estimer les peuplements sans dégrader le milieu (Harmelin-Vivien et al. 1985).

La méthode utilisée pour caractériser les peuplements ichthyologiques présents sur les différentes stations est celle de l'évaluation semi-quantitative, à savoir un comptage des espèces présentes, leur régime trophique et leur niveau d'abondance.

### **Période et fréquence de suivi**

Les interventions ont été réalisées au cours d'une campagne d'échantillonnage, le 17 novembre 2015.

### **Paramètres suivis**

**Pour les peuplements benthiques fixés**, les paramètres étudiés sont :

- Le type de catégorie benthique (Code benthos, Tableau 3),
- Le genre et/ou l'espèce,
- Le pourcentage de recouvrement.

De par l'expérience et la qualification des experts benthologues de PARETO, les relevés ont été effectués à minima au genre, et dans la plupart des cas à l'espèce. Pour certains taxons coralliens, l'identification à l'espèce n'est pas fiable sans analyse *ex-situ* en laboratoire. Afin d'employer des protocoles non destructifs, l'identification a été réalisée au niveau maximal permis par le recensement visuel. Ce protocole est compatible avec la réalisation de dossier de demande de dérogation au titre des espèces protégées puisque les espèces protégées ou remarquables, si elles sont présentes sur la zone d'étude, font partie des individus identifiables au niveau spécifique par nos experts.

Il a également été recherché la présence de maladies/nécroses et de blanchissement, témoins de l'état de santé initial des peuplements coralliens. Ces paramètres sont notés sous forme de pourcentages (i) du peuplement et (ii) de la colonie affectée, comme préconisé par les groupes de travail national et local.

*Tableau 3 : codes des peuplements benthiques utilisés*

Type Général	Code Benthos		Type Général	Code Benthos		
HC Corail Dur	CAC - Acropores	ACB	Acropore Branchu	Corail Mort	DC	Corail Mort
		ACD	Acropore Digité	AB Abiotique	R	Débris
		ACE	Acropore Encroûtant		RCK	Roche
		ACS	Acropore Submassif		S	Sable
		ACT	Acropore Tabulaire		SI	Vase
	CB	Corail Branchu	BAS		Substrat basaltique	
	NAC - Non-Acropores	CE	Corail Encroûtant	AL Algues	CA	Algue Calcaire
		CF	Corail Foliacé		FMA	Algue Dressée Molle
		CM	Corail Massif		HMA	Algue Dressée Dure
		CME	Millepore		TA	Turf Algal
		CMR	Corail Champignon	Phanérogame	PHA	Phanérogame
		CS	Corail Submassif	OT Autre	GOR	Gorgone
		CTU	Tubipore		OT	Autre
		CHL	Héliopore		SP	Eponge
	SC	Corail Mou	ZO		Zoanthaire	
Corail Mou	SC	Corail Mou				

**Pour les peuplements ichtyologiques**, l'objectif est d'appréhender la richesse spécifique, l'abondance et la structuration des communautés ichtyologiques présentes sur le secteur étudié. Les observations vont considérer l'ensemble des espèces du peuplement. Ainsi, pour chacune des stations, l'information relevée comprendra :

- L'identification au niveau taxonomique le plus précis possible,
- L'abondance pour chaque espèce (faible/moyenne/forte),
- Le régime alimentaire.

**Pour les invertébrés**, l'ensemble des taxons suivants sont inventoriés :

- Echinodermes (Holothuries, Ophiures, Etoiles, Oursins et Crinoïdes),
- Macro-crustacés (Crabes, Langoustes, etc.),
- Macro-mollusques (bénitiers, poulpes, nudibranches, macro-gastéropodes, bivalves, etc.).

L'aide d'experts locaux/nationaux peut être sollicitée pour certains taxons. Pour chacun de ces taxons, les paramètres considérés seront :

- L'identification à l'espèce,
- L'abondance et la densité de chaque espèce,
- L'estimation de la taille des individus.

### Résultats attendus

Les résultats ont permis de déterminer, pour chacune des stations, la présence d'espèces remarquables et/ou protégées, la structuration des communautés et leur état de santé.

Une liste la plus exhaustive possible des espèces rencontrées est proposée. Enfin, les résultats des inventaires permettent d'alimenter l'étude d'impact.

Les principaux résultats attendus sont les suivants :

- Déterminer le niveau de sédimentation et les conditions de milieu,
- Réaliser un inventaire des principales communautés benthiques, d'invertébrés et ichtyologiques,
- Evaluer leur état de santé,
- Géoréférencer les formations et les peuplements caractéristiques du site,
- Bancariser des prises de vue illustrant les interventions réalisées.

### 3.2.2.2 Volet 2 : caractéristiques des peuplements littoraux (0-20m)

L'objectif est de collecter des données permettant de déterminer les caractéristiques des peuplements littoraux (et leur état de santé) qui sont situés au droit du site d'implantation du projet, et de sa zone d'influence potentielle.

#### Caractéristiques des zones expertisées

3 types de fond sont présents sur la zone d'étude littorale : les fonds rocheux, les fonds sableux et les cordons à galets littoraux.

#### Plan d'échantillonnage

Des explorations ont été réalisées en 2005 sur certaines zones littorales du secteur d'étude par des ingénieurs de Pareto. En l'absence de données plus complètes sur le plan spatial, et plus récentes, des radiales d'exploration ont été réalisées sur chacun des 3 sites du secteur caractérisés par des pointes rocheuses se prolongeant en mer, ainsi qu'au niveau de la plage à Galets de Bois Blanc recensés dans CARTOMAR.

4 radiales d'explorations ont été réalisées entre 2 et 14m de profondeur :

- 1 radiale sur la pointe rocheuse située à 300m au SO de l'embouchure de la ravine du Trou (station 7),
- 1 radiale sur la pointe rocheuse située au centre du secteur d'étude, à 600m au SO de l'embouchure de la ravine du Trou (station 8),
- 1 radiale sur la pointe rocheuse des Avirons située à 1700m au SO de l'embouchure de la ravine du Trou (station 10),
- 1 radiale au droit de la plage à galets de Bois Blanc située à 1200m au SO de l'embouchure de la ravine du Trou (station 9).

Soit **un total de 4 radiales d'exploration**.

Compte tenu des profondeurs des sites à échantillonner considérés, les radiales d'exploration ont été réalisées en plongée, sur une surface d'environ 200 m<sup>2</sup> (10x20m).

#### Protocoles

Les protocoles mis en œuvre sont les mêmes que pour le volet 1.

#### Période et fréquence de suivi

Les interventions ont été réalisées au cours d'une campagne d'échantillonnage, le 17 novembre 2015.

#### Paramètres suivis

Les paramètres suivis sont les mêmes que pour le volet 1.

#### Résultats attendus

Les résultats attendus sont les mêmes que pour le volet 1.



*Figure 6 : expertises sur les peuplements en plongée*

### 3.2.2.3 Volet 3 : qualité des eaux et charge particulaire

L'objectif est de collecter des données permettant de caractériser les eaux littorales sur le site d'implantation du projet. Ces données permettront ultérieurement d'identifier le bruit de fond existant et ainsi d'évaluer les modifications éventuelles liées au projet en phase d'exploitation.

#### Caractéristiques des zones expertisées

Les mesures ont été réalisées sur une zone littorale rocheuse caractérisée par un relief et des substrats hétérogènes, et naturellement perturbés en raison des fortes pressions anthropiques et du bruit de fond existants (zone urbaine).

#### Protocoles

Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une bouteille Niskin depuis une embarcation. Ils ont ensuite fait l'objet soit de mesures *in situ*, soit d'un conditionnement adapté pour être analysés ultérieurement en laboratoires agréés/accrédités pour les analyses d'eau de mer. L'ensemble des protocoles de prélèvement, mesure et conditionnement mis en œuvre sont conformes aux préconisations et normes de qualité imposés par la DCE :

- Mesures *in situ* des paramètres généraux avec analyseur multi-paramètres (YSI quatre),
- Prélèvements et analyses en laboratoire des paramètres de charge particulaire (LDEHM),
- Prélèvements et analyse d'enrichissement organique et minéral (ALPA Chimie),
- Enregistrement en continu des paramètres généraux et de la turbidité à l'aide d'une sonde multiparamètres.

Un opérateur technique formé aux protocoles normalisés de la DCE a assuré les prélèvements, les mesures, le conditionnement et le stockage des échantillons (frais et/ou congelés) jusqu'au laboratoire d'analyse.

#### Plan d'échantillonnage

Les stations d'échantillonnage ont été positionnées sur l'isobathe -20m environ, en raison de l'hydrodynamisme marqué sur le secteur (houle et vent) qui rend l'accès au littoral délicat.

Les mesures et prélèvements ont été réalisés en surface sur 4 stations situées au droit du secteur d'étude (stations 2, 3, 4, & 5), 1 station en amont (station 6), et 1 en aval (station 1) (Figure 4).

L'acquisition en continu a été réalisée à mi profondeur sur la station 2, à -10m.

Soit **6 stations au total**.

#### Fréquence de suivi

Il a été réalisé :

- **1 campagne hydrologique complète le 2 Novembre 2015**, en contexte calme. Ces conditions correspondent aux plus favorables à une stratification d'eau douce éventuelle en mer, avec une dispersion minimale. Les 4 groupes de paramètres ci-après ont été analysés.
- **1 campagne d'acquisition en continu entre le 2 et le 17 Novembre 2015**. Les valeurs des paramètres physiques ainsi que de la turbidité ont été enregistrés sur toute la période.

#### Paramètres suivis

Quatre groupes de paramètres ont été étudiés :

*Les paramètres physiques* : ils correspondent à des indicateurs du contexte hydrologique général, mettant notamment en évidence les apports d'eau douce et de stratification de la colonne d'eau, et donc de la dispersion spatiale en mer :

- La température et la salinité,
- Le pH et l'oxygène dissous.

*Les paramètres de charge particulaire, dissoute, et organique* : ils correspondent à des indicateurs de matériel d'origine terrigène et/ou de rejets terrigènes enrichis :

- Les matières en suspension (MES) et la transparence de l'eau (turbidité),
- Les sels nutritifs (nitrate, nitrite, phosphate, silice et azote total).

*Les paramètres d'activité photosynthétique* : ils correspondent à des indicateurs d'eutrophisation :

- La demande biologique et chimique en oxygène (DBO<sub>5</sub> et DCO),
- La chlorophylle a et les phéopigments.

*Les paramètres de pollution des eaux* : ils correspondent à des indicateurs de pollution d'origine anthropique liée à des activités industrielles ou urbaines :

- Les hydrocarbures totaux.

Tableau 4 : normes de référence pour la mesure des paramètres physico-chimiques dans l'eau de mer

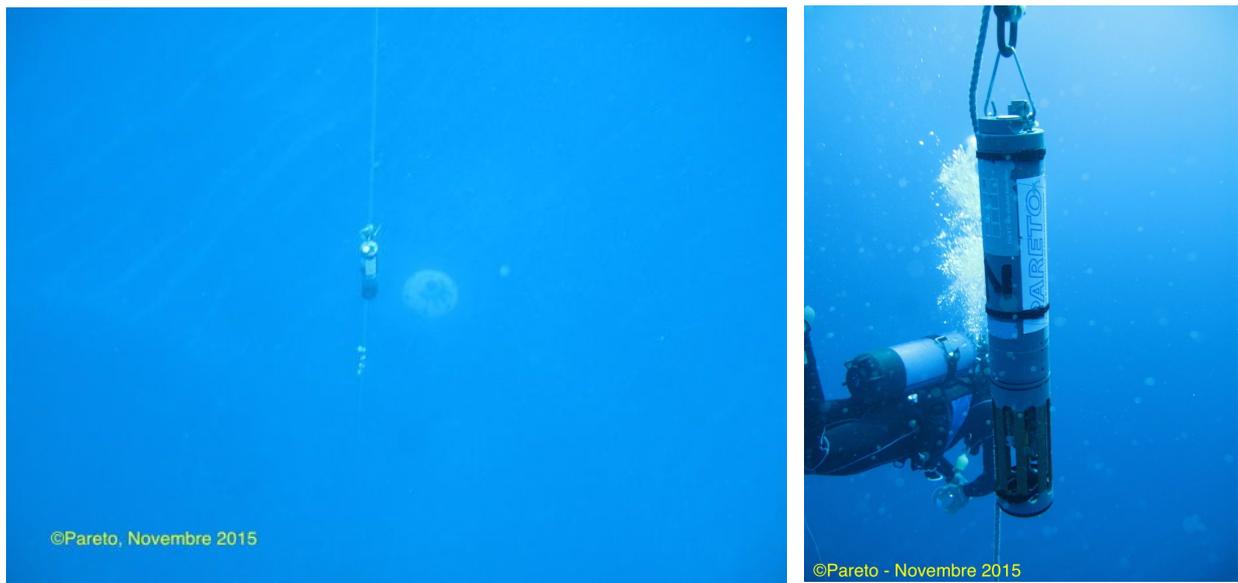
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Précision
Température	Sonde YSI	-	+/- 0,5°C
Salinité	Sonde YSI	-	+/- 0,5 PSU
Oxygène dissous	Sonde YSI	-	+/- 0,5 mg/l
pH	Sonde YSI	-	0,2 unité
Transparence	Disque de Secchi	-	0,5 mètre
MES	NF EN 872 modifiée Aminot et Kérouel, 2004	-	0,01 mg/l
Turbidité	Norme ISO 7027	0.3 NTU	+/- 10%
Nitrite	Spectrophotométrie ; Aminot et Kérouel 2004	0.03 µmol/l*	Incertitude élargie minimale de 60% au niveau « LQ »* Incertitude élargie ≤ 50% au niveau « 3 x LQ »**
	Spectrophotométrie flux ; Aminot et Kérouel 2007		
Nitrite+nitrate	Spectrophotométrie ; Aminot et Kérouel 2004	0,2 µmol/l*	
	Spectrophotométrie flux ; Aminot et Kérouel 2007		
Phosphate	Spectrophotométrie ; Aminot et Kérouel 2004	0,04 µmol/l*	
	Spectrophotométrie flux ; Aminot et Kérouel 2007		
Silicate	Spectrophotométrie ; Aminot et Kérouel 2004	0,4 µmol/l*	
	Spectrophotométrie flux ; Aminot et Kérouel 2007		
Chlorophylle a	Fluorimétrie ; Aminot et Kérouel 2004	0.5 µg/L*	

## Résultats attendus

Les résultats obtenus ont permis de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux littorales ou « bruit de fond » existant sur le secteur, ainsi que d'identifier la zone d'influence des percolations d'eau douce éventuelles sur le secteur (ravine du Trou). La comparaison avec des données antérieures (étude d'impact) ou de référence (réseau DCE) permettra de dégager des tendances évolutives et l'incidence des rejets sur le milieu récepteur.



Figure 7 : bouteilles à prélèvements Niskin et analyseur multiparamètres de terrain YSI (©Pareto)



*Figure 8 : enregistreur multiparamètres YSI sur la station 2 (©Pareto)*

#### 3.2.2.4 Volet 4 : qualité des sédiments

L'objectif est de collecter des données permettant de caractériser les sédiments sur le site d'implantation du projet. Ces données permettront ultérieurement d'identifier le bruit de fond existant et ainsi d'évaluer les modifications éventuelles liées au projet.

#### Caractéristiques des zones expertisées

Les mesures seront réalisées sur une zone littorale caractérisée par un relief et des substrats hétérogènes, et naturellement perturbés en raison du bruit de fond existant (ravine du Trou, houle).

#### Protocoles

Les stations sont localisées à l'aide d'un GPS et d'un sondeur bathymétrique. Le sédiment est collecté en plongée par un opérateur maîtrisant les précautions à prendre pour éviter toute contamination.

Les échantillons sont ensuite congelés puis transmis au laboratoire d'analyse (Alpa Chimie), selon le protocole normalisé mis en œuvre dans le cadre du programme national REPOM.

Un opérateur formé aux protocoles normalisés de la DCE a assuré les prélèvements, les mesures, le conditionnement et le stockage des échantillons (frais et/ou congelés) jusqu'au laboratoire d'analyse.

#### Plan d'échantillonnage

Les prélèvements ont été réalisés en surface, sur 4 stations littorales réparties sur le secteur d'étude (stations 7, 8, 9 & 10) et 2 stations plus profondes (stations 1 & 2), soit **6 stations au total**.

#### Fréquence de suivi

Il a été réalisé 1 campagne de prélèvements en contexte calme, le 17 novembre 2015.

#### Paramètres suivis

Les paramètres de suivi les plus pertinents au regard de la problématique sont les suivants :

- Pour le suivi des apports particulaires (fines terrigènes) : la granulométrie,
- Pour le suivi de l'enrichissement minéral : Phosphore et Azote de Kjeldhal,
- Pour le suivi de polluants : hydrocarbures totaux.

Tableau 5 : normes de référence pour la mesure des paramètres physico-chimiques dans le sédiment

Paramètres mesurés	Méthode / Normes de référence
Granulométrie	NF EN ISO 13320-1
MS & MV	NF ISO 11465
Phosphore total	NF EN ISO 6878 modifiée
Azote de Kjeldhal	NF ISO 11261
Hydrocarbures totaux	ISO 16703

#### Résultats attendus

Les résultats obtenus ont permis de caractériser les sédiments sur la zone d'influence potentielle de la ravine du Trou et le « bruit de fond » existant sur le secteur littoral soumis à l'action de la houle.



Figure 9 : prélèvements de sédiments en plongée (©Pareto)

### 3.2.3 Contexte hydrodynamique : houle et courant dans la colonne d'eau

L'objectif est de caractériser les flux dominants sur le site d'étude. Le schéma courantologique ainsi défini doit permettre de déterminer l'influence des courants sur la dispersion de MES liées à la ravine du Trou ou à la houle (et éventuellement au projet en phase d'exploitation).

#### Caractéristiques des zones expertisées

Les enregistrements en continu ont été réalisés sur une zone profonde caractérisée par un relief et des substrats sableux. Un affleurement rocheux était situé à environ 10m au NO.

#### Protocoles

Les mesures de houle et de courant ont été réalisées à l'aide d'un courantomètre ADCP « Workhorse Sentinel » 600Hz. Ce type de matériel, positionné sur le fond en plongée, permet de déterminer (i) les flux courantologiques sur toute la colonne d'eau (vitesse et de direction) et (ii) l'agitation (houle). Cette dernière étant à l'origine de courants devant être considérés dans le schéma hydrodynamique littoral, en plus de l'influence dominante de la marée à la Réunion.

#### Plan d'échantillonnage

Le dispositif a été positionné sur une station située au droit de la ravine du Trou sur une profondeur de -25 mètres (station 2), de manière à déterminer les variations éventuelles de courants sur la colonne d'eau. Il a été implanté sur un fond sableux homogène, marqué par la présence de ripple-marks de taille importante (>15 cm) globalement orientés parallèlement à la côte. A environ 10m au NO en aval, un affleurement rocheux basaltique était présent. Les mesures de courant et de houle ont été réalisées selon des pas de temps respectifs 10 minutes et 20 minutes. Les mesures de courant ont été effectuées tous les 2m, entre -6 et -24m de profondeur (5m perturbés sous la surface, et 1m de blanking au dessus du fond). Des interventions en plongée ont été réalisées tous les 15j afin de procéder à un entretien régulier des enregistreurs (batteries et nettoyage des capteurs).

#### Fréquence de suivi

Il a été réalisé 1 campagne de mesure (1 mois), en mode calme, entre le 02 novembre et le 03 décembre 2015. Ces conditions correspondent aux conditions les plus pénalisantes pour des panaches de MES en mer, car la dispersion et l'agitation du milieu y sont inférieurs. Durant ce cycle lunaire complet (qui influence la marée), plusieurs phénomènes de houle australe ont pu être analysés, malgré le fait que la période d'échantillonnage concerne le début de l'été austral.

#### Paramètres suivis

Les 3 paramètres qui sont mesurés pour caractériser l'agitation en surface (houle), sont :

- La hauteur significative (Hs),
- Le pic de période (Tp),
- Le pic de direction (Dp).

Les 2 paramètres qui sont mesurés pour caractériser les courants sont :

- La vitesse (cm/s),
- La direction (en degré Nord).

#### Résultats attendus

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer le schéma courantologique dominant et la houle en zone littorale en mode calme (hors période cyclonique) et par houle australe, qui correspondent aux contextes dominants susceptibles d'influencer la dispersion éventuelle de panaches ou de MES.



Figure 10 : courantomètre ADCP posé sur le substrat sableux (station 2)(©Pareto)

### 3.2.4 Sédimentation : évaluation du bruit de fond

L'objectif est d'évaluer le taux de sédimentation sur le site d'étude. Le résultat obtenu, bien que l'opération ait été réalisée hors contexte cyclonique et sur une courte période, intègre les perturbations naturelles et humaines éventuelles existantes. En croisant le résultat avec (i) d'une part la nature des particules piégées et (ii) d'autre part avec les données de houle et de courant obtenues sur la même période, il est ainsi possible de déterminer le bruit de fond et ses facteurs explicatifs (courant, houle et apports naturels de MES par la ravine du Trou).

#### Caractéristiques des zones expertisées

Les enregistrements en continu ont été réalisés sur une zone profonde caractérisée par un relief et des substrats sableux. Un affleurement rocheux était situé à environ 10m au NO.

#### Protocoles

L'opération consiste à implanter au dessus du fond un réceptacle porté par une tige métallique à environ 1m au dessus du fond, de manière à ne pas être influencé par la remise en suspension des matériels les plus grossiers par la houle. La surface du réceptacle est connue. La durée d'immersion également. En séchant puis en pesant le matériel piégé, il est ainsi possible de déterminer le taux de sédimentation exprimé en  $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{jour}$ .

#### Plan d'échantillonnage

Les pièges à sédiments ont été implantés sur 3 stations situées en amont et en aval de la ravine du Trou, sur des profondeurs comprises entre -4 et -25m :

- 1 piège à -4m au droit de la pointe rocheuse située à 300m au SO de l'embouchure de la ravine du Trou (station 7),
- 1 piège à -25m en amont et à 700m au SO de l'embouchure de la ravine du Trou (station 2),
- 1 piège à -19m en aval et à 750m au NO de l'embouchure de la ravine du Trou (station 2).

Soit **un total de 3 pièges à sédiments.**

#### Fréquence de suivi

Il a été réalisé 1 campagne de mesure (15 jours), en mode calme, entre le 17 novembre et le 03 décembre 2015. Ces conditions correspondent aux conditions les plus pénalisantes pour des panaches de MES en mer, car la dispersion et l'agitation du milieu y sont inférieures. Durant ce  $\frac{1}{2}$  cycle lunaire (qui influence la marée), 1 phénomène de houle australe a pu être « échantillonné », malgré le fait que la période d'échantillonnage concerne le début de l'été austral.

#### Paramètres suivis

Il est déterminé :

- La nature du matériel piégé (sable, vase), permettant de déterminer son origine (terrestre et/ou marine, par remise en suspension),
- Le taux de sédimentation, exprimé en  $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{jour}$ , permettant de déterminer le bruit de fond en amont et en aval de la ravine du Trou.

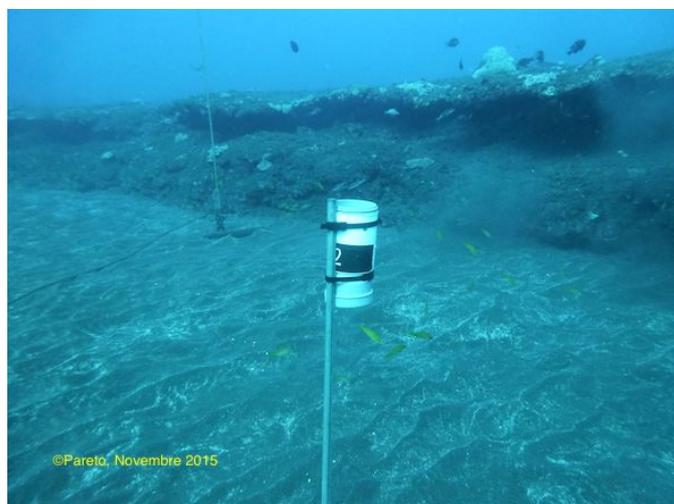
#### Résultats attendus

Les résultats obtenus ont permis d'évaluer le bruit de fond de sédimentation en zone littorale, en mode calme (hors période cyclonique) et par houle australe, qui correspondent aux contextes dominants susceptibles d'influencer la dispersion éventuelle de panaches ou de MES.

Station 1 : -19m



Station 2 : -25m



Station 7 : -4m

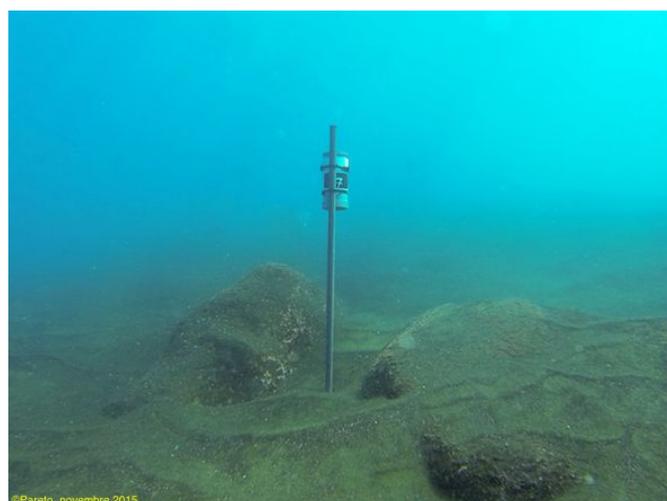


Figure 11 : pièges à sédiment implantés sur le substrat sableux au droit de la ravine du Trou(©Pareto)

### 3.3 PHASE 2 : EVALUATION DES INCIDENCES DU PROJET EN MER

L'analyse des impacts porte sur 2 principaux types d'incidence susceptibles de dégrader la qualité des 3 compartiments du milieu naturel (eau, sédiment, matière vivante) :

- Incidence spatiale (évaluation de la surface potentiellement impactée par le projet) : impacts directs, indirects et induits,
- Incidence temporelle : immédiate et à long terme.

Sur le plan réglementaire, 3 groupes d'impacts sont à considérer au regard des caractéristiques d'un projet :

**Les impacts liés à la phase travaux**, relatifs à l'implantation des infrastructures. Ces dernières étant exclusivement terrestres, le milieu marin n'apparaît pas directement concerné durant cette phase.

**Les impacts en phase d'exploitation**, relatifs :

- A l'incidence des rejets potentiels d'eau douce vers le milieu marin,
- Aux tirs de mines (à partir des résultats d'une expertise de l'impact acoustique sur le milieu marin d'un tir de mines sur une carrière terrestre, Biotope-Quiet Ocean, 2015).

L'analyse sera réalisée sur la base des reconnaissances effectuées dans la phase 1.

**Les impacts cumulés avec d'autres projets d'aménagement**, dont le projet serait susceptible d'accentuer ou favoriser l'importance et/ou la durée.

En particulier, seront analysés les impacts portant sur :

- Des destructions physiques de substrat et/ou des modifications bathymétriques,
- Des éventuelles modifications locales de la courantologie, et donc des biocénoses fixées présentes et des conditions de mouvements de la faune,
- Une possible modification de la qualité des eaux et des sédiments,
- Des risques de destruction/ensevelissement d'organismes marins,
- Les nuisances sur les espèces migratrices ou emblématiques les plus sensibles.

Dans la mesure du possible, il sera fait une distinction entre le bruit de fond actuel et l'incidence du projet.

### 3.4 PHASE 3 : PRECONISATIONS ENVIRONNEMENTALES & MESURES ERC

Sur la base (i) des effets attendus et (ii) des éléments techniques relatifs au projet qui seront fournis, une réflexion sera menée dans l'optique d'accompagner la SCPR dans l'intégration environnementale des aménagements.

- **Des mesures d'évitement (E)** : elles doivent permettre de supprimer certains impacts attendus et de rester proche de la situation environnementale initiale, soit en mettant en œuvre des mesures d'aménagement ciblées, soit en abandonnant des aménagements dommageables ou des sites d'implantation peu adaptés. Ces mesures consisteront à proposer le projet optimal intégrant à la fois les contraintes environnementales, sociales et technico-économiques. Elle peuvent également consister à aménager des plages de travaux évitant les effets nuisibles sur le milieu naturel ou sur l'utilisation du site (baigneurs, activités nautiques, pêche, ...).
- **Des mesures de réduction (R)** : elles sont envisagées lorsqu'une incidence négative n'a pas pu être évitée. Elles visent à atténuer les impacts négatifs sur le site du projet au moment où ils sont attendus. Elles auront pour objectif d'identifier des mesures techniques permettant de limiter l'incidence du projet sur le milieu naturel (protection, choix techniques, choix de la période et de la durée de travaux, ...). Cela aussi bien en phase de chantier qu'en phase d'exploitation.
- **Des mesures compensatoires (C)** : le cas échéant, ces mesures complémentaires viseront à restaurer le milieu ou favoriser sa résilience, suite aux impacts qui n'auraient pu être évités (suivi environnemental, réhabilitation, ingénierie écologique, ...).

#### Approche méthodologique pour la définition des besoins en compensation

Dans le cas d'impacts résiduels ou de destruction inévitable de peuplements, des mesures compensatoires sont proposées. Le besoin de compensation est défini selon une méthodologie rigoureuse adaptée à chaque groupe concerné, basée sur les guides méthodologiques existants et les retours d'expérience de projets proches :

- Doctrine relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel (MEDTL, 2012) ;
- Guide : Comment compenser les impacts résiduels sur la biodiversité (DEAL Réunion, 2013),
- Modalités de mise en œuvre des mesures compensatoires (DREAL Franche-Comté, 2011)
- Retours d'expériences de la Nouvelle Route du Littoral.

Dans un premier temps, les impacts résiduels sont évalués et quantifiés de la même façon que les effets attendus.

Dans un second temps, le besoin de compensation est défini en fonction de 2 paramètres :

- Un paramètre pertinent de quantification de l'impact (surface ou nombre d'individus) : A,
- Un ratio de compensation : C.

Ces paramètres seront déterminés pour chaque groupe en fonction des connaissances. En règle générale, A sera une surface si l'impact concerne un habitat, et un nombre d'individus si l'impact concerne des espèces particulières. De façon schématique, le besoin de compensation sera représenté par  $A \times C$ .

Le ratio C sera déterminé par l'enjeu environnemental de l'espèce/habitat impacté et l'importance de l'impact résiduel :

- Le caractère remarquable ou protégé de l'espèce/l'habitat touché,
- L'état de conservation de l'espèce/l'habitat touché,
- Les services rendus,

- La sensibilité, déterminée dans la phase 1,
- L'importance de la zone concernée pour la population globale et la cohérence écologique,
- Le dépassement de seuils réglementaires,
- Le type d'impact (perturbation ou destruction).

La figure suivante synthétise cette méthode :

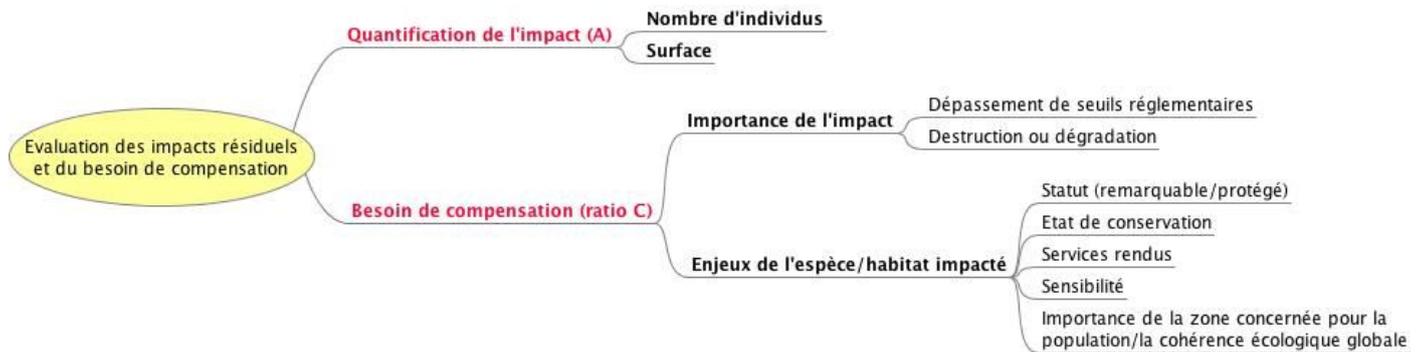


Figure 12 : Schéma de l'approche méthodologique pour la définition des besoins de compensation

En l'absence de méthode officielle pour la définition de ces ratios, l'équipe projet s'appuie sur les retours d'expériences sur des projets semblables à la Réunion et en métropole. Ainsi, les ratios généralement utilisés et repris dans les avis du Conseil National de Protection de la Nature (CNPN) sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : ratios de compensation communément admis par le CNPN

Cas	Ratio de compensation
Destruction de nature ordinaire mais importante pour la préservation de la biodiversité	1
Destruction d'habitat ou espèce à enjeu moyen (patrimoniaux mais pas en liste rouge)	2
Destruction d'habitat ou espèce à enjeu fort : protégé et en liste rouge	5
Destruction d'habitat ou espèce à enjeu majeur : habitat prioritaire, liste rouge ou concentration d'habitats, d'espèces ou d'individus	10

Si possible, des méthodes de dimensionnement des mesures compensatoires (Habitat Equivalency Analysis, HEA, méthode américaine utilisée depuis les années 90 dans le cadre de dommages environnementaux) peuvent être testées afin de proposer des ratios compensatoires plus robustes.

L'enveloppe financière allouée aux mesures environnementales sera également un facteur de pondération des besoins de compensation.

Si nécessaire, des mesures compensatoires pérennes adaptées aux espèces/habitats concernés seront ensuite proposées à la SCPR (transplantation, restauration, protection d'habitats, ...).

**NB :** Dans le cas où des mesures compensatoires sur les mammifères marins devaient être envisagées, l'état actuel limité des connaissances ne permet pas de proposer des mesures concrètes et dimensionnées de restauration. A l'image de ce qui est prévu pour la Nouvelle Route du Littoral, les mesures compensatoires porteront donc sur des programmes d'acquisition de connaissances sur les espèces concernées. Là encore, l'amplitude du programme (surface étudiée, durée, thématiques) sera déterminée par les paramètres A et C et devra être complémentaire aux programmes déjà prévus.

## 4 DIAGNOSTIC ENVIRONNEMENTAL

### 4.1 LE MILIEU PHYSIQUE

#### 4.1.1 Contexte bathymétrique et géomorphologique

##### La bathymétrie

Le secteur littoral du Sud de Saint-Leu est caractérisé par un plateau littoral étroit et une déclivité moyenne qui s'accroît en allant vers le Nord et au niveau de la pointe des Avirons.

La ravine des Avirons au SE et la ravine du Trou au NO influencent fortement, de par leurs rejets ponctuels en mer, la répartition bathymétrique des fonds (Figure 13). Les pointes rocheuses qui ponctuent le littoral d'étude au niveau de la ravine du Trou, de Bois Blanc et de la pointe des Avirons se prolongent en mer vers le large sous forme de petits tombants basaltiques, parfois sur plusieurs dizaines de mètres de long. Elles correspondent à d'anciennes coulées de lave.

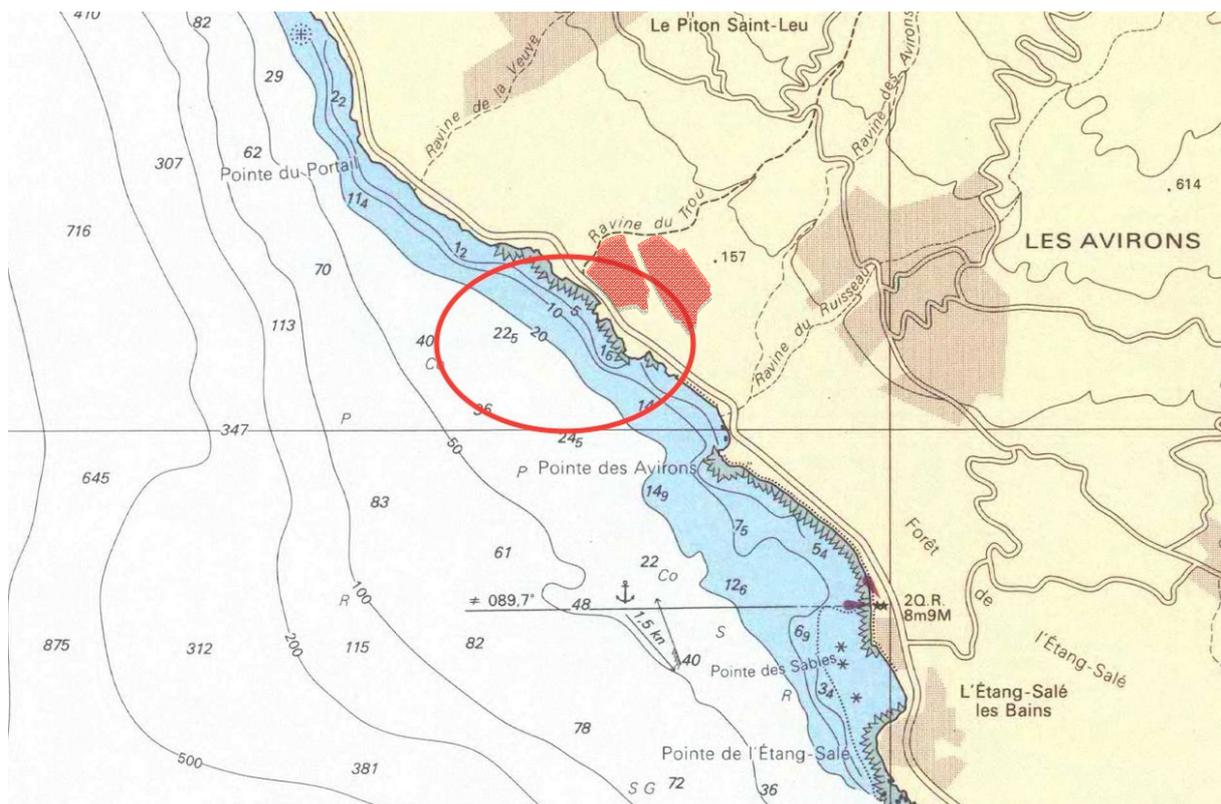


Figure 13 : bathymétrie sur le secteur littoral du sud de Saint-Leu (fond SHOM)

A proximité du littoral, sur le secteur d'étude, les isobathes -10m et -20m se trouvent près de la côte, avec respectivement une distance d'environ 200 et 300 mètres en moyenne. La déclivité diminue ensuite plus lentement. L'isobathe -40m se trouve ainsi à environ 1000 mètres des falaises rocheuses littorales.

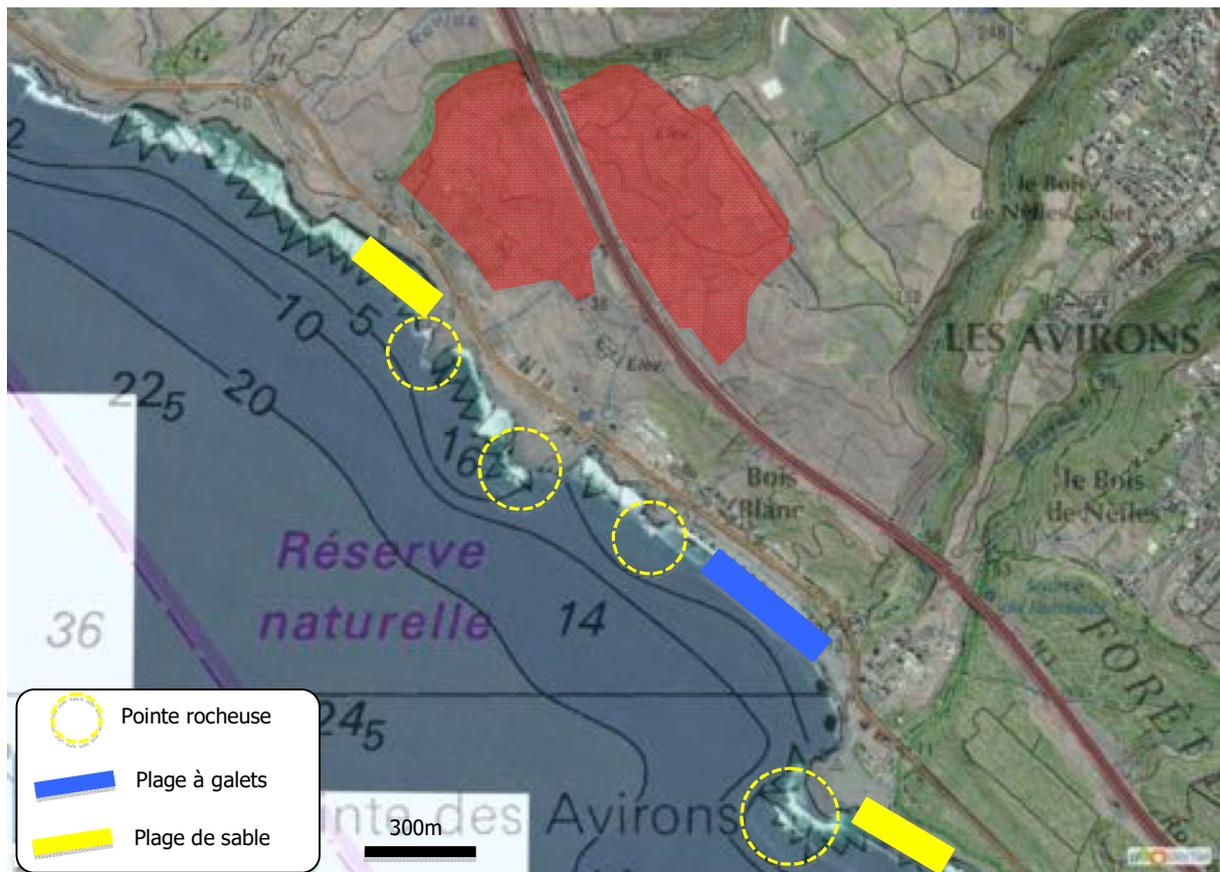


Figure 14 : bathymétrie du sud de Saint-Leu, et principaux éléments géomorphologiques littoraux (fond IGN)

## La géomorphologie

La pointe des Avirons marque la limite Nord du complexe récifal frangeant de l'Etang Salé. Cependant, la partie bioconstruite et colonisée par les peuplements coralliens de ce récif s'arrête au niveau des « Brisants » à 1,5 kms plus au SE.

Le récif frangeant de Saint-Leu se développe à partir de la pointe au Sel, située à 6 kms au NO.

Sur le secteur d'étude, 3 autres principales pointes situées au Nord de Bois Blanc sont observées avant l'embouchure de la ravine du Trou. Elles se prolongent sous l'eau sous forme de tombants plus ou moins longs vers le large (de 20 à 80m), et plus ou moins hauts (de 2 à 8m). Sur les 2 pointes les plus au Nord et proches de la ravine du Trou, les fonds sont marqués par la présence de méga blocs basaltiques (>2m) plus ou moins ensevelis par du sable, et très peu colonisés.

A l'inverse des constructions coralliennes de l'Etang Salé au SE et de Saint-Leu au NO, et bien que des peuplements coralliens soient ponctuellement présents sur ces 4 pointes, de manière plus abondante en allant vers le Sud, ils se développent sur un substrat basaltique correspondant à d'anciennes coulées de lave.

La plage de Bois Blanc est constituée de galets basaltiques de rivière remaniés par la houle.

La plage de la ravine du Trou est quant à elle constituée de sable basaltique. Son profil évolue périodiquement selon la saison et l'action des houles (australes et cycloniques).

Le reste du secteur sous-marin entre 2 et 30m de profondeur est entièrement constitué de sable basaltique « propre » (=sans fines), attestant de l'incidence marquée de la houle jusqu'à cette profondeur qui y limite la sédimentation de particules fines d'origine terrigène. La présence de ripple-marks de grande taille (>15 cm) sur le fond en atteste.

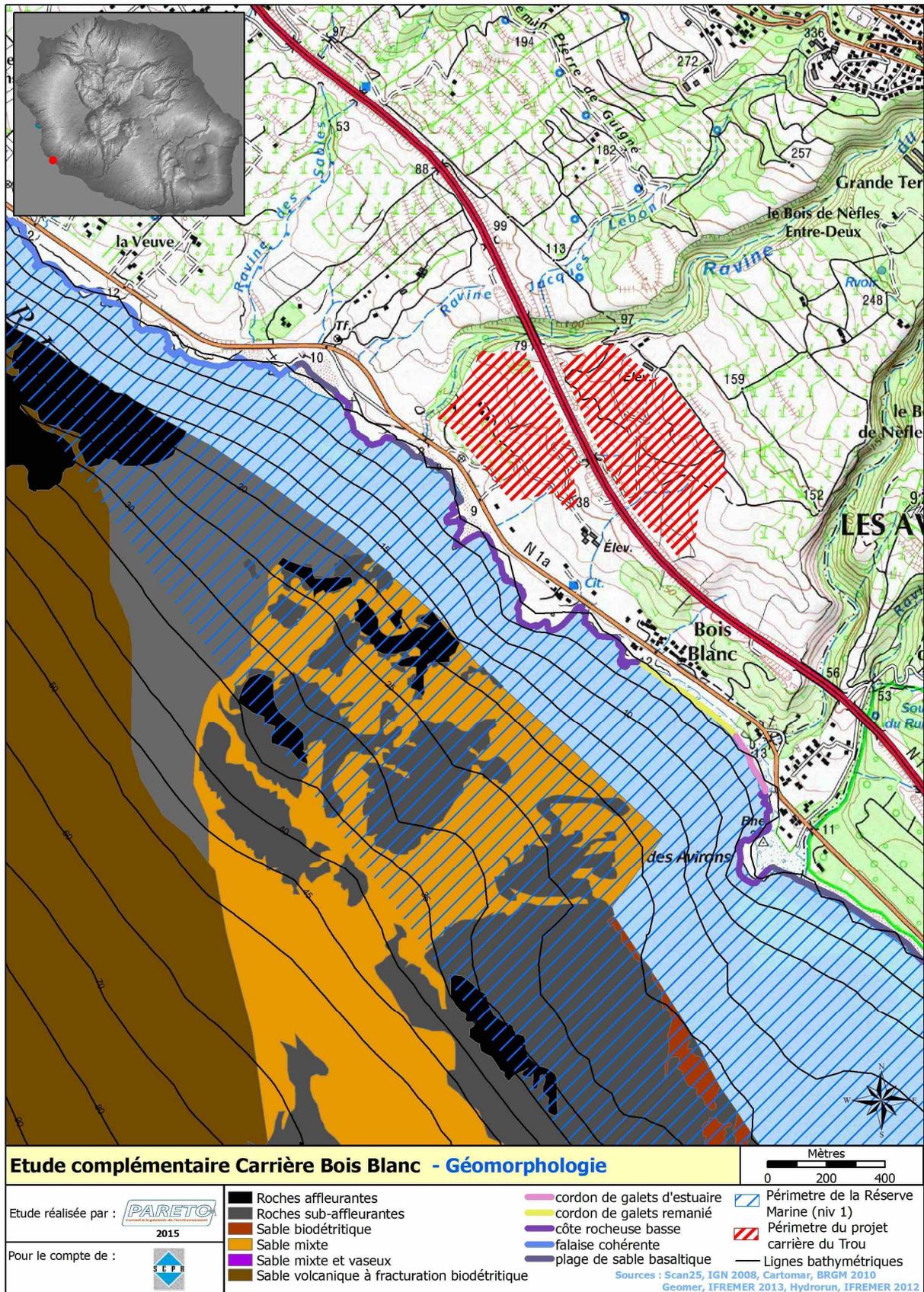


Figure 15 : géomorphologie sur le secteur littoral de Bois Blanc (selon CARTOMAR, 2008)

#### 4.1.2 Contexte hydrogéologique

Le secteur littoral de Bois Blanc est caractérisé par la présence de **5 cours d’eau** dont **l’écoulement n’est pas permanent en surface**. Les principaux sont la ravine des Avirons au SE et la ravine du Trou au NO. Lors des expertises de terrain réalisées en Novembre/Décembre 2015, aucune écoulement de surface n’a été constaté.



Figure 16 : réseau hydrographique sur le littoral de Bois Blanc (fond IGN)

Toutefois, il est reconnu que l’influence de ces ravines à la Réunion présente une forte composante souterraine (sous-écoulements), induisant des résurgences sous-marines et des panaches littoraux naturels. Il existe ainsi généralement des percolations vers le milieu marin qui se font principalement en traversant la nappe phréatique côtière ou le biseau salé. Cela semble notamment concerner la ravine des Avirons au Sud-Est du secteur (Figure 24). Bien que cette étude ne comporte pas d’expertise hydrogéologique détaillée, et notamment d’éléments relatifs à la perméabilité des sols sur le secteur, elle intègre cependant l’influence potentielle des percolations d’eau douce issue du bassin versant vers le milieu océanique. Ainsi, en phase d’exploitation de la carrière, qui serait située en amont de l’embouchure de la ravine du Trou, les rejets éventuels de matériel terrigène (MES) et/ou de polluants par le sous-sol vers le milieu marin ont été pris en considération.

Au regard de l’étude des résurgences côtières effectuée en 1986 par télédétection (Thermographie Infrarouge Aéroportée – TIA) sur le littoral de la Réunion (CLERC JM et al., 1986), il apparaît qu’il existait en mai 1985 une émergence ponctuelle au niveau de la ravine des Avirons (anomalie thermique n°27) (Figure 17). **Aucune émergence n’a été identifiée au niveau de la ravine du Trou.**

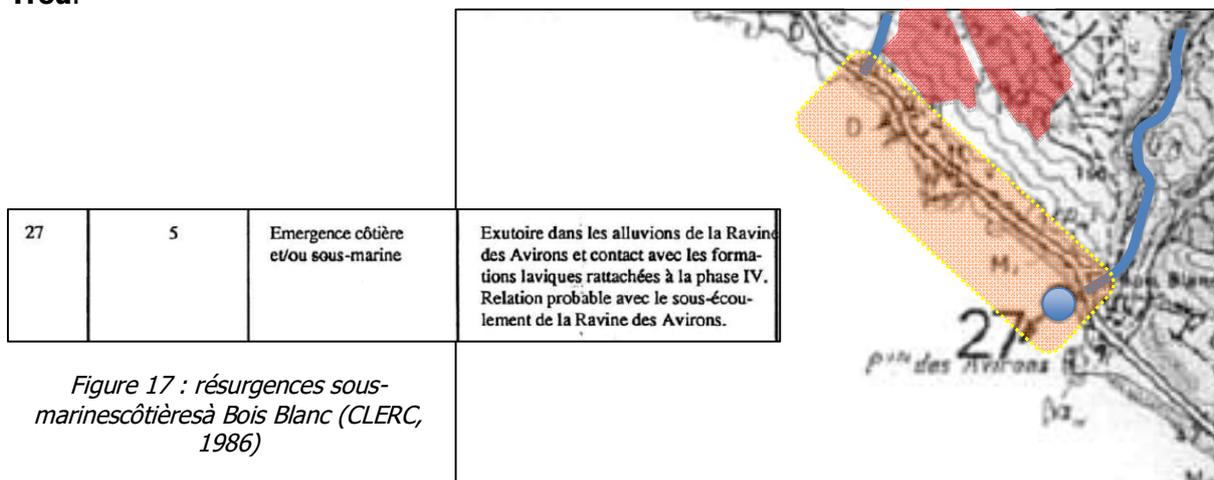


Figure 17 : résurgences sous-marines côtières à Bois Blanc (CLERC, 1986)

#### 4.1.3 Contexte hydrodynamique général

**A la Réunion**, les 3 principaux facteurs déterminants l'hydrodynamisme et les courants côtiers sont le vent, la marée et la houle.

**Les vents dominants** correspondent aux vents d'alizés. Ils sont de secteur Est Sud-Est (jour) à Est Nord-Est (nuit), leur intensité variant respectivement de 15 à 5 m/s. Ces vents correspondent au principal moteur hydrodynamique, notamment en terme de houle et de courants induits.

**La marée** à la Réunion est de type semi-diurne à inégalité diurne. Son amplitude moyenne est de 30 à 60 cm. Les valeurs extrêmes sont de 10 cm au minimum en période de mortes eaux et de 95cm au maximum en vives eaux. Ceci suffit à provoquer en général 4 changements de direction par jour. Ces changements de direction du courant peuvent vraisemblablement être trouvés sur une largeur de quelques milles autour de l'île (Piton, 1992). En contexte cyclonique, des phénomènes de marée de tempête peuvent engendrer une élévation brutale du niveau moyen de la mer. Cette surcote se cumule à celle de l'onde marée astronomique, et peut atteindre 0,5 à 1,5 m.

**La houle** est très majoritairement induite par les vents d'alizés. Elle est donc orientée sur un secteur Sud à Sud-Est. Ces houles présentent une faible hauteur sur le secteur (<2 m), et ont une faible incidence sur la colonne d'eau. A l'inverse, les houles australes qui affectent sensiblement la Réunion durant l'hiver austral sont caractérisées par des hauteurs importantes (>4 m) et forte incidence sur la colonne d'eau (30 mètres environ). Enfin, dans le cas d'évènements cycloniques, la houle prend des orientations très variables et chaotiques. Elle peut avoir une hauteur supérieure à 10 mètres et affectent les fonds jusqu'à -40 mètres.

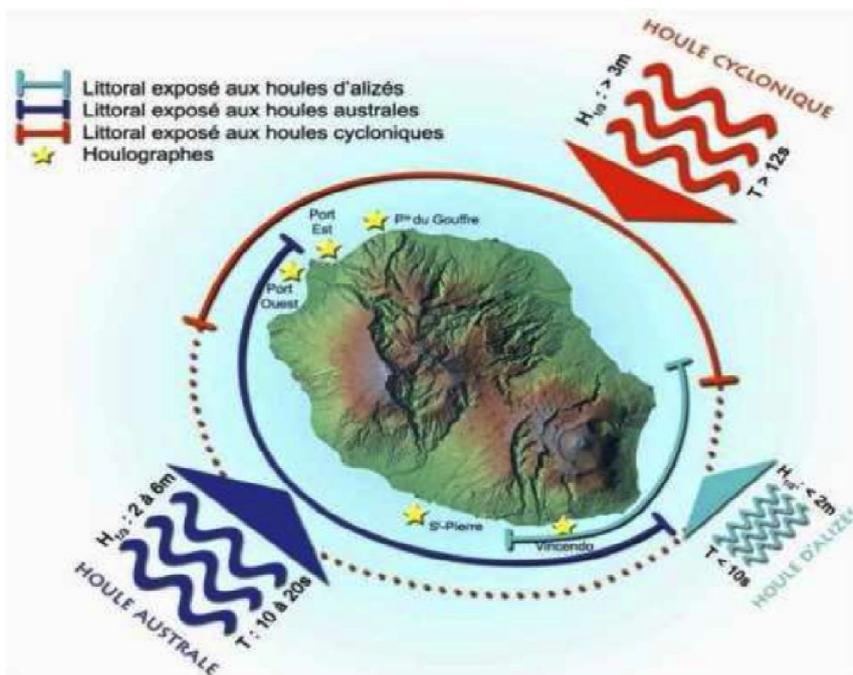


Figure 18 : influence des houles à la Réunion

**Les 3 principaux types de courants** induits par ces facteurs physiques, sont (il est fait abstraction des courants généraux observés à échelle régionale qui sont orientés vers l'Ouest, de l'ordre de 0,25 m/s et qui ont peu d'incidence à proximité de la côte) :

- Les courants de marée,
- Les courants induits par les vents,
- Les courants induits par la houle.

Les courants de marée sont généralement masqués par les autres types de courant en raison de la faible amplitude de la marée. Ils s'expriment donc en leur absence ou régime d'alizés modérés, correspondant à la configuration dominante. Ils sont essentiellement dus à l'onde de marée dont la direction moyenne est parallèle à la côte et orientée vers le Nord. Ces courants sont caractérisés par des vitesses moins élevées que celles des courants de vents et de houles. Ils ont des vitesses très faibles (<0,2 m/s), et sont généralement orientés parallèlement à la côte, en alternance. Ces courants s'observent plus sensiblement entre 0 et -20 mètres, mais affectent toute la colonne d'eau.

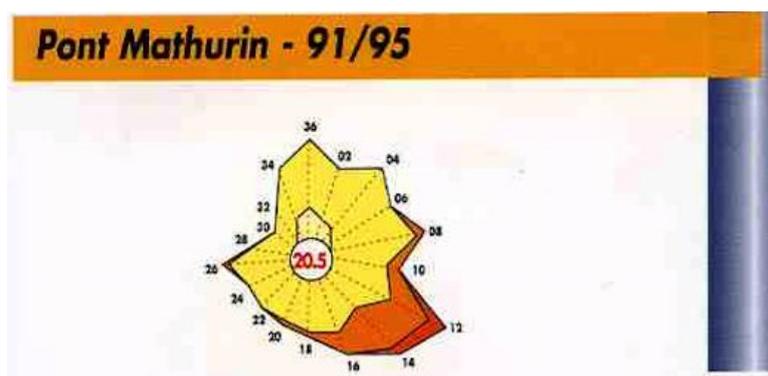
Les courants induits par les vents d'alizés correspondent à une dérive littorale de la masse d'eau superficielle (0-20 mètres) parallèlement à la côte, sauf effet de pointe. Ces courants s'observent en profondeur (>20 mètres) après une période de 3 jours consécutifs de vents établis à plus de 15 nœuds, et leur vitesse est de l'ordre de 3% de celle du vent. En surface (0-20 mètres), quelques heures suffisent à générer ces courants, dont la vitesse sera d'environ 6% de celle du vent.

Les courants induits par la houle (d'alizés ou australes) qui déferlent à la côte, sont les courants qui s'expriment prioritairement en régime établi. Ils correspondent à des courants de retour vers le large qui compensent les masses d'eaux projetées à la côte. Ils s'expriment sous forme de 2 types de courants :

- *Les courants sagittaux* (ou « rip-current »), orientés perpendiculairement à la côte et généralement générés en fond de baie ou entre 2 caps qui se prolongent en mer sous forme de thalwegs. Ils s'observent sur une bande hydrodynamique étroite, et de façon assez violente (plus de 1 m/s).
- *Les courants de compensation* (ou « undertow-current »), également orientés perpendiculairement à la côte, mais de manière plus diffuse et déconcentrée. Ils sont à l'origine des phénomènes d'érosion littorale et d'arrachement de sédiment sur les plages, ainsi qu'à la formation des « ripple-marks » sur les littoraux marins sédimentaires peu profonds.

**Sur le secteur d'étude**, les 3 facteurs déterminants l'hydrodynamisme et les courants côtiers ont les caractéristiques suivantes :

**Les vents dominants** correspondent aux vents d'alizés. Ils sont de secteur Est Sud-Est (jour) à Est Nord-Est (nuit), leur intensité variant respectivement de 15 à 5 m/s. Ces vents correspondent au principal moteur hydrodynamique, notamment en terme de houle et de courants induits.



**La houle dominante** sur le secteur d'étude est très majoritairement induite par les vents d'alizés. Elle est donc orientée sur un secteur Sud à Sud-Est. Ces houles présentent une faible hauteur sur le secteur (<2 m), et ont une faible incidence sur la colonne d'eau. A l'inverse, les houles australes qui affectent sensiblement ce secteur durant l'hiver austral sont caractérisées par des hauteurs importantes (>4 m) et forte incidence sur la colonne d'eau (30 mètres environ). La houle cyclonique est statistiquement moins marquée que sur les autres façades de l'île, en raison d'une arrivée préférentielle des météores depuis le secteur Est Nord-Est (Figure 20).

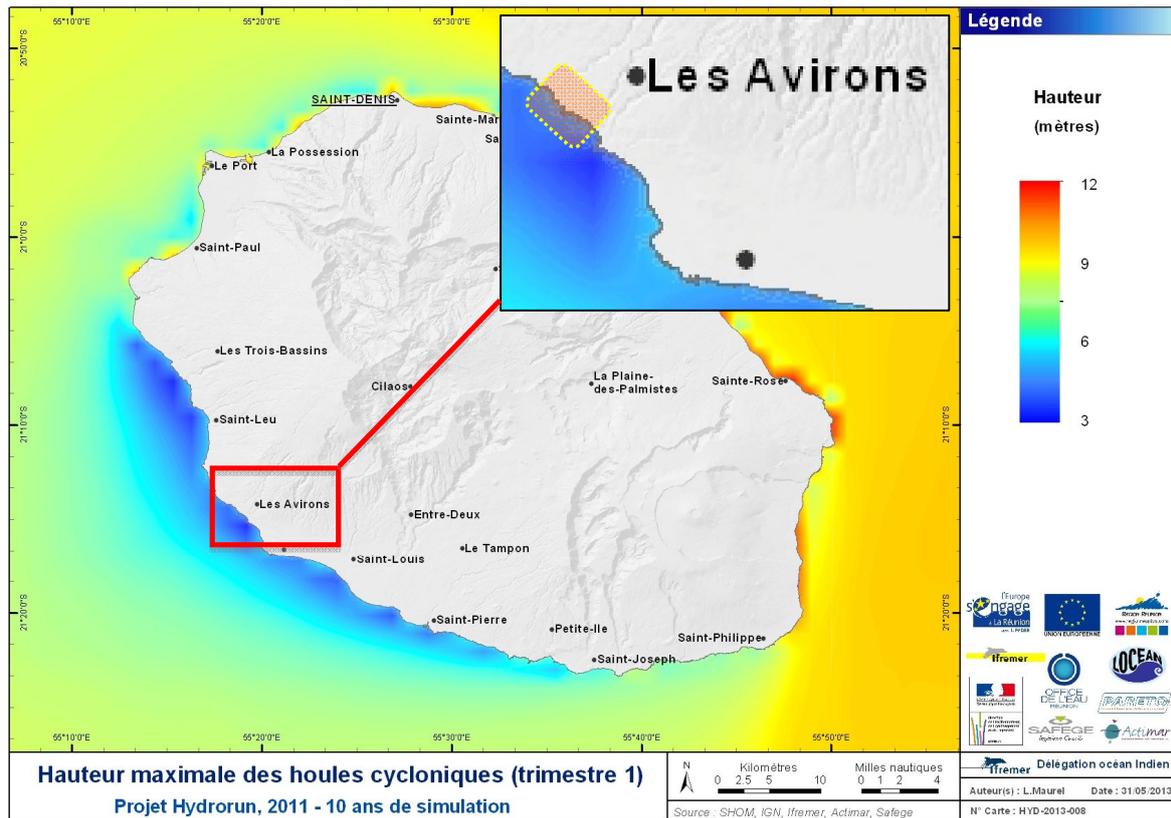


Figure 20 : hauteur des vagues cycloniques à la Réunion et sur le littoral Sud de Saint-Leu (IFREMER, 2011)

Les 2 types de courants sur le secteur d'étude sont les courants liés à la marée, parallèles à la côte, et les courants induits par les houles d'alizés et australes. En 2011, une modélisation de l'IFREMER (HYDRORUN) a défini une vitesse de surface < 12 cm/s, et une orientation NO (Figure 21).

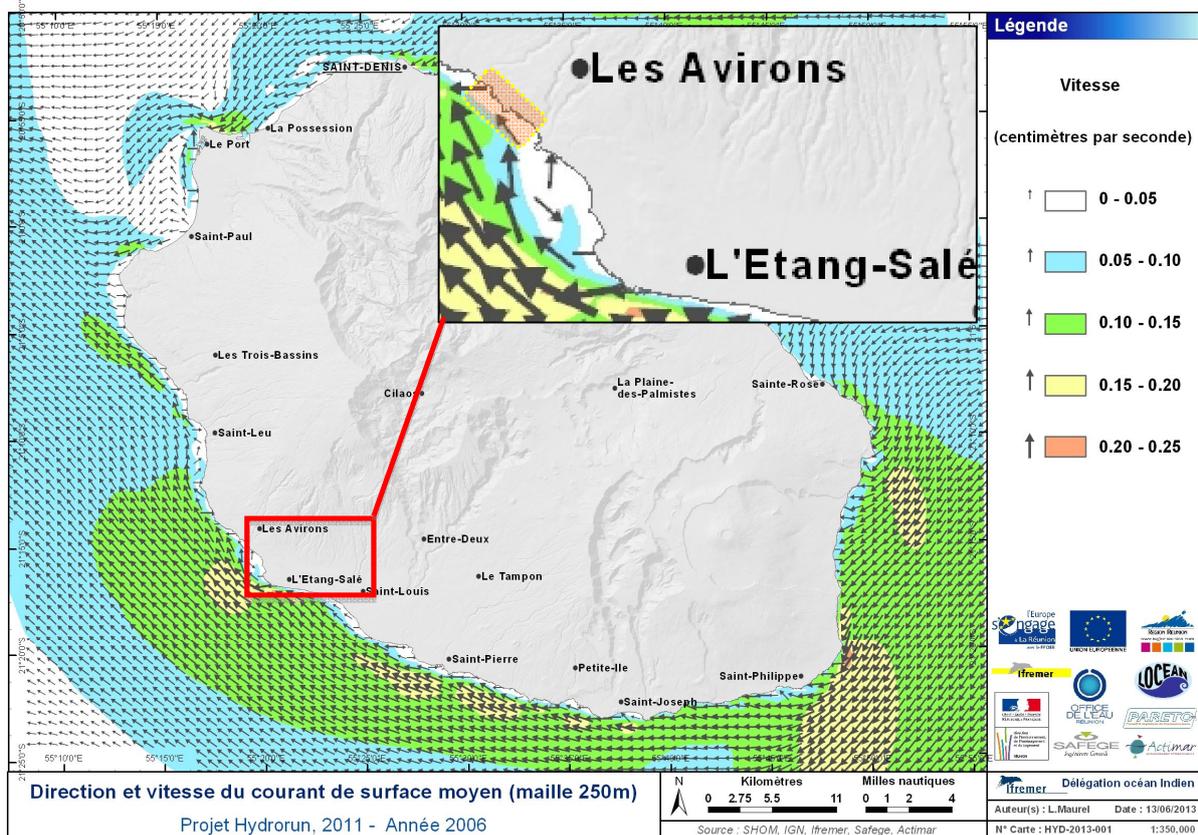


Figure 21 : courant moyen annuel de surface à la Réunion et sur le littoral Sud de Saint-Leu (IFREMER, 2011)

Les houles australes, qui induisent des flux hydrodynamiques importants vers la côte (déferlement), sont à l'origine de courants sagittaux et de compensation, qui sont perpendiculaires à la côte et orientés vers le large (Figure 22) (Figure 23). Ils se forment généralement au niveau de baies ou de plages ceinturées par des pointes rocheuses (ou cap), où l'énergie est moins marquée. Sur le secteur d'étude, ces courants d'arrachement sont orientés vers l'Ouest Nord-Ouest et pourraient donc contribuer à éloigner d'éventuels panaches ou rejets littoraux vers le large (Figure 24).

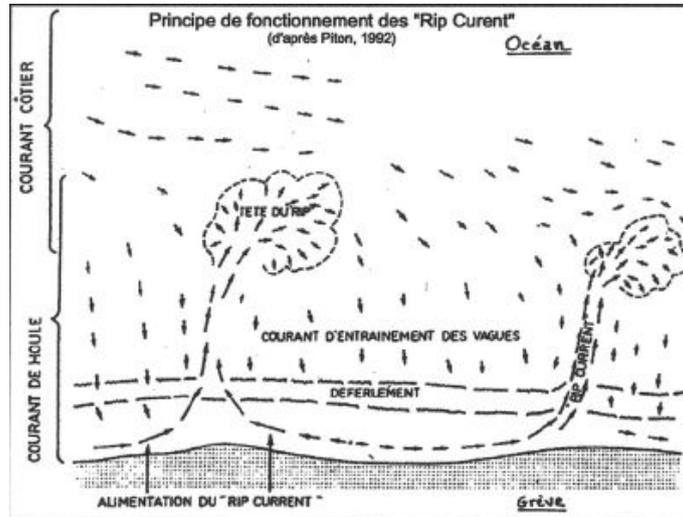


Figure 22 : origine des courants d'arrachement (PITON, 1992)



31 décembre 2008

14 mai 2015



Figure 23 : courants d'arrachement sur le secteur de Bois Blanc (Google Earth)



Figure 24 : panache turbide à l'embouchure de la ravine des Avirons (Google Earth, 2015)

L'influence des ces courants d'arrachement se manifeste généralement par la formation de « ripple-marks » (rides) sur les fonds sédimentaires dont les crêtes selon une orientation parallèle à la côte. Leur hauteur est proportionnelle à l'intensité de ces courants. Sur le secteur d'étude, au droit de la ravine du Trou, ces formations sur le fond présentaient une hauteur supérieure à 15 cm, à des profondeurs allant jusqu'à -25m (Figure 25).



Figure 25 : « ripple-marks » sur les fonds sédimentaires au droit de la ravine du Trou

#### 4.1.4 Mesures de houle et de courant sur le secteur de Bois Blanc (Novembre 2015)

Aucune donnée sur le secteur littoral de Bois Blanc n'existe dans la bibliographie. Une campagne de collecte entre 0 et -25m adonc été menée à l'initiative de la SCPR, afin (i) de déterminer le contexte courantologique dominant, et (ii) d'évaluer les schémas de dispersions des rejets éventuels issus de la ravine du Trou (naturels et en phase d'exploitation). Sur un cycle lunaire complet (du 02/11 au 03/12/15), 2 jeux de 2200 données ont été collectés pour :

- La houle (hauteur & direction), selon une fréquence de 20 minutes,
- Le courant (vitesse & direction) toutes les 10 minutes, et tous les 2m sur la colonne d'eau.

Bien que les résultats ne concernent qu'une période d'un mois, ils couvrent les conditions de houle et de courant dominantes sur le secteur, qui ont pu être observées durant cette période. Ils intègrent ainsi les facteurs d'influence de marée, de vent (alizés) et de houle (d'alizés et australe).

##### 4.1.4.1 Mesures du courant

**Concernant la direction**, les résultats obtenus montrent que : (Figure 28) (Figure 29)

- **Les courants sont majoritairement orientés parallèlement à la côte selon 2 composantes dominantes : vers le NO et vers le SE.** En surface (-6m), la composante NO représente quasiment la moitié des occurrences (48% des mesures) et la composante SE représente 1/3 des occurrences (36% des mesures).
- **La direction est homogène sur la colonne d'eau.** Aucune différence significative n'est observée entre les 10 différents niveaux de profondeurs analysés.

**Concernant l'intensité**, les résultats obtenus montrent que : (Figure 27) (Figure 26) (Figure 29)

- **Les vitesses instantanées mesurées sont faibles et toutes <70 cm/s.** Sur l'ensemble des mesures (2200 par profondeur), 83% sont <30 cm/s et 53% sont <20 cm/s.
- **La vitesse instantanée du courant est majoritairement associée à son orientation et à la profondeur.** Ainsi, les vitesses mesurées les plus élevées (>30 cm/s) sont essentiellement observées sur les composantes NO et SE. De même, en surface 72% des mesures sont <30 cm/s alors qu'en profondeur 99% le sont.
- **Les vitesses moyennes journalières sont globalement faibles.** Les valeurs maximales mesurées sont inférieures à 25 cm/s (le 14/11 et le 27/11).
- **La vitesse moyenne journalière est hétérogène sur la colonne d'eau.** On note que l'intensité moyenne est décroissante vers le fond, avec des valeurs 2 fois plus importantes en surface (19 cm/s à -6m) qu'en profondeur (10 cm/s à -24m).

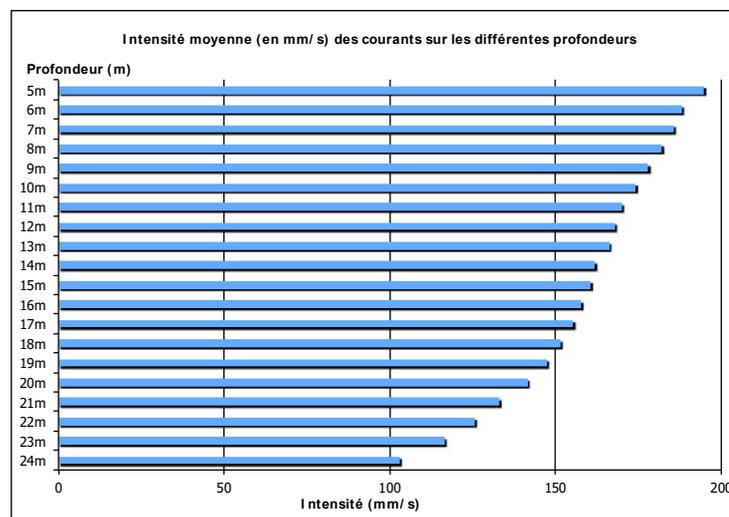


Figure 26 : intensité moyenne du courant au droit de la ravine du Trou (2/11 au 3/12/15) (Pareto, 2015)

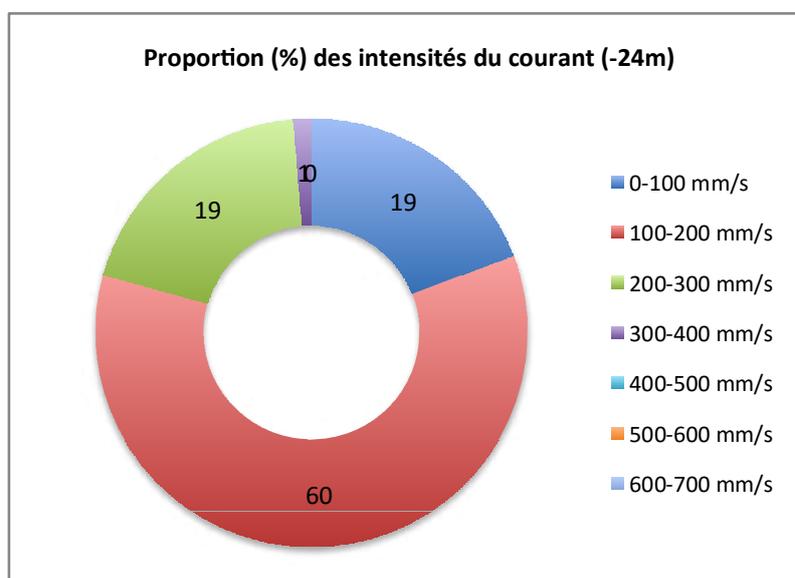
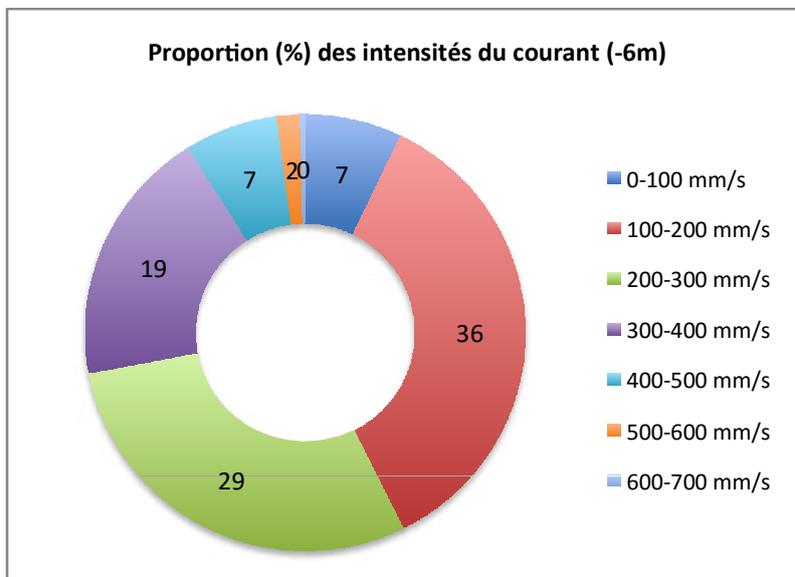
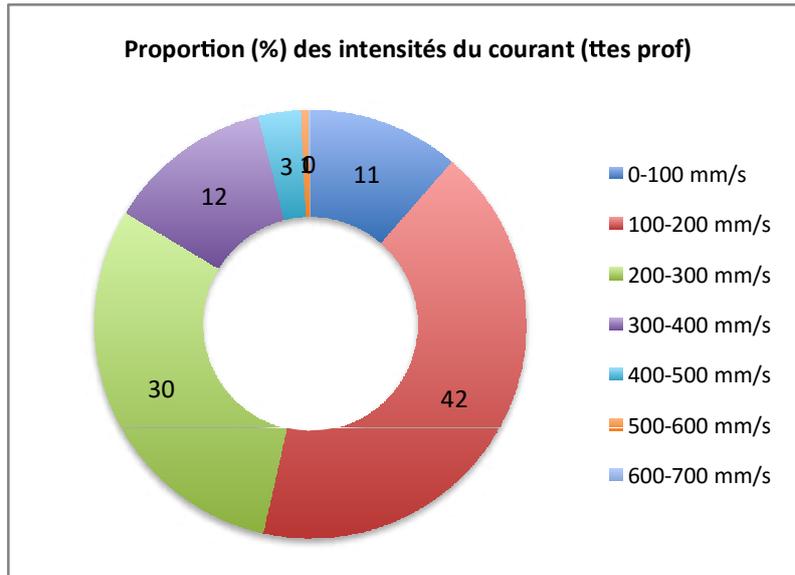


Figure 27 : proportion d'intensités instantanées du courant au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015)

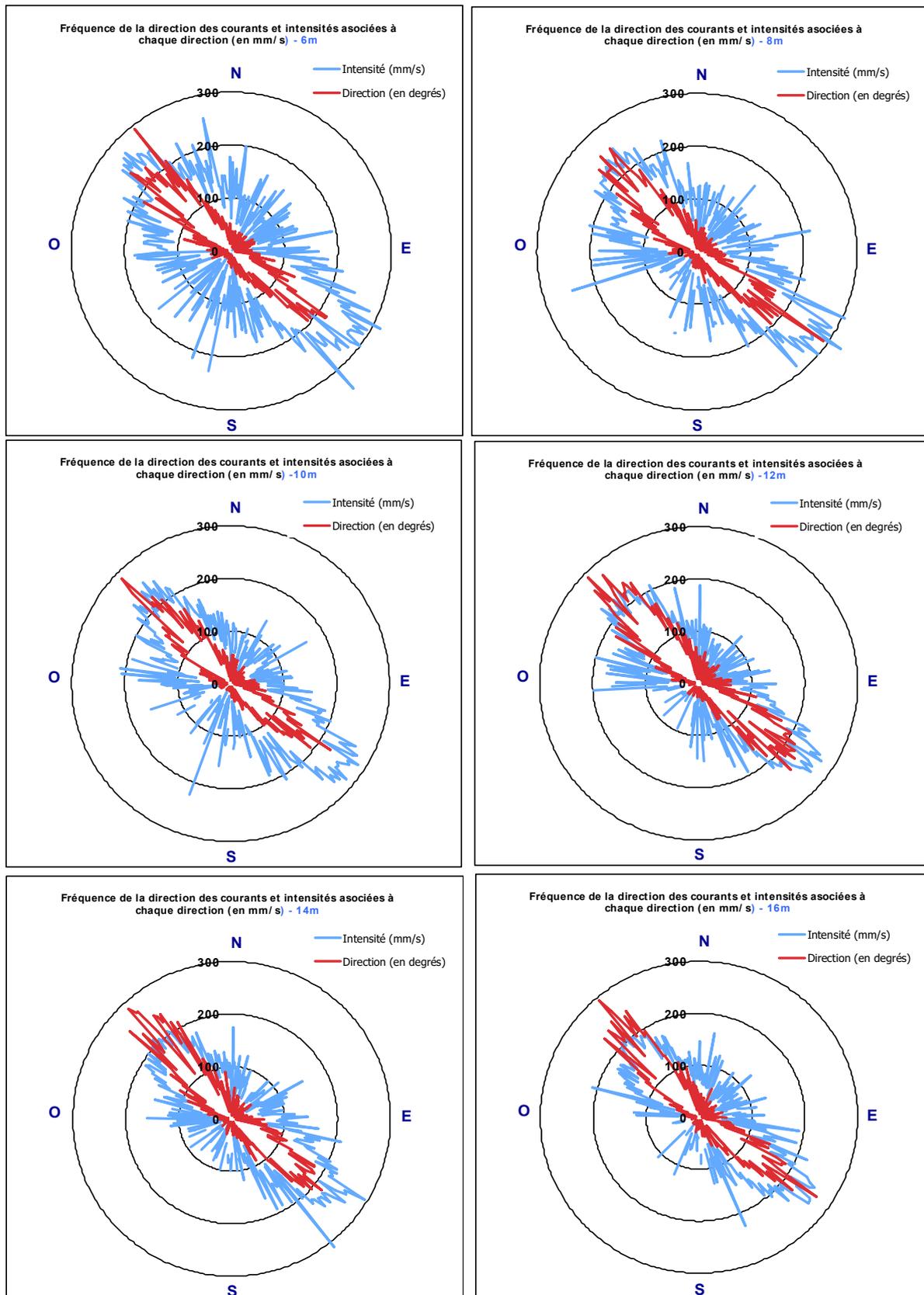


Figure 28 : intensité et direction du courant entre -6 et -16m au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015)

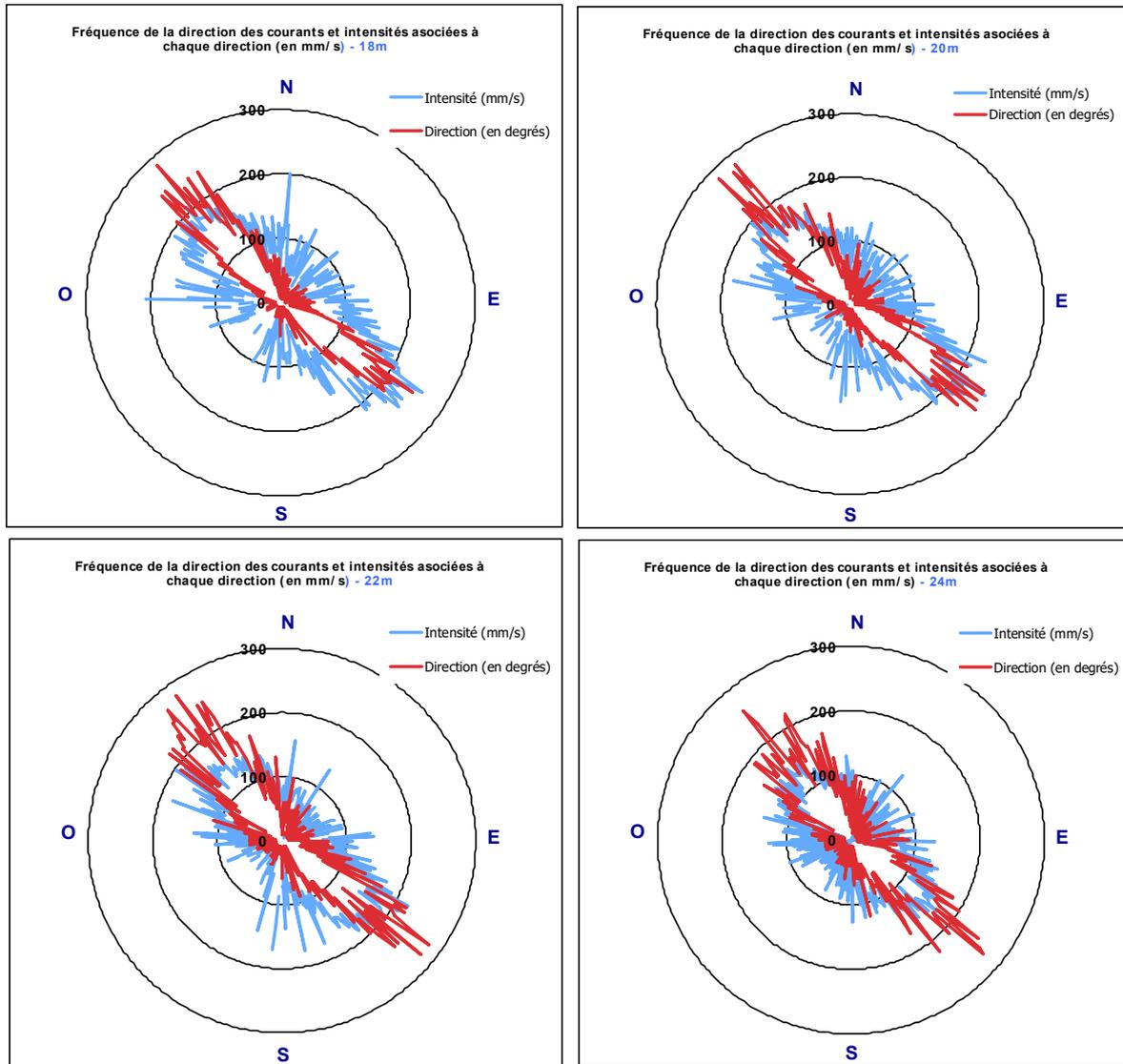


Figure 29 : intensité et direction du courant entre -18 et -24m au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015)

Concernant les facteurs d'influence, on note par ordre décroissant que : (Figure 30) (Figure 31)

- **Les courants induits par la houle australe s'expriment prioritairement** : par houle australe modérée (23 au 26/11), les courants de surface sont les plus intenses (25 cm/s) et orientés vers le SE. Sur le fond, ils sont moins marqués (15 cm/s) et orientés vers le NO.
- **Le vent est le second facteur dominant dans l'expression du courant.** Ainsi, en absence de houle australe et par vent d'alizés établis entre le 4 et le 9/11 (12 nœuds de secteur SE), le courant dominant est orienté vers le NO. Son intensité reste toutefois faible (12 cm/s). Les courants de marée ne s'expriment pas ou peu.
- **La marée n'influence les courants que par houle et vent faibles.** Par fort marnage (12 & 13/11), le courant de flot est orienté vers le SE, avec une intensité moyenne de 16 cm/s. Par faible marnage (20 & 21/11), son intensité diminue à 13 cm/s. Le courant de jusant est orienté vers le NO. Sa vitesse moyenne est identique à celles du courant de flot et varie dans les mêmes proportions en fonction du marnage.

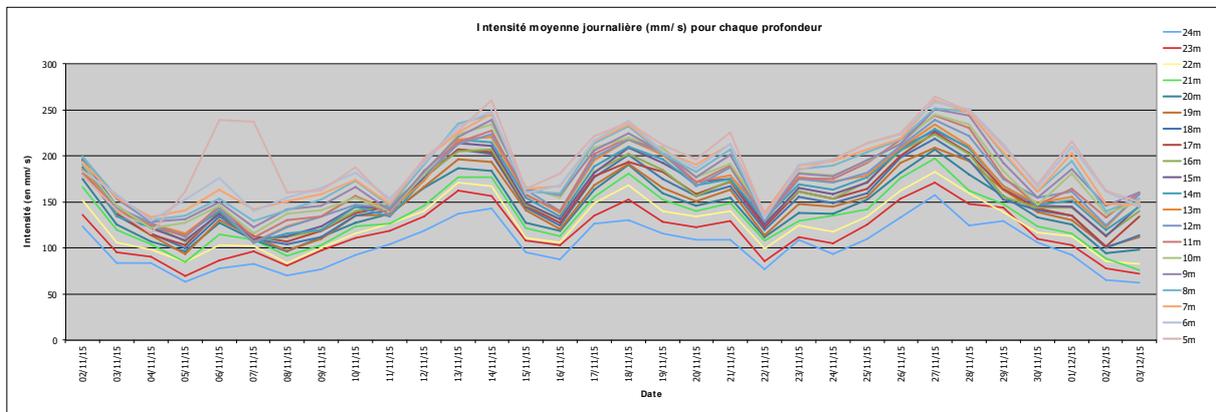


Figure 30 : intensité moyenne journalière du courant au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015)

Les données sur les conditions de mer (houle, vent & marée) sur cette période sont fournies en annexe 1.

La Figure 31 résume les principales configurations courantologiques en fonctions de l'expression de ces facteurs.

ANALYSE DE CAS	Marée	Direction	Intensité moyenne (mm/s)	Dates prises comme référence	Remarque
CAS n°1 : VENT FORT (10-15 nœuds) MARNAGE FORT	JUSANT	←	126,1	09/11/15	Vent majoritaire qui prend la direction du jusant (Nord-Ouest)
	FLOT	←	126,1	09/11/15	Vent majoritaire, le flot ne parvient que sporadiquement à prendre le pas sur le vent
CAS N°2 : VENT FORT (10-15 nœuds) MARNAGE FAIBLE	JUSANT	←	116,8	02/12/15	Vent majoritaire, dans le même sens que le jusant (Nord-Ouest)
	FLOT	←	116,8	02/12/15	Pas d'inversion de courant (ou de façon anecdotique), le vent est majoritaire
CAS N°3 : VENT FAIBLE (<5 nœuds) MARNAGE FORT	JUSANT	←	158,1	24/11/15	En l'absence de vent, le courant de marée est majoritaire
	FLOT	→	158,1	24/11/15	En l'absence de vent, le flot peut s'exprimer
CAS N°4 : VENT FAIBLE (<5 nœuds) MARNAGE FAIBLE	JUSANT	←	134,7	03/11/15	En l'absence de vent et malgré le très faible marnage la direction du courant est marquée par la marée
	FLOT	→	134,7	03/11/15	En l'absence de vent et malgré le très faible marnage la direction du courant est marquée par la marée

Figure 31 : intensité et direction du courant entre -2 et -16m au droit de la ravine du Trou (Pareto, 2015)

#### 4.1.4.2 Mesures de la houle

**Concernant la direction**, les résultats obtenus montrent que : (Tableau 7)

- **La composante SO est dominante** : on note que la  $D_p$  et la  $D_{mean}$  sur l'ensemble de la période sont orientées au  $200^\circ N$ , ce qui signifie que les pics de houles ont quasi exclusivement une orientation SO.
- **Les houles dominantes sont les houles australes** : le secteur SO qui les caractérise s'expriment ici selon une orientation comprise entre  $250$  et  $290^\circ N$ , qui correspond à l'orientation la plus à l'Ouest.
- **Les houles d'alizés s'expriment peu** : le secteur SE à S qui les caractérise est peu ressenti, mais l'effet de contournement sur le trait de côte pourrait induire une inflexion du flux dominant vers le  $190^\circ N$ , qui correspond à l'orientation la moins à l'Ouest.

**Concernant la hauteur**, les résultats obtenus montrent que : (Tableau 7)

- **La hauteur moyenne est globalement faible** : 75% des plus hautes vagues sont inférieures à 2 mètres. On relève par ailleurs un  $H_{1/3}$  de 1,2 mètre, ce qui signifie que 30% des plus hautes vagues sont inférieures à cette valeur.
- **La hauteur maximale est élevée, mais peu récurrente**: seulement 10% des plus hautes vagues atteignent 4 mètres ( $H_{1/10max} = 4,0m$ ).
- **La plupart du temps, les houles observées résultent de l'action du vent** sur la surface de l'eau. En effet, les proportions de hauteurs max décrites correspondent peu à celles des houles australes, sensiblement plus élevées (3m et plus). Ce résultat est toutefois à temporer compte tenu de la courte période de mesures ciblée (seulement 2 épisodes de houles australes observés).

**Concernant la période**, les résultats obtenus montrent que : (Tableau 7)

- **La période moyenne est globalement faible** : 75% des plus hautes vagues ont une période inférieure à 11 secondes ( $T_{mean}$ ). On relève par ailleurs une moyenne de  $T_p$  de 12,2 secondes, ce qui signifie pour les 30% des plus hautes vagues elle est inférieure à cette valeur.
- **La période maximale est élevée, mais peu récurrente**: seulement 10% des plus hautes vagues atteignent 16,6secondes.
- **La plupart du temps, les houles observées résultent de l'action du vent** sur la surface de l'eau. En effet, les proportions de périodes max décrites correspondent peu à celles des houles australes, sensiblement plus élevées (14s et plus). Ce résultat est toutefois à temporer compte tenu de la courte période de mesures ciblée (seulement 2 épisodes de houles australes observés).

Tableau 7 : mesures de hauteur, période et direction de la houle sur le secteur de Bois Blanc (2/11 au 3/12/15)

	Hauteur (m)		Période (s)		Direction (°)	
	$H_{1/3}$	$H_{1/10}$	$T_p$	$T_{mean}$	$D_p$	$D_{mean}$
<b>Moyenne</b>	1,2	1,5	12,2	9,4	200,0	199,7
<b>Mediane</b>	1,2	1,5	12,1	9,5	210,0	209,0
<b>1er quartile</b>	0,9	1,1	11,1	8,3	200,0	199,0
<b>3ème quartile</b>	1,5	2,0	13,4	11,0	219,0	219,0
<b>Min</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Max</b>	3,2	4,0	19,5	16,6	291,0	256,0

$H_{1/3}$  : hauteur significative, valeur moyenne du tiers supérieur des hauteurs de vagues  
 $H_{1/10}$  : hauteur significative, valeur moyenne du dixième supérieur des hauteurs de vagues  
 $T_p$  : période du pic  
 $T_{mean}$  : période moyenne  
 $D_p$  : direction du pic à  $T_p$   
 $D_{mean}$  : direction moyenne du pic

*De ces mesures réalisées sur une période de un mois (cycle lunaire), il faut donc retenir les conditions de courants et de houle suivantes (entre 0 et 25 mètres de profondeur), hors contexte cyclonique :*

- *La courantologie locale est principalement influencée par le vent et la houle. Les vents d'alizés et les houles australes ont un effet accélérateur sur les courants majoritairement orientés parallèlement à la côte, et selon une composante dominante vers le NO. En absence de vent et de houle, les courants de marée s'expriment vers le NO (courant de jusant) et vers le SE (courant de flot).*
- *La direction du courant est homogène sur la toute la colonne d'eau.*
- *L'intensité des courants est globalement faible. Les intensités moyennes journalières sont <25 cm/s. On note que les vitesses en surface (19 cm/s à -6m) sont environ 2 fois supérieures à celles observées au fond (10 cm/s à -24m).*
- *Les houles les plus fréquentes sont les houles d'alizés, qui s'expriment selon un secteur SE à Sud et qui sont caractérisées par une période et une hauteur faibles (respectivement de l'ordre de 8s et <1,5m). Les houles australes sont moins fréquentes, mais présentent une période significative (14s et plus) et une hauteur max de l'ordre de 4m. Leur secteur est de SO.*
- *L'orientation moyenne des houles mesurées lors de la campagne d'acquisition est de secteur SO. Les houles d'alizés de secteur SE, pourtant dominantes en fin d'hiver austral à la Réunion (vents établis) s'expriment donc difficilement, et selon un secteur S à SO par effet de contournement de l'île sur la côte Ouest.*

***Sur la base de ces éléments (partiels compte tenu d'une période de suivi de 1 mois en début d'été austral), le schéma courantologique sur le littoral de Bois Blanc laisse à penser que des rejets littoraux ou sous-marins au droit de la ravine du Trou seraient transportés parallèlement à la côte, et préférentiellement vers le Nord-Ouest.***

## 4.2 LE MILIEU NATUREL

### 4.2.1 Caractéristiques physico-chimiques des eaux littorales

**La bibliographie** montre que sur le littoral de Saint-Leu, plusieurs relevés hydrologiques ont été menés entre 2000 et 2014. 10 documents principaux comportent des données relatives aux caractéristiques physico-chimiques des eaux littorales. Elles ont été collectées dans le cadre :

(i) d'études d'impact environnementales en mer :

- Rejets de la STEP de Saint-Leu (PARETO-ARVAM, 2008),
- Rejets de Kelonia (ARVAM, 2014),
- Aménagements du port de Saint-Leu (ARVAM-APMR, 2000 à 2003),
- Construction de la route des Tamarins (ASCONIT-ARVAM-PARETO, 2009).

(ii) des réseaux de surveillance de la qualité des masses d'eau :

- Application de la Directive Cadre sur l'Eau à la Réunion (ARVAM, 2014). Dans le cadre du RHLR, des campagnes de mesures ont été réalisées en 2014 (mars, avril, juillet septembre), sur 2 stations de référence au sein de la masse d'eau côtière FRLC05 (station de la Pointe du Gouffre), et récifale FRLC10 (station de l'Etang Salé), respectivement à 1000 et 150 mètres de la côte, sur des fonds de 1,5 et 40 mètres. Ces stations sont respectivement situées à 6 et 4 kms au SE. Les paramètres mesurés en 2014 sont les paramètres généraux (T, S, O<sub>2</sub>), de charge particulaire (MES, turbidité), d'enrichissement (N, P, Si), d'eutrophisation (O<sub>2</sub>, Chl.a) et de contamination (HAP, PCB, pesticides).

Ces données, les plus proches du secteur d'étude, concernent des zones éloignées de type :

- Océanique, à 6 kms au SE en amont du flux dominant (Pointe du Gouffre),
- Lagonaire, à 4 kms au SE en amont du flux dominant (Bassin Pirogue, lagon d'E Salé).

La première station de référence située en aval du flux dominant est située dans le lagon au droit de la Gendarmerie de Saint-Leu, à plus de 10 kms au NO. Les données qui y ont été collectées sont donc inexploitable dans le cadre de l'étude.

Compte tenu des caractéristiques hydrodynamiques et géomorphologiques du site littoral ouvert de Bois Blanc, le type d'eau y est océanique, avec très probablement une influence des cours d'eau principaux (ravine des Avirons et ravine du Trou), variable dans l'espace et le temps en fonction de leur écoulement. Aucune zone urbaine à proprement dit n'étant présente sur le site, les apports de contaminants ou de rejets sanitaires n'y sont pas pressentis.

On peut donc retenir le principe de « station référente » pour la station océanique RHLR de la Pointe du Gouffre (masse d'eau FRLC05), qui présente des caractéristiques assez proches (distance à la côte, hydrodynamisme, côte rocheuse, profondeur, pas de zone urbaine). Ceci bien que cette dernière soit potentiellement soumise à l'influence de la rivière Sainte-Etienne, située à plusieurs kilomètres au Sud.

Les principaux éléments indiquant des caractéristiques « océaniques » à retenir sur cette station DCE en mars 2014 sont les suivants :

- Des paramètres généraux indiquant une absence d'eutrophisation et une bonne agitation du plan d'eau (T=28°C ; S=35,2 PSU et O<sub>2</sub>=7,0 mg/l),
- Une faible charge dissoute indiquant de faibles apports terrigènes (0,2 FNU),
- L'absence d'enrichissement minéral ou organique (N et P < 0,1 µM et Chl.a = 0,07 µg/l),
- Une absence d'influence d'eau douce (Silicate = 1,78 µM),
- Une absence de données de contamination en ETM.

Enfin, dans le cadre de l'évaluation de l'état des masses d'eau, réalisé en 2013 par le comité de bassin de la Réunion dans le cadre du SDAGE, il a été conclu un très bon état physico-chimique et un bon état biologique de la masse d'eau FRLC05. Ces classements de qualité étant conditionnés par un nécessaire bon état physico-chimique des matrices eau, sédiment et peuplement, indiquent donc une bonne qualité physico-chimique (paramètres généraux) de la masse d'eau concernée sur le secteur d'étude. L'évaluation de la qualité chimique de la masse d'eau (contaminants, dont ETM) est en cours de réalisation par l'OLE.

**Jusqu'à présent, il n'existait donc aucune donnée sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux littorales de Bois Blanc.**

**Dans le cadre du diagnostic environnemental 2015**, une campagne de mesures et de prélèvements hydrologiques a donc spécifiquement été réalisée le 17 novembre 2015 sur le littoral de Bois Blanc, sur une zone comprise entre la ravine du Trou et la Ravine des Avirons (Figure 4).

Les résultats obtenus montrent que : (Tableau 8)(Tableau 9) (Tableau 10)

- **L'absence de différences significatives entre les stations situées au droit des ravines du Trou et des Avirons avec les autres stations.**
- **Les paramètres physiques généraux attestent d'une homogénéité globale** de la masse d'eau. Elle présente des valeurs de température, de pH et de salinité proches de celles de la station de référence DCE au large. La température est légèrement inférieure, du fait de la saison. On ne relève aucune dessalure sensible en surface. On note par contre une oxygénation sensiblement supérieure en surface sur l'horizon littoral en lien avec l'agitation du plan d'eau (légère houle et vent le jour de la campagne) (7,4 mg/l).
- **Les charges particulières et dissoutes sont faibles** ( $MES < 2,6$  mg/l et turbidité  $< 0,4$  NTU). Les valeurs de turbidité mesurées sont 2 fois plus élevées que celles mesurées au large sur la station DCE, attestant d'un léger bruit de fond lié à l'influence terrigène et à une faible remise en suspension sédimentaire par la houle.
- **L'enrichissement minéral et l'activité chlorophyllienne sont moyens** ( $Nt < 0,5$   $\mu$ M,  $Pt < 0,3$   $\mu$ M et  $Chl.a < 1,5$   $\mu$ g/l). Les valeurs de N et P mesurées sont respectivement 5 et 3 fois plus élevées que sur la station de référence DCE, confirmant l'influence naturelle du bassin versant et un enrichissement lié aux activités agricoles et/ou à des rejets d'eaux usées. A noter que les valeurs les plus élevées sont observées au droit de la ravine du Trou (station 2). Ce résultat est confirmé par la valeur de  $DBO_5$  également plus élevée sur cette station, confirmant une activité métabolique légèrement plus marquée.
- **Des valeurs élevées en Silicate témoignent d'une influence d'eaux douces souterraines** (percolations sous-marines ?). Des concentrations 2 à 3 fois plus élevées que sur la station de référence au large sont mesurées, notamment sur la station 1 située en aval de la ravine du Trou ( $SiOH = 5,61$   $\mu$ M).
- **Le niveau de contamination en hydrocarbures est nul**, avec des teneurs mesurées toutes inférieures au seuil de détection. A noter toutefois qu'aucune valeur de référence n'est disponible sur la station DCE au large.

*Tableau 8 : caractéristiques physico-chimiques de l'eau*

Site	Station	Dist rdT	Latitude	Longitude	Bathy	Heure	Température	Salinité	Conductivité	pH	O2 dissous		
			Sud	Est	(m)	-	(°C)	(PSU)	(mS/cm)	-	(%)	(mg/l)	
Groupe 1 Paramètres physiques	Horizon littoral	7	250 au SE	-21,241925	55,310685	4	7h45	26,0	35,3	53,6	8,35	107,9	7,05
		8	700 au SE	-21,244919	55,313258	12	8h50	26,1	35,3	53,2	8,24	109,1	7,40
		9	1200 au SE	-21,247443	55,318032	6	9h15	26,1	35,4	53,4	8,21	108,8	7,45
		10	1600 au SE	-21,251273	55,320273	10	9h35	26,1	35,4	53,7	8,23	109,3	7,39
	Horizon profond	1 (aval)	750 au NO	-21,239179	55,301752	19	8h00	26,0	35,4	53,7	8,23	108,2	7,19
		2	700 au SO	-21,245554	55,305663	25	8h05	26,0	35,4	53,7	8,34	106,9	7,07
		3	350 au SO	-21,242853	55,30746	20	8h35	26,0	35,4	53,7	8,36	106,4	7,04
		4	700 au SE	-21,246209	55,31079	20	8h45	26,1	35,4	53,6	8,36	105,2	6,99
		5	1300 au SE	-21,250377	55,315855	20	8h55	26,2	35,3	53,6	8,35	104,2	6,97
		6 (amont)	1800 au SE	-21,255599	55,317005	20	9h00	26,2	35,4	53,6	8,37	105,1	6,98

*Tableau 9 : caractéristiques de charge particulaire, dissoute et minérale de l'eau*

Site	Station	Dist rdT	Latitude	Longitude	Bathy	Heure	MES	Turbidité	Transp.	Nitrite	Nitrate	Silicate	Phosphate	N tot	Chl. a	Phaeo.	DBO5	DCO	
			Sud	Est	(m)	-	(mg/l)	(NTU)	(m)	(µM)	(µM)	(µM)	(µM)	(µM)	(µg/l)	(µg/l)	(mg/l)	(mg/l)	
Groupe 2 Charge particulaire, dissoute & organique	Horizon littoral	7	250 au SE	-21,241925	55,310685	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		8	700 au SE	-21,244919	55,313258	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		9	1200 au SE	-21,247443	55,318032	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		10	1600 au SE	-21,251273	55,320273	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Horizon profond	1 (aval)	750 au NO	-21,239179	55,301752	19	8h00	0,6	<0,25	20	0,07	<0,08	5,61	0,18	0,15	<1,5	<1,5	0,89	374
		2	700 au SO	-21,245554	55,305663	25	8h05	1,2	0,28	20	<0,04	0,21	2,91	0,24	0,25	<1,5	<1,5	0,94	233
		3	350 au SO	-21,242853	55,30746	20	8h35	0,4	0,32	20	0,04	0,13	2,78	0,23	0,17	<1,5	<1,5	0,89	49
		4	700 au SE	-21,246209	55,31079	20	8h45	0,0	0,36	20	0,05	0,10	2,61	0,23	0,15	<1,5	<1,5	0,62	88
		5	1300 au SE	-21,250377	55,315855	20	8h55	1,2	0,30	20	0,05	0,43	3,45	0,22	0,48	<1,5	<1,5	0,64	102
		6 (amont)	1800 au SE	-21,255599	55,317005	20	9h00	2,6	<0,25	20	<0,04	<0,08	2,15	0,20	0,12	<1,5	<1,5	0,80	44

*Tableau 10 : niveau de contamination de l'eau*

Site	Station	Dist rdT	Latitude	Longitude	Bathy	Heure	Hydroc. C10-C40	
			Sud	Est	(m)	-	(mg/l)	
Groupe 3 Contaminants chimiques	Horizon littoral	7	250 au SE	-21,241925	55,310685	4	-	
		8	700 au SE	-21,244919	55,313258	12	-	
		9	1200 au SE	-21,247443	55,318032	6	-	
		10	1600 au SE	-21,251273	55,320273	10	-	
	Horizon profond	1 (aval)	750 au NO	-21,239179	55,301752	19	8h00	<0,11
		2	700 au SO	-21,245554	55,305663	25	8h05	<0,12
		3	350 au SO	-21,242853	55,30746	20	8h35	<0,10
		4	700 au SE	-21,246209	55,31079	20	8h45	<0,11
		5	1300 au SE	-21,250377	55,315855	20	8h55	<0,11
		6 (amont)	1800 au SE	-21,255599	55,317005	20	9h00	<0,10

De ces éléments, il faut donc retenir les caractéristiques physico-chimiques des eaux suivantes, correspondant au bruit de fond existant :

- **Les eaux littorales (0-400 mètres de la côte) et peu profondes (0-30 mètres) présentent une bonne qualité.** Elles sont marquées par une charge particulaire et minérale faibles, mais 2 fois plus élevées qu'au large. Ces eaux sont en effet soumises à l'incidence de la houle provoquant des remises en suspension sédimentaires. En contexte calme et hors crue, la turbidité et la charge particulaire (MES) restent faibles sur tout le secteur.
- **Une incidence d'apports naturels souterrains en eau douce.** Malgré une absence de dessalure sensible en surface, on relève des concentrations 2 à 3 fois plus élevées de Silicate qu'au large, ainsi qu'un léger enrichissement minéral (N et P), notamment en aval de la ravine du Trou. L'incidence de différents apports naturels ou domestiques (agriculture) depuis le bassin versant pourrait être avancée.
- **Le niveau de contamination des eaux de surface par les hydrocarbures est nul.** Les valeurs mesurées sont conformes à des valeurs océaniques.

#### 4.2.2 Caractéristiques physico-chimiques des sédiments littoraux

**La bibliographie** montre que sur le littoral de Saint-Leu, plusieurs relevés sédimentaires ont été menés entre 2003 et 2012. 6 documents comportent des données relatives aux caractéristiques physico-chimiques des sédiments littoraux. Elles ont été collectées dans le cadre :

(i) d'études d'impact environnementales en mer :

- Rejets de la STEP de Saint-Leu (PARETO-ARVAM, 2008),
- Etude de faisabilité d'immersion de récifs artificiels à St-Leu (PARETO, 2008),
- Aménagements du port de Saint-Leu (ARVAM-APMR, 2000 à 2003),

(ii) d'études morphosédimentologiques des fonds côtiers :

- REPOM, suivi de la qualité des sédiments dans le port de Saint-Leu (ARVAM, 2012),
- Cartographie des teneurs en ETM des sols de la Réunion (BRGM, 2008),
- CARTOMAR (BRGM, 2008). Une campagne de prélèvements et d'analyses sédimentaires a été réalisée sur des fonds compris entre 25 et 100 mètres autour de l'île (Figure 32). 4 stations ont été échantillonnées sur le secteur d'étude en octobre 2007, entre 47 et 72m. 6 échantillons ont fait l'objet d'analyses. Les paramètres mesurés par ECOMAR sont (i) les caractéristiques granulométriques, (ii) la teneur en matières sèches, (iii) en carbonates, (iv) en carbone organique et (v) en contaminants chimiques (ETM, pesticides, HAP). 3 relevés vidéo ont également été réalisés. Les données collectées dans le cadre de CARTOMAR ont été utilisées pour établir les niveaux de qualité de la DCE.

Compte tenu (i) de la nature lagonaire des sédiments et (ii) de l'éloignement des stations échantillonnées sur le littoral Nord de Saint-Leu (Port et REPOM), les données de CARTOMAR apparaissent adaptées pour servir de « station référence » dans le cadre de l'étude. Ceci bien que la profondeur des 4 stations concernées soit légèrement supérieure. Les résultats sur ces stations précisent toutefois une nature sédimentaire globalement identique à celle des échantillons prélevés en 2015, avec des sables noirs ou mixtes avec débris coralligènes (Annexe 3).

On retiendra donc les éléments bibliographiques suivants concernant les sédiments profonds (40-70m) sur ces stations CARTOMAR en octobre 2007 :

- Une proportion dominante de fractions granulométriques grossières avec des débris coquilliers (sable basaltique mixte grossier à moyen), et une quasi absence de particules fines (moins de 2% de fractions <63µm),
- Un faible enrichissement organique (MO < 15% et CO = 0,2%),
- Une absence de données de référence pour les teneurs en N et P,
- Une absence de contamination en hydrocarbures (HAP < 1,0 µg/kg) et en PCB organochlorés (< 10,0 µg/kg) ou organophosphorés (< 50,0 µg/kg).
- Des teneurs en Nickel et Chrome élevées (411 et 372 mg/kg) et supérieures au seuil de référence N2 de l'arrêté de 2009, en lien avec la nature volcanique des sols réunionnais. (bruit de fond). Les teneurs en Cuivre et Plomb sont faibles (23 et 2 mg/kg) et traduire une incidence d'eaux de lessivage du bassin versant.

**Jusqu'à présent, il n'existait donc aucune donnée sur les caractéristiques physico-chimiques des sédiments littoraux de Bois Blanc.**

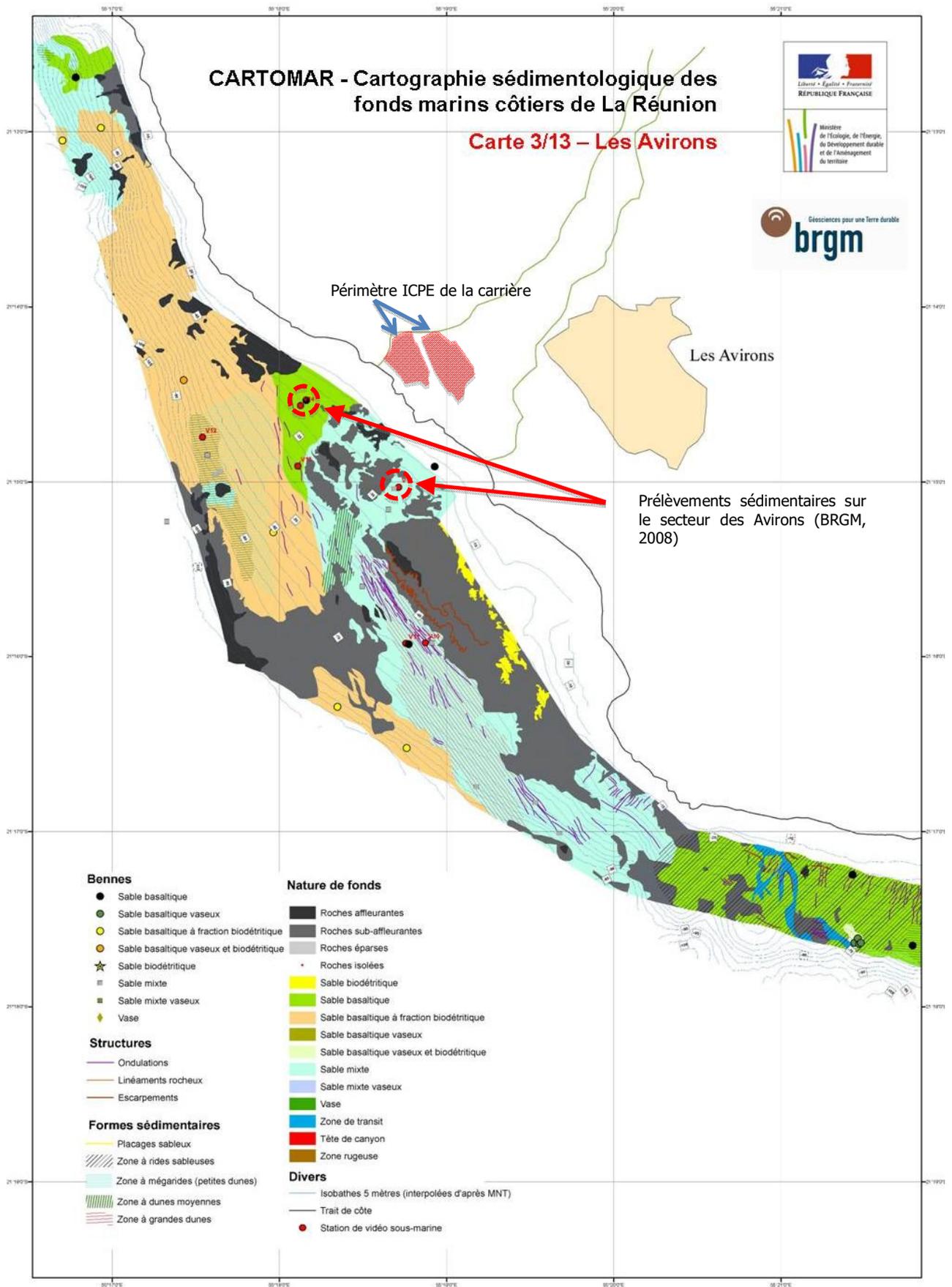


Figure 32 : cartographie morphosédimentologique et prélèvements sédimentaires Cartomar (BRGM, 2008)

**Dans le cadre du diagnostic environnemental 2015**, une campagne de prélèvements sédimentaires a donc spécifiquement été réalisée le 17 novembre 2015 sur le littoral de Bois Blanc, sur une zone comprise entre la ravine du Trou et la Ravine des Avirons, sur des profondeurs comprises entre 4 et 25m (Figure 4).

Les éléments ci-dessous présentent les principaux éléments devant être pris en considération dans le cadre du diagnostic de l'état initial sur le secteur d'étude.

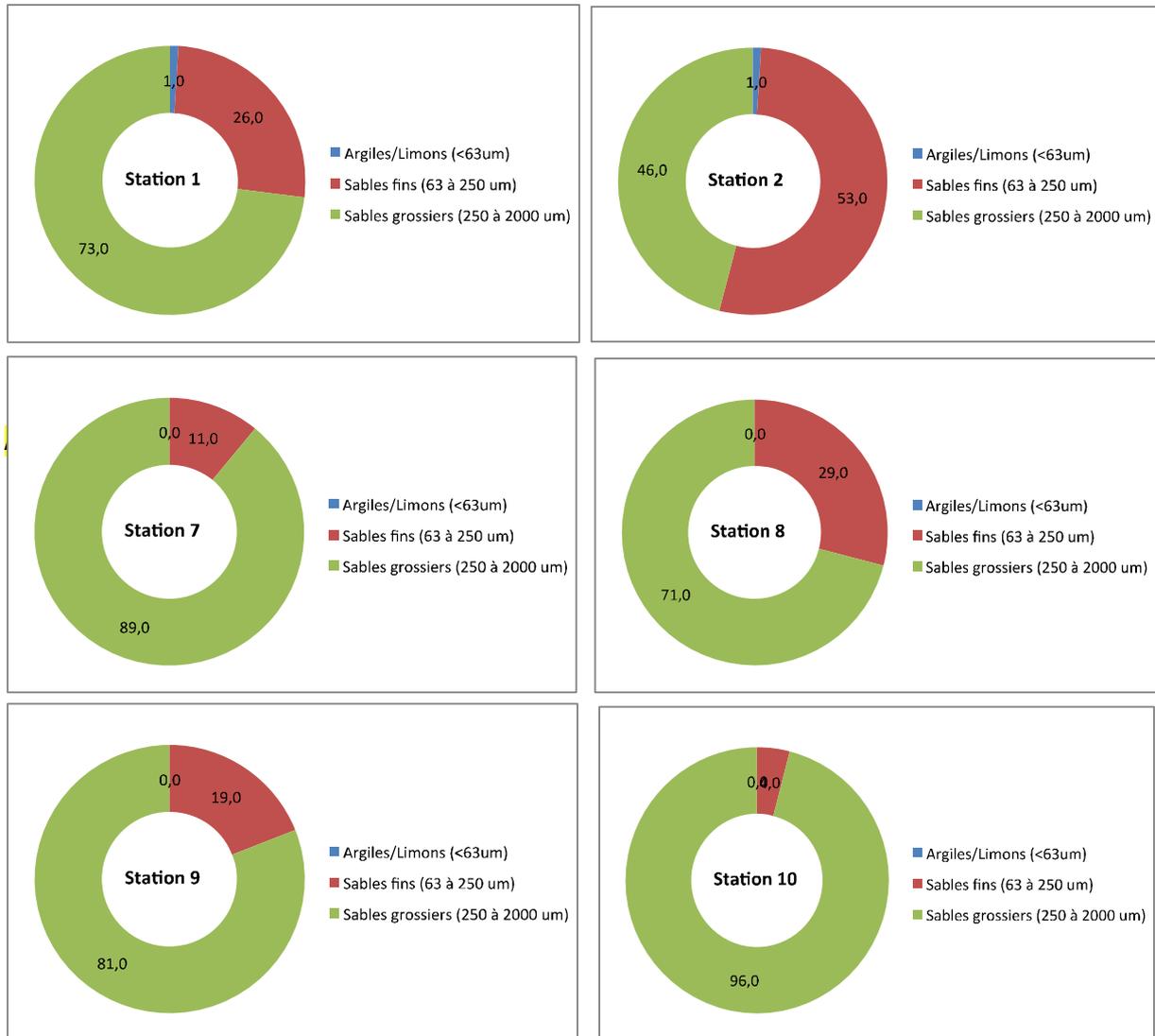
Les résultats obtenus ont mis en évidence que les sédiments présentent : (Tableau 11) (Tableau 12)

- **Une granulométrie grossière** (99% de sable dont 50 à 90% de sable grossier, 250 µm et plus), et très une faible proportion de particules fines (<1%). Cette caractéristique limite très fortement leur aptitude à fixer des matériaux organiques et d'éventuels polluants. En effet, cette dernière est proportionnelle à leur teneur en éléments fins.
- **Une faible compacité** (plus de 75% de matière sèche), confirmant leur aptitude à être mobilisé par la houle et à être périodiquement lessivé en contexte agité.
- **Un faible enrichissement en azote et en phosphore**, avec respectivement des teneurs <0,05% et 0,01%. Là encore, la grossièreté du sédiment (sable) sa remise en suspension régulière en limitent la capacité de fixation.
- **Une absence de contamination en hydrocarbures**, avec des mesures inférieures au seuil de détection du laboratoire (<10 mg/kg).

*De ces éléments, il faut donc retenir les caractéristiques physico-chimiques des sédiments suivantes, entre 4 et 25m de profondeur :*

- **Une granulométrie grossière** et une faible proportion de particules fines. Cette caractéristique est très limitante pour la fixation ou l'accumulation de matériaux organiques, minéraux ou de polluants divers.
- **Une compacité faible** favorable à (i) une remobilisation par la houle et les courants, et (ii) à des échanges/lessivage avec la masse d'eau.
- **Un enrichissement faible en composés azotés et phosphorés.** Malgré une incidence du bassin versant et l'existence d'écoulement souterrains (percolations, et périodiques en surface) au droit de la ravine des Avirons, il n'existe pas d'accumulation de ces composés dans le sédiment. De part leur remobilisation périodique, ces éléments sont probablement évacués vers le large, où des fractions granulométriques plus fines en plus grande proportion permettent leur fixation durable.
- **Une absence de contamination en hydrocarbures.** Là encore, la grossièreté du sédiment (sable) sa remise en suspension régulière en limitent la capacité de fixation

*Tableau 11 : caractéristiques granulométriques du sédiment en 2015*



Site	Station	Dist rdT	Latitude	Longitude	Bathy	Heure	Mat. Sèche (<2mm)	Granulo <2µm	Granulo <10µm	Granulo <63µm	Granulo <125µm	Granulo <250µm	Granulo <500µm	Granulo <1000µm	Granulo <2000µm	
			Sud	Est	(m)	-	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Groupe 1 Paramètres physiques	Horizon littoral	7	250 au SE	-21,241925	55,310685	4	8h15	83,6	0,0	0,0	0,0	1,0	10,0	64,0	25,0	0,0
		8	700 au SE	-21,244919	55,313258	12	8h50	77,2	0,0	0,0	0,0	2,0	27,0	61,0	10,0	0,0
		9	1200 au SE	-21,247443	55,318032	6	9h15	80,4	0,0	0,0	0,0	1,0	18,0	68,0	13,0	0,0
		10	1600 au SE	-21,251273	55,320273	10	9h30	82,7	0,0	0,0	0,0	1,0	3,0	56,0	39,0	1,0
	Horizon profond	1 (aval)	750 au NO	-21,239179	55,301752	19	8h05	80,4	0,0	0,0	1,0	3,0	23,0	56,0	17,0	0,0
		2	700 au SO	-21,245554	55,305663	25	7h30	76,6	0,0	0,0	1,0	4,0	49,0	38,0	8,0	0,0
		3	350 au SO	-21,242853	55,30746	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4	700 au SE	-21,246209	55,31079	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		5	1300 au SE	-21,250377	55,315855	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		6 (amont)	1800 au SE	-21,255599	55,317005	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Tableau 12 : enrichissement & niveau de contamination du sédiment en hydrocarbures en 2015*

	Site	Station	Dist rdT	Latitude		Bathy	Heure	N tot (Kjeldahl)	Phosphore
				Sud	Est				
				(m)	-				
<b>Groupe 2</b> Enrichissement minéral	Horizon littoral	7	250 au SE	-21,241925	55,310685	4	8h15	<0,05	717
		8	700 au SE	-21,244919	55,313258	12	8h50	<0,05	1140
		9	1200 au SE	-21,247443	55,318032	6	9h15	<0,05	1170
		10	1600 au SE	-21,251273	55,320273	10	9h30	<0,05	1260
	Horizon profond	1 (aval)	750 au NO	-21,239179	55,301752	19	8h05	<0,05	1430
		2	700 au SO	-21,245554	55,305663	25	7h30	<0,05	1160
		3	350 au SO	-21,242853	55,30746	20	-	-	-
		4	700 au SE	-21,246209	55,31079	20	-	-	-
		5	1300 au SE	-21,250377	55,315855	20	-	-	-
		6 (amont)	1800 au SE	-21,255599	55,317005	20	-	-	-

	Site	Station	Dist rdT	Latitude		Bathy	Heure	Hydroc. C10-C40
				Sud	Est			
				(m)	-			
<b>Groupe 3</b> Contaminants chimiques	Horizon littoral	7	250 au SE	-21,241925	55,310685	4	8h15	<10
		8	700 au SE	-21,244919	55,313258	12	8h50	<10
		9	1200 au SE	-21,247443	55,318032	6	9h15	<10
		10	1600 au SE	-21,251273	55,320273	10	9h30	<10
	Horizon profond	1 (aval)	750 au NO	-21,239179	55,301752	19	8h05	<10
		2	700 au SO	-21,245554	55,305663	25	7h30	<10
		3	350 au SO	-21,242853	55,30746	20	-	-
		4	700 au SE	-21,246209	55,31079	20	-	-
		5	1300 au SE	-21,250377	55,315855	20	-	-
		6 (amont)	1800 au SE	-21,255599	55,317005	20	-	-

Pour les hydrocarbures, le niveau limite est fixé à 22,8 mg/kg dans l'arrêté du 9 aout 2006.

### 4.2.3 Caractéristiques des peuplements marins littoraux & profonds

#### 4.2.3.1 Les peuplements marins littoraux (0-15m)

La bibliographie indique que 1 seule étude d'expertise des peuplements marins en plongée a été menée en 2005 par l'ARVAM : étude opérationnelle de mise en valeur et d'aménagement touristique du littoral sud de Saint Leu. En s'appuyant sur les éléments de géomorphologie précisés par CARTOMAR en 2008 (Figure 15), et la note de synthèse réalisée par PARETO en 2014, il est possible de retenir les principaux éléments décrits ci-dessous.

La nature des faciès de peuplements sous-marins est directement liée à celle du linéaire côtier, où l'on relève 3 types de substrat :

- Substrat rocheux (microfalaises & pointes rocheuses),
- Substrat à galets basaltiques (plage de galets),
- Substrat sableux (plage de sable).

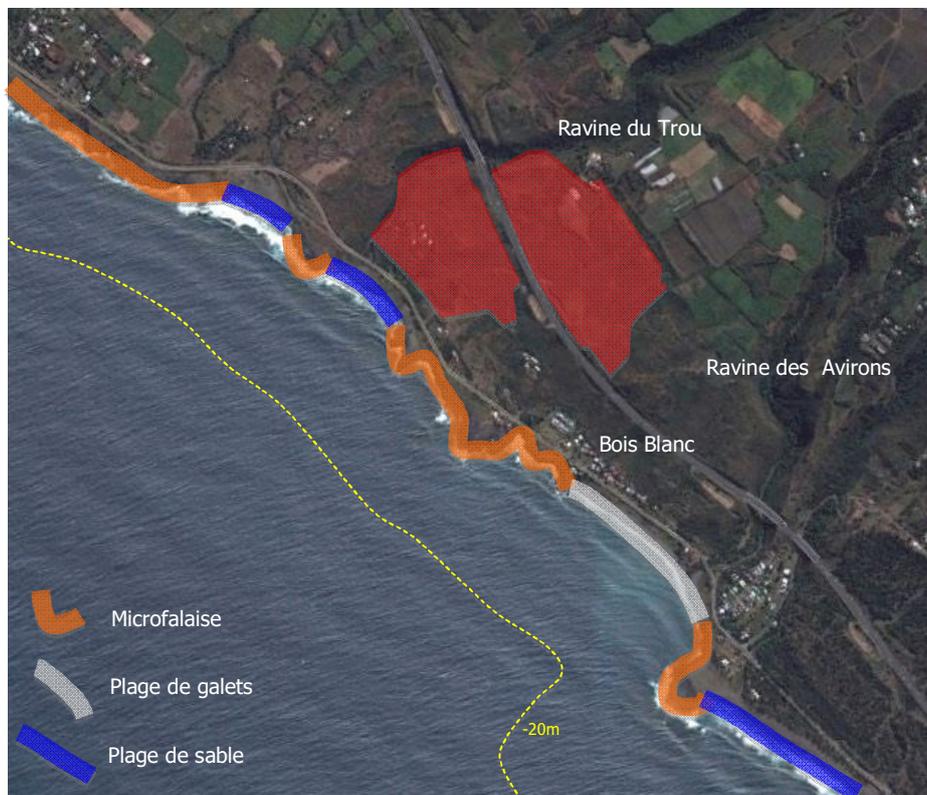


Figure 33 : répartition schématique des faciès littoraux au Sud de Saint-Leu

Le prolongement en mer de ces 3 types de substrat, couplé aux conditions hydrodynamiques et sédimentaires contraignantes qui y règnent (houle, incidence des ravines), limitent le développement de la faune fixée sur des zones de substrat durs peu profondes situées dans l'axe des pointes rocheuses :

- **Au Nord-Ouest, au droit de la Ravine du Trou (0 à 6 m) :** les fonds sont caractérisés par une alternance de substrat sableux et de blocs basaltiques de taille parfois métrique faiblement colonisés : la richesse des peuplements était alors faible, avec essentiellement des coraux non Acropores (NAC). Aucune espèce endémique n'avait été relevée en 2005.
- **Au Sud-Est, au droit de la pointe de Bois Blanc (0 à 6 m) :** les fonds sont marqués par la présence à l'Est d'une plateforme basaltique peu profonde (entre 0,5 et 2,5 m sous la surface)

qui se prolonge vers le Nord-Ouest sous forme d'un épi basaltique sous-marin. Lors du relevé de 2005, la richesse des peuplements était moyenne avec la présence d'espèces coralliennes relativement sensibles de type coraux Acropores CAC (*Acroporagemmifera*, *Acropora robusta*) et d'autres de type coraux mous adaptés à la houle et à la sédimentation (*Sinulariasp.*). Aucune espèce endémique n'avait été relevée.

L'analyse environnementale multicritères réalisée en 2014 (PARETO, 2014) a permis de caractériser la sensibilité écologique du faciès de Bois Blanc avec un niveau de risque le plus élevé, en raison de la **présence de colonies d'Acropores observées en 2005**, sensibles à la sédimentation. Néanmoins, les conditions hydrodynamiques du secteur d'étude, marqué par une forte exposition aux houles et de façon moindre aux courants, contribuent à une remise en suspension quasi permanente limitant tout dépôt durable de fines terrigènes.



Figure 34 : prospection sous-marine au droit de la pointe de la ravine du Trou en 2005 (ARVAM)

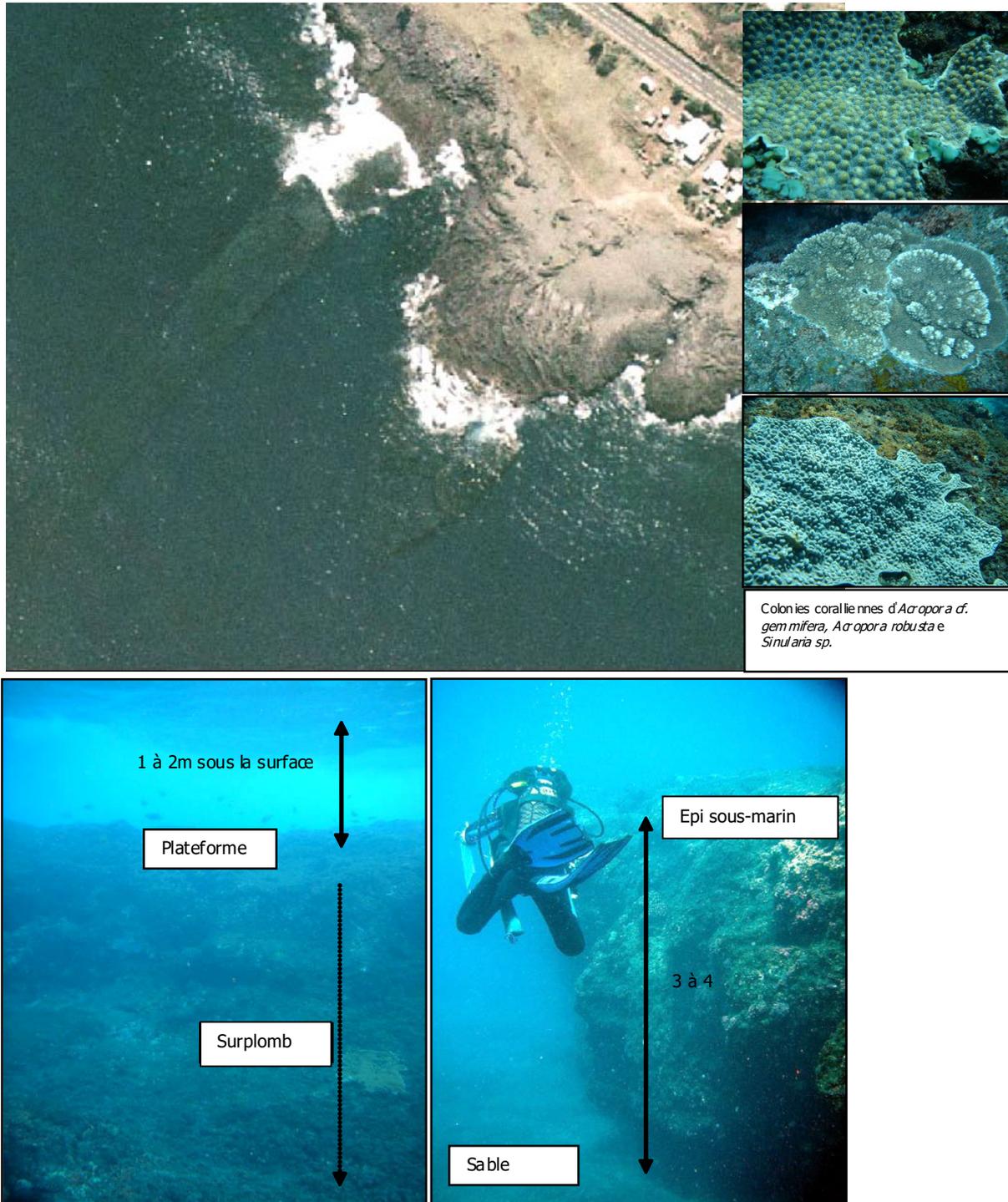


Figure 35 : prospection sous-marine au droit de la pointe de Bois Blanc en 2005 (ARVAM)



Figure 36 : vues aériennes des pointes rocheuses de Bois Blanc (haut) et de la pointe des Avirons (Bas)

**Dans le cadre du diagnostic environnemental 2015**, une campagne d'expertises complémentaires des peuplements littoraux peu profonds a donc spécifiquement été réalisée le 17 novembre 2015, sur une zone comprise entre la ravine du Trou et la Ravine des Avirons, sur des profondeurs comprises entre 4 et 12m (Figure 4).

Les éléments ci-dessous présentent les principaux éléments devant être pris en considération dans le cadre du diagnostic de l'état initial sur les peuplements littoraux se développant au droit des pointes rocheuses, avec du NO vers le SE :

- **Au niveau de la pointe de la ravine du Trou (-4m) (station 7) :**

Les mégablocs basaltiques qui affleurent du sable ne présentent aucun peuplement corallien ou de poissons. Seuls quelques turfs algaux se développent. Du fait des mouvements sédimentaires importants et de la remise en suspension marquée, ces tapis algaux sont périodiquement recouverts et meurent, pour se redévelopper dès que le substrat rocheux devient émergé.

**-> La sensibilité des peuplements sur cette station peut être considérée comme faible.**

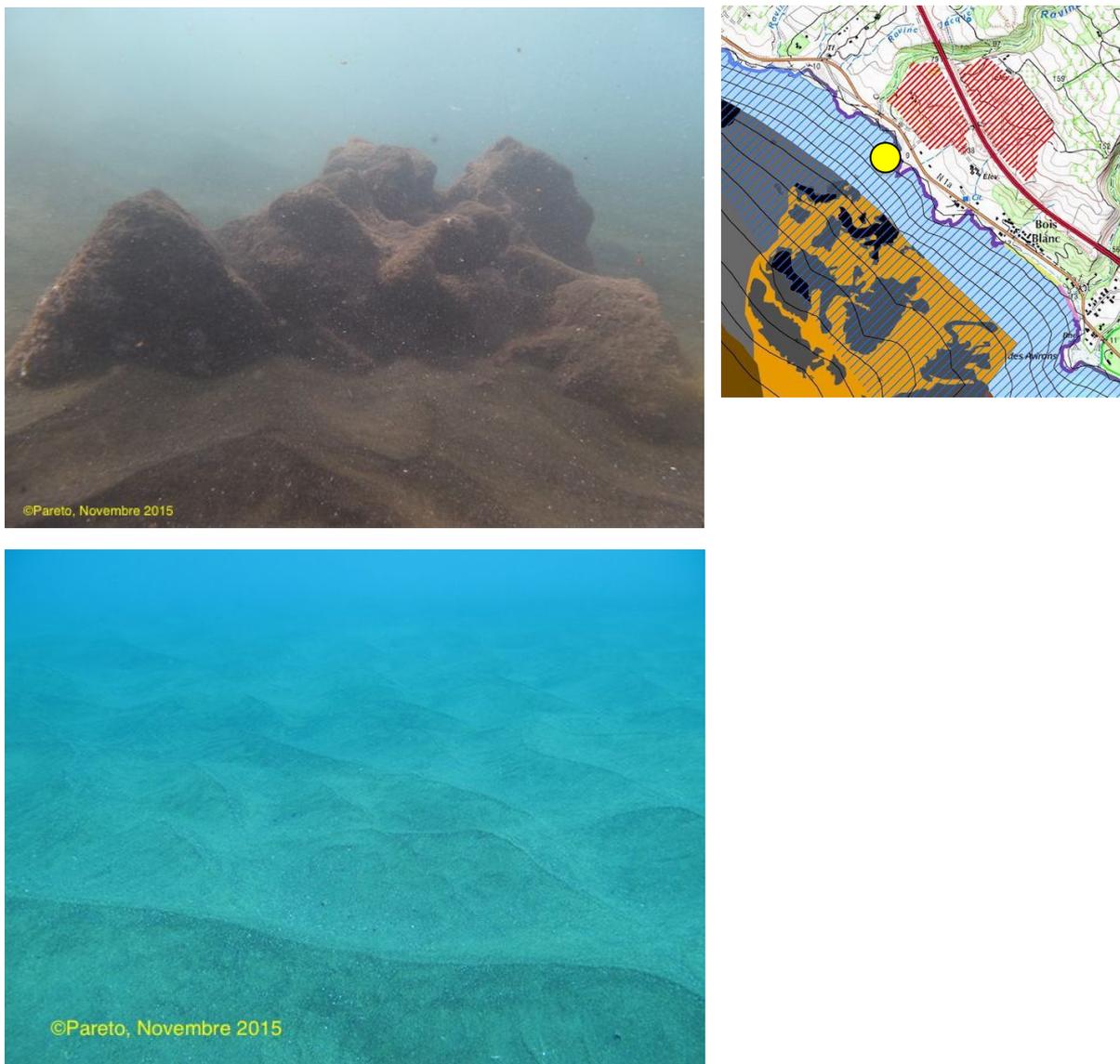


Figure 37 : vues sous-marines au niveau de la pointe de la ravine du Trou

- **Au niveau de la pointe de Bois Blanc (-2 à -12m) (station 8) :**

La microfalaise basaltique de la pointe rocheuse se prolonge en mer sous forme d'un épi de plus de 50m de long, dont la profondeur est comprise entre 2 et 8m environ. Cet épi est marqué par une bordure nette sous forme de tombant offrant un intérêt paysager réel. Au pied de ce tombant, le substrat est de type sableux, avec sur sa partie terminale (vers l'Ouest) la présence de mégablocs résultant probablement de l'effondrement progressif de l'épi sous l'action des houles. Le site est particulièrement agité (présence de ripple-marks sur le sable). La nature des peuplements présents est caractéristique de milieux agités. Les peuplements algaux adaptés au déferlement de la houle sont dominants (*Dictyota* sp., *Cheilosporum* sp.). La couverture corallienne est d'environ 10 à 20% sur la partie sommitale de l'épi. Sur les tombants et sur les blocs situés à sa base, elle est inférieure à 5%. Les espèces dominantes sont des faviidae et des pocilloporidae (*Pocillopora eydouxi* & *P. verrucosa*). **Les Acropores observés en 2005 ne sont plus présents.** Du point de vue ichthyologique, les herbivores (*Acanthurus nigrofuscus*), les carnivores (*Lutjanus kasmira*, *Parupeneu strifasciatus*), et les planctonophages (*Caesio* sp., *Thalassoma* sp.) constituent les espèces majoritaires.

-> **La sensibilité des peuplements sur cette station peut être considérée comme moyenne.**



Figure 38 : vues sous-marines au niveau de la pointe de la ravine de Bois Blanc

- **Au droit de la plage à galets de Bois Blanc (-5m) (station 9) :**

La plage de Bois Blanc est alimentée en galets basaltiques par la ravine des Avirons. Ces galets constituent la grande majorité de la plage. Ils sont violemment rabattus vers la côte par les houles australes, qui affectent de manière très marquée le secteur durant l'hiver austral. Ainsi, dès 4m de profondeur, le substrat sous-marin est exclusivement constitué de sable grossier basaltique. La transition galets/sable ne devant apparaître qu'aux alentours de -1 à -2m. Compte tenu de l'agitation, les interventions en plongée n'ont pas permis d'accéder à cette limite. On retrouve de manière éparse quelques galets décimétriques à 5m de profondeur. Compte tenu de leur mouvement permanent, ils ne sont pas colonisés par la faune fixée. Aucun peuplement de poisson n'a été observé.

**->La sensibilité des peuplements (absents) sur cette station peut être considérée comme très faible.**

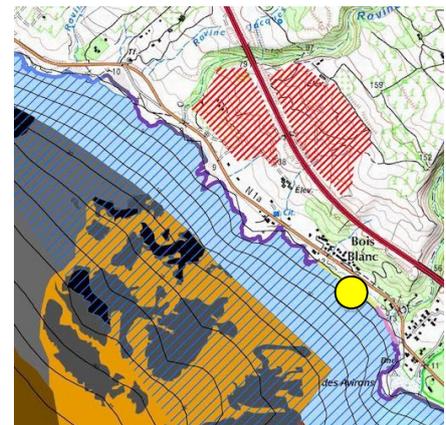


Figure 39 : vues sous-marines au niveau de la pointe de la plage de Bois Blanc

- **Au niveau de la pointe des Avirons (-6m) (station 10) :**

La microfalaise basaltique de la pointe rocheuse se prolonge en mer sous forme d'une pente rocheuse de plus de 30m de long environ, dont la profondeur est comprise entre 2 et 6m environ. Ce plateau est marqué par une bordure diffuse sous forme de mégablocs résultant probablement de son effondrement progressif sous l'actions des houles. On retrouve également des galets de rivière, correspondant au même calibre que ceux présents sur la plage de Bois Blanc. En allant vers le SE, au pied des mégablocs, le substrat devient sableux. Le site est particulièrement agité (présence de ripple-marks sur le sable). La nature des peuplements présents est caractéristique de milieux très agités. Les peuplements algaux adaptés au déferlement de la houle sont dominants (*Dictyotasp.*, *Cheilosporumsp.*). La couverture corallienne est de moins de 5% sur le plateau rocheux et sur les mégablocs. Elle est nulle sur les galets de rivière. Les espèces dominantes sont des faviidae et des poritidae (*Poriteslutea*). Du point de vue ichtyologique, les herbivores (*Acanthurusnigrofuscus*), les carnivores (*Lutjanuskasmira*, *Parupeneustrifasciatus*), et les planctonophages (*Caesiosp.*, *Thalassomasp.*) constituent les espèces majoritaires. On notera que de nombreux juvéniles de poissons sont présents dans les galets de rivière, où ils trouvent abri et nourriture avant de migrer vers des zones rocheuses plus profondes (rôle écologique important).

-> **La sensibilité des peuplements sur cette station peut être considérée comme moyenne, notamment en raison de la fonctionnalité écologique du substrat à galets.**

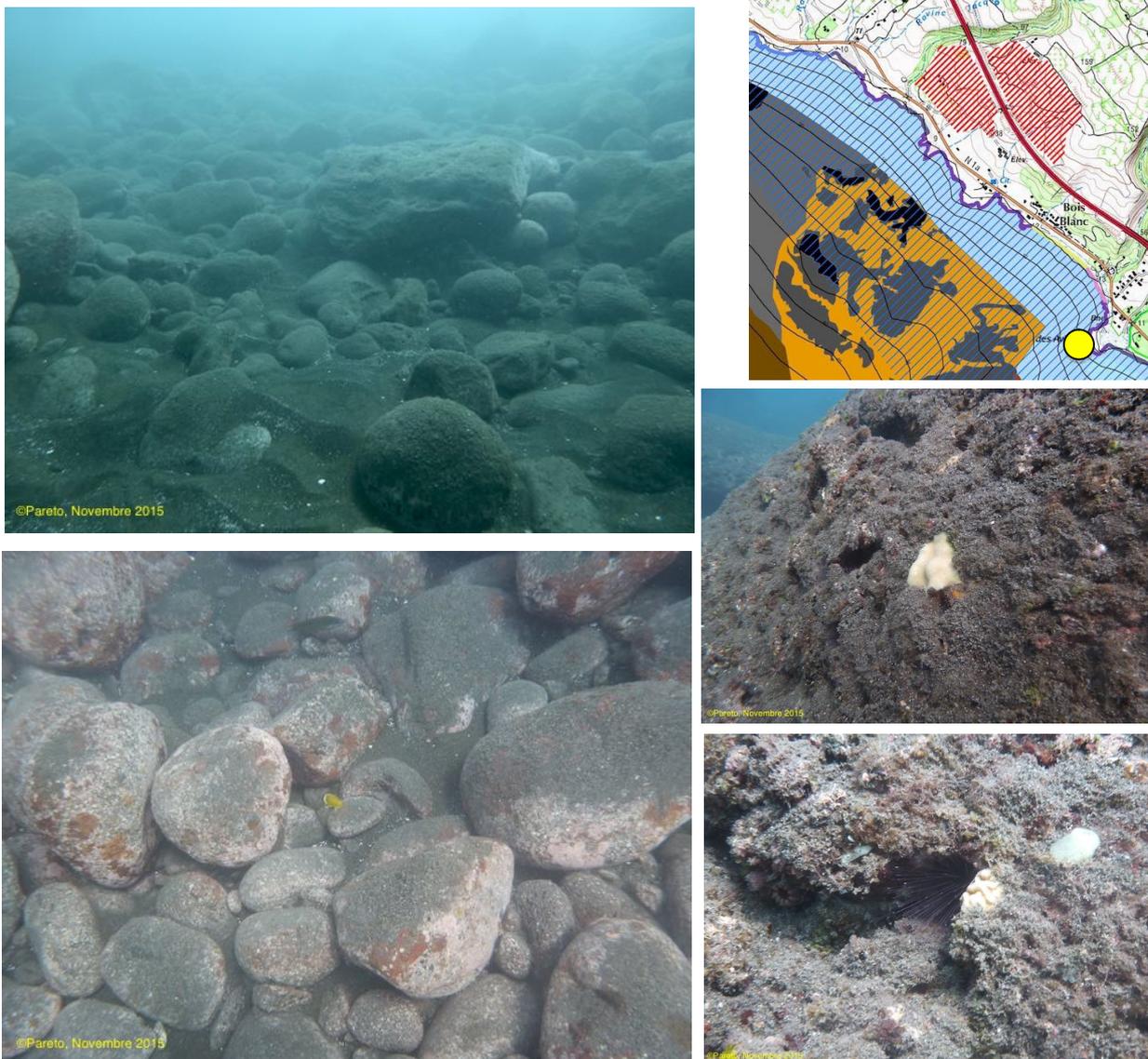


Figure 40 : vues sous-marines au niveau de la pointe de la pointe des Avirons

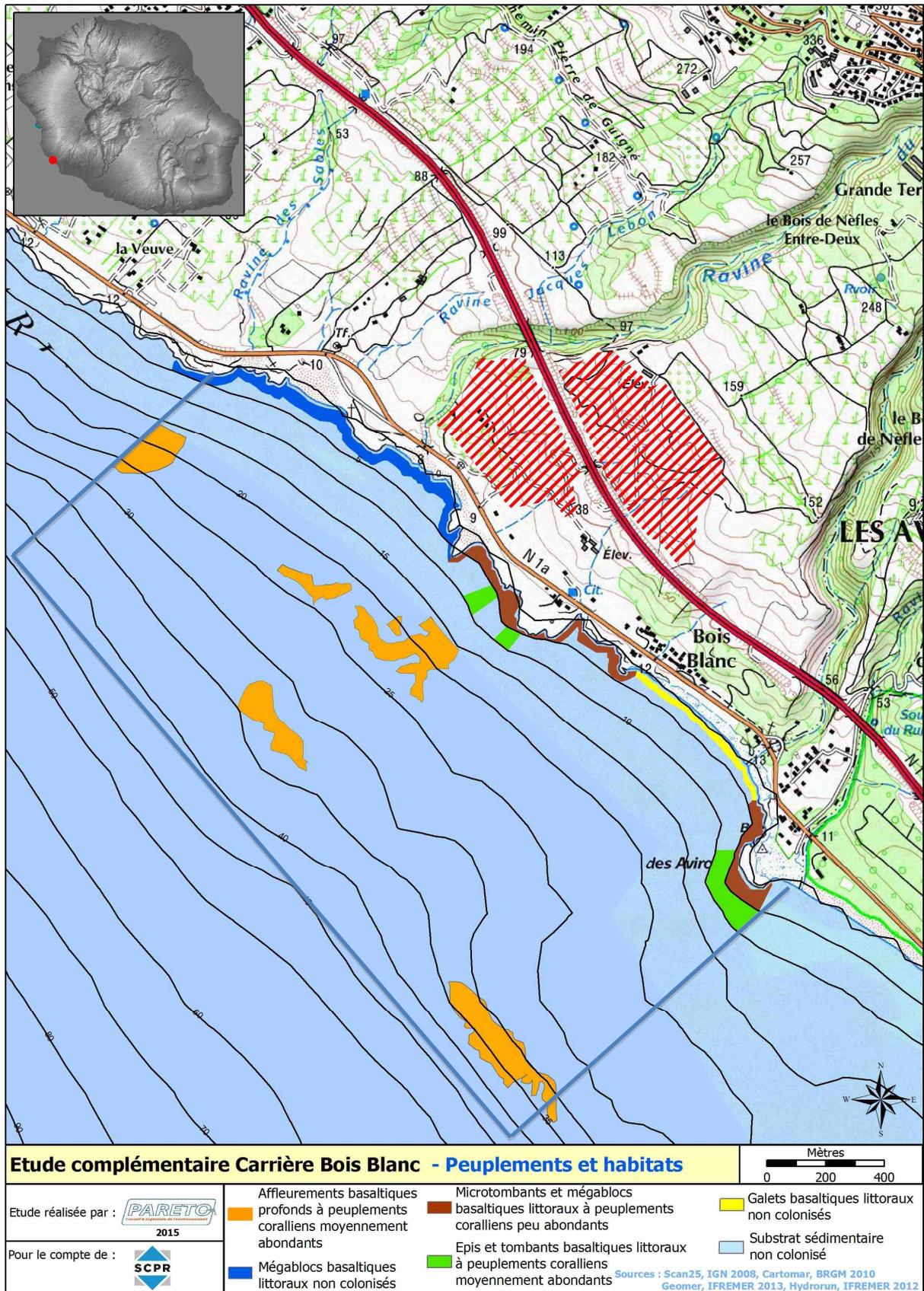


Figure 41 : carte de peuplements/ habitats littoraux et profonds

#### 4.2.3.2 Les peuplements marins profonds (20-30m)

La bibliographie indique qu'aucune étude d'expertise des peuplements marins profonds en plongée n'a été menée sur le secteur d'étude.

En s'appuyant sur les éléments de géomorphologie précisés par CARTOMAR en 2008 (Figure 15), et la note de synthèse réalisée par PARETO en 2014, il est toutefois possible de retenir les 2 éléments suivants quant à la présence de peuplements profonds :

- Entre la Ravine du Trou et la pointe des Avirons, le secteur est marqué par une sédimentation naturelle importante et l'omniprésence de fonds sableux mixtes sur substrat basaltique (recouvert) dans le prolongement sous-marin de l'entre deux ravines. Ce paramètre est caractéristique de l'influence et des apports particuliers des ravines. La nature sableuse du substrat empêchant tout développement de la faune fixée (et de la faune mobile associée), cette zone correspond donc globalement à un « désert » biologique.
- A l'Ouest, des affleurements basaltiques profonds (25m et plus) entrecoupés de cuvettes détritiques sableuses sont présents. Ce type de substrat étant localement reconnu comme susceptible d'abriter des écosystèmes coralliens (non bioconstruits) assez riches, ils sont potentiellement considérés comme riches.

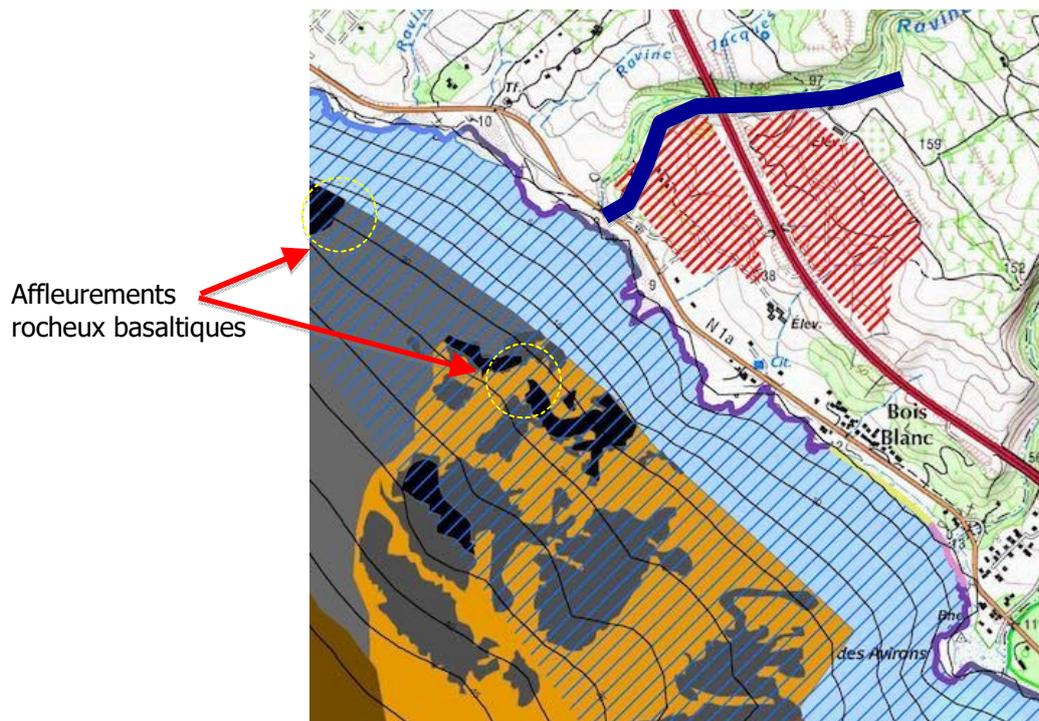


Figure 42 : localisation des affleurements rocheux profonds susceptibles d'abriter des peuplements fixés (CARTOMAR, 2008)

Dans le cadre du diagnostic environnemental 2015, une campagne d'expertises complémentaires des peuplements littoraux profonds a spécifiquement été réalisée le 17 novembre 2015, au droit de la ravine du Trou et la Ravine des Avirons, sur des profondeurs comprises entre 19 et 25m (Figure 4). Compte tenu du potentiel des affleurements identifiés dans la bibliographie, c'est naturellement ces formations qui ont été ciblées pour les interventions, en amont et en aval de la ravine du Trou.

Les éléments ci-dessous présentent les principaux éléments devant être pris en considération dans le cadre du diagnostic de l'état initial sur les peuplements profonds se développant au droit de la ravine du Trou :

- **En amont de la ravine du Trou (-25m)** (station 2) : (Figure 43)

L'affleurement identifié correspond à un plateau rocheux en pente douce. Il débute vers -23m environ et se prolonge vers des profondeurs supérieures à 30m (non expertisées). Il marque une marche de 1 à 2m de haut environ avec les fonds sableux qui le ceinturent. Il présente sur sa partie sommitale un relief peu marqué et une rugosité relativement importante. A l'inverse, sa bordure comporte un nombre très important d'anfractuosités, qui constituent autant de caches et d'abris pour des espèces d'invertébrés. Les peuplements algaux sont très largement dominants (*Dictyota*sp., *Cheilosporum*sp., *Halimeda*sp.).

La couverture corallienne est globalement modérée, de l'ordre de 10 à 20% selon les zones (bordures du plateau notamment). Les espèces coralliennes sont peu diversifiées, avec une large dominance de coraux mous (genres *Sinularia*, *Lobophytum* et *Sarcophyton*) et des espèces caractéristiques d'un milieu soumis à des conditions de milieu contraignantes (faible lumière, agitation, sédimentation) naturelles assez importantes : *Poriteslutea*, *Turbinaria*sp., *Pocillopora verrucosa*, *Faviaspp.*, ... Toutes les colonies sont de petite taille (<20cm) et éparées, indiquant un turn over important en raison de ces conditions de milieu. **Aucune espèce d'Acropore n'a pu être observée.** Du point de vu des espèces ichtyologiques, de nombreux mérous de petite taille ont pu être observés (*Epinephelusfasciatus*), ainsi que des *Pseudanthiassp.* dominant le peuplement. Les chirurgiens (*Acanthurusnigrofuscus*) et les papillons (*Chaetodonkleinii*, *Chaetodoninterruptus*) sont moins présents en correspondance avec le faible recouvrement corallien. Ces affleurements sont en partie recouverts par du sable formant des cuvettes défavorables au recrutement corallien (substrat meuble). D'autre part, une espèce d'intérêt commercial (poulpe) a pu être observée.

-> **La sensibilité des peuplements sur cette station peut être considérée comme moyenne, notamment en raison de la fonctionnalité écologique du substrat.**

- **En aval de la ravine du Trou (-19m)** (station 1) : (Figure 44)

Sur cet affleurement légèrement moins profond, le relief est très sensiblement plus marqué. On y observe de nombreuses crevasses et cuvettes de 2 à 3m de profondeur, dont le fond est rempli de sable. De même, la marche formée avec les fonds sableux qui le ceinturent est plus marquée, et présente localement 3m de hauteur. L'intérêt paysager que confère ces formations est réel. Les bordures du plateau rocheux offrent là encore de nombreux abris aux invertébrés qui colonisent le site.

La couverture corallienne est moyenne, de l'ordre de 10 à 20% selon les zones (bordures du plateau notamment). Les espèces coralliennes sont peu diversifiées, avec là encore une large dominance de coraux mous (genres *Sinularia*, *Lobophytum* et *Sarcophyton*) et des espèces caractéristiques d'un milieu soumis à des conditions de milieu contraignantes (faible lumière, agitation, sédimentation) naturelles assez importantes : *Poriteslutea*, *Turbinaria*sp., *Pocillopora verrucosa*, *Faviaspp.*, ... Comparativement au précédent affleurement, toutes les colonies sont de plus grande taille (>20cm) toujours éparées, mais indiquant un turn-over moins important. Ceci bien que les conditions de milieu apparaissent encore plus contraignantes, notamment en terme d'agitation par effet de la houle (ripple-marks >20 cm de haut) et de sédimentation. **Aucune espèce d'Acropore n'a pu être observée.** Du point de vu des espèces ichtyologiques, peu de mérous ont pu être observés (*Epinephelusfasciatus*). Les chirurgiens (*Acanthurusnigrofuscus*) et les papillons (*Chaetodonkleinii*, *Chaetodoninterruptus*) sont plus présents, en correspondance avec le recouvrement corallien plus important. Les nombreux fils de pêche observés sur le substrat confirment une pression de pêche plus importante sur ce site. Des chasseurs sous-marins ont par ailleurs été rencontrés lors de l'intervention.

-> **La sensibilité des peuplements sur cette station peut être considérée comme moyenne, notamment en raison de la fonctionnalité écologique du substrat.**



Figure 43 : vues sous-marines sur l'affleurement profond en amont de la ravine du Trou (Pareto, 2015)

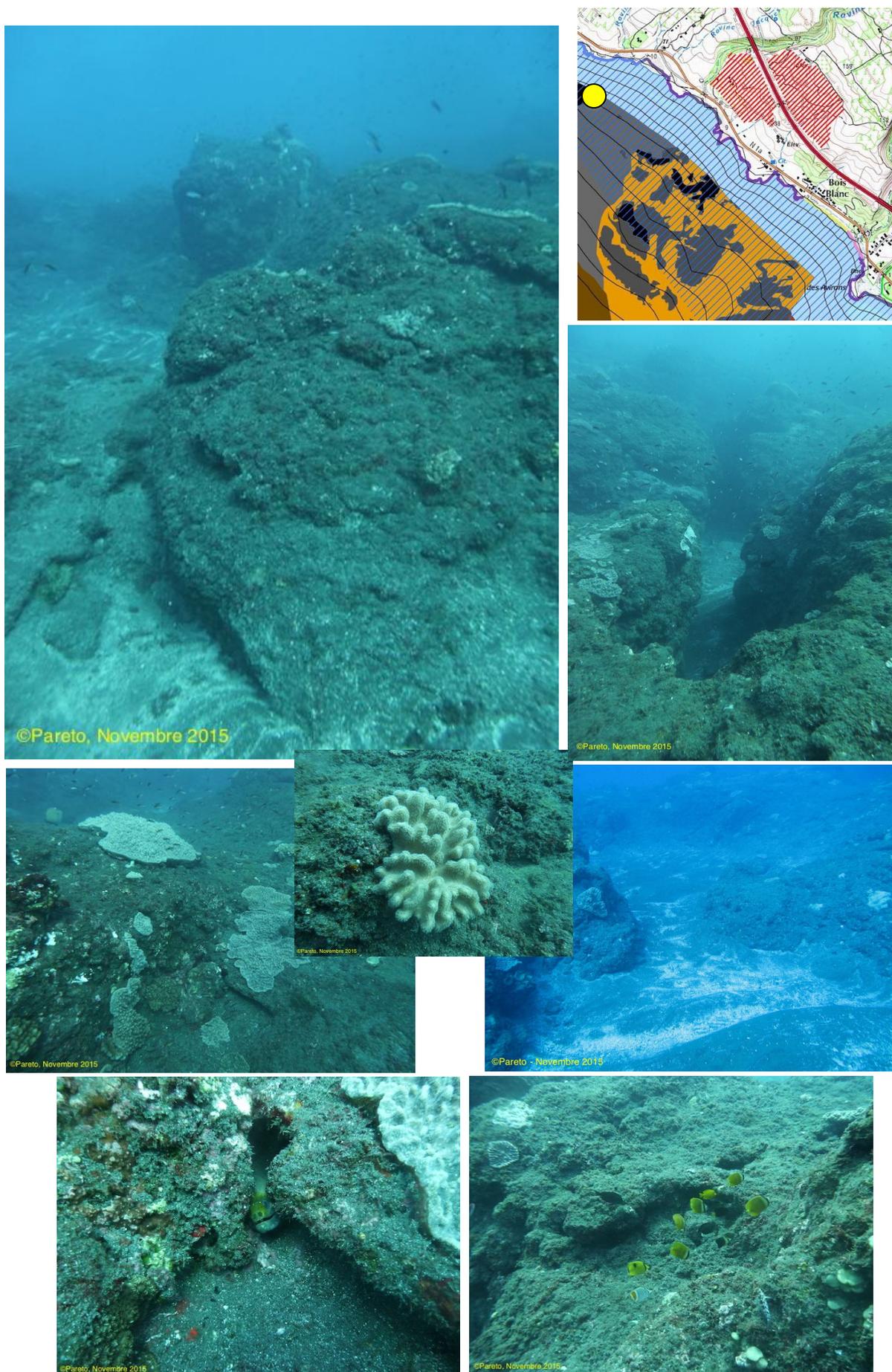


Figure 44 : vues sous-marines sur l'affleurement profond en aval de la ravine du Trou (Pareto, 2015)

#### 4.2.4 Espèces protégées : mammifères marins & tortues marines

##### 4.2.4.1 Les mammifères marins

#### Fréquentation du secteur marin au droit de la ravine du Trou

À la Réunion, 22 espèces de cétacés ont été recensées : 5 espèces de Mysticètes (cétacés à fanons), et 17 d'Odontocètes (cétacés à dents). Soit ¼ des espèces de cétacés connues dans le monde et la totalité des espèces présentes dans le sud-ouest de l'océan Indien.

Parmi ces espèces, certaines sont observées fréquemment (cf tableau 1). D'autres sont plus rares, comme le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*), le dauphin de Fraser (*Lagenodelphishosei*) ou le dauphin d'Electre (*Peponocephalaelectra*). Enfin d'autres espèces ne sont repérées qu'occasionnellement, comme le cachalot (*Physeter macrocephalus*), le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) ou la baleine à bec de Blainville (*Mesoplodon densirostris*).

Tableau 13 : quelques données sur les espèces de cétacés fréquentant la Réunion

Espèce	Saisonnalité	Taille de la population à La Réunion	Taille des groupes	Habitat préférentiel	Classement UICN Réunion
Grand dauphin de l'Indo-Pacifique ( <i>Tursiops aduncus</i> )	Résidente	Environ 250 individus	2-8 individus	Côtier	En danger (EN)
Baleine à bosse ( <i>Megaptera novaeangliae</i> )	Hiver austral (séjour moyen de 25 jours lié à la reproduction)	Environ 300 individus par saison (variable)	Un à plusieurs dizaines	De la côte au large	Vulnérable (VU)
Grand dauphin ( <i>Tursiops truncatus</i> )	Résidente	Indéfinie	Dix à plusieurs centaines	Large	Données insuffisantes (DD)
Dauphin à long bec ( <i>Stenella longirostris</i> )	Probable pool résident avec des passages ponctuels	Indéfinie	Plusieurs dizaines à plusieurs centaines	De la côte au large	Données insuffisantes (DD)

Données : Abyss, Globice, Observatoire Marin de La Réunion

Tous les mammifères marins recensés en France sont protégés par arrêté ministériel (Arrêté du 1er juillet 2011 « Fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection »). Ainsi, sont interdits entre autres la « perturbation intentionnelle » et la « destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux ». Leur conservation est régie par le Code de l'Environnement, qui sanctionne avec un an d'emprisonnement et 15 000 euros d'amende le fait de porter « ...atteinte à la conservation d'espèces animales non domestiques ...» (Article L415-3).

Par ailleurs, l'UICN (Union Internationale de la Conservation de la Nature) a publié en 2010 la liste rouge des espèces menacées à La Réunion. Parmi les espèces dont on dispose des données suffisantes, le grand dauphin de l'Indo-Pacifique a été classé en danger (EN) et la baleine à bosse a été considérée espèce vulnérable (VU) (Tableau 13).

Des programmes de suivi et quelques observations de mammifères marins ont ainsi été réalisés par l'association GLOBICE. Elles concernent les baleines à bosse (pics d'observations entre août et septembre). Ainsi, dans le rapport d'activité 2012 de l'association, il est mentionné que 16 sorties ont été effectuées au départ du port de Saint-Leu :

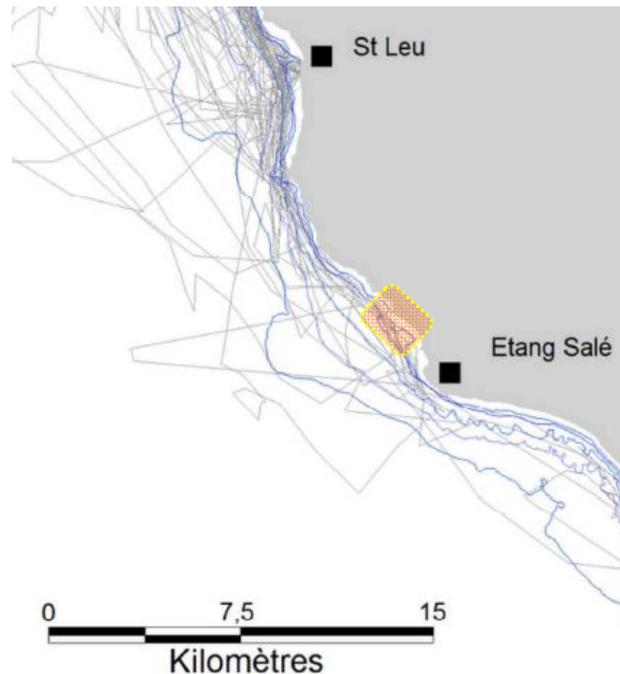


Figure 45 : effort d'échantillonnage des MM sur le secteur de St-Leu / E Salé (Globice, 2012)

Les résultats attestent de la présence de cétacés au Sud de Saint-Leu, sans préciser de résultats spécifiques au secteur d'étude. Les cartes ci-dessous présentent les observations réalisées pour les 3 principales catégories de mammifères de la Réunion : (Figure 47)

- Le Grand dauphin Indo-Pacifique *Tursiops aduncus* (au delà de -20m),
- Le dauphin long bec *Stenella longirostris*, (proche de la côte),
- La baleine à bosse *Megaptera novaeangliae* (jusqu'à plus de 7 kms de la côte).

L'espèce côtière de dauphin à long bec (*Stenella longirostris*) est directement décrite sur le secteur d'étude, mais a une aire géographique d'évolution très large à la Réunion. Par ailleurs, nous avons rencontré cette espèce lors de nos interventions. Un groupe de 10 à 15 individus a été observé à 2 reprises, les 2 et 11 novembre 2015. Au même titre que sur le reste de l'île, la zone littorale correspond en effet à leur habitat (20 à 50 m de profondeur) : ils l'utilisent comme un corridor, évoluant généralement parallèlement à la côte et sur de longues distances (espèce non sédentaire).



Figure 46 : observation de dauphins (*Stenella longirostris*) le 17 novembre 2015 (Pareto)

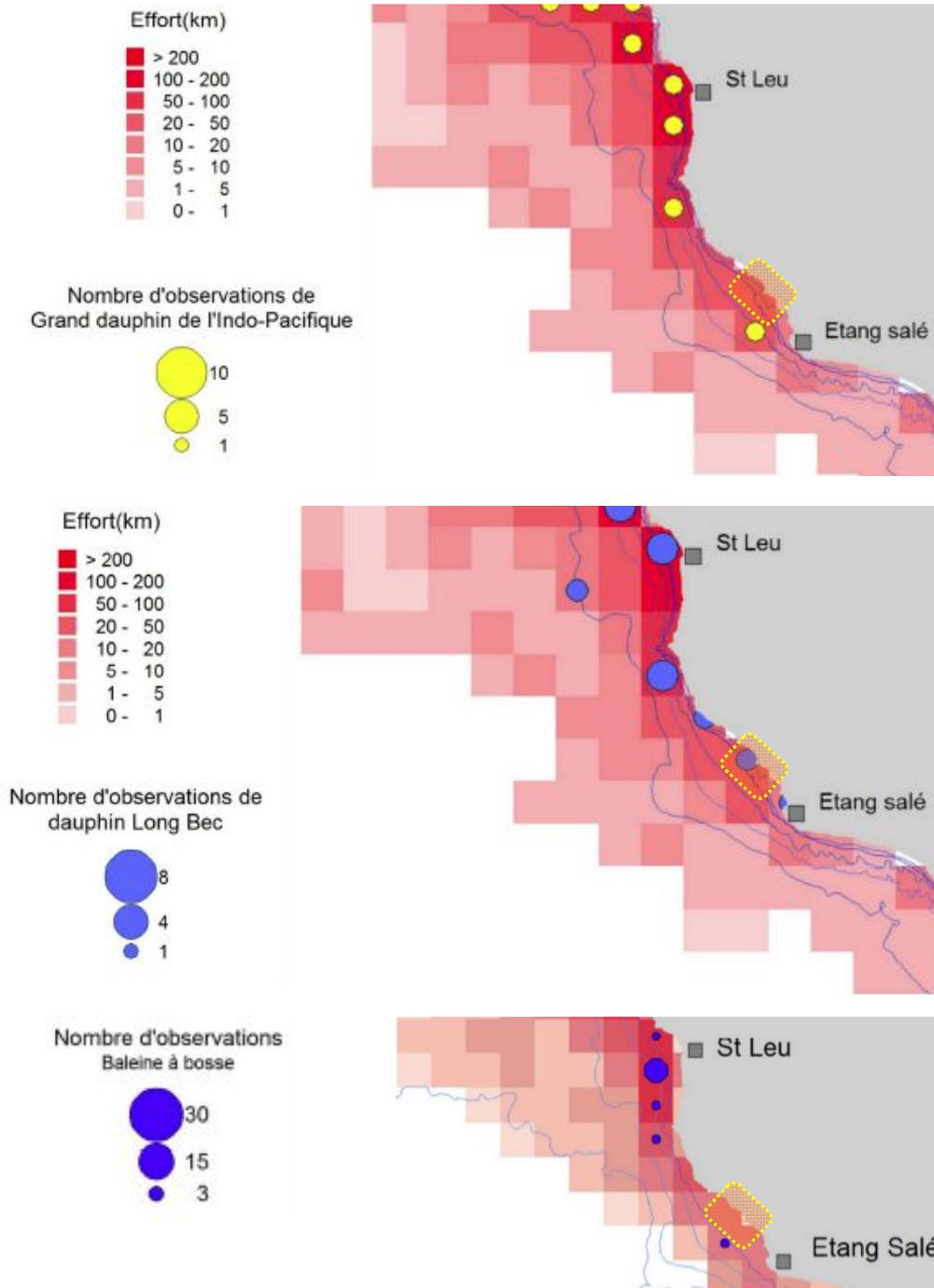


Figure 47 : observations de mammifères marins au Sud de Saint-Leu (Globice, 2012)

### Seuils de nuisances sonores

Les mammifères marins ont une gamme d'audition fonctionnelle qui va de 10 Hz à 200 kHz (les différences sont importantes entre les Mysticètes, les Pinnipèdes et les Odontocètes), avec les seuils les plus sensibles autour de 40 dB et 1  $\mu$ Pa. Ils utilisent les ondes acoustiques pour :

- Communiquer entre eux : au moyen de vocalise,
- Évaluer leur environnement : par réception des bruits ambiants,
- Détecter et positionner des proies et d'autres éléments : par émission de « clicks » d'écholocation à la manière d'un sonar actif (cette fonction semble n'exister que chez les Odontocètes).

Au cours des 25 dernières années plusieurs corrélations ont été formellement établies entre des échouages massifs de cétacés et des émissions acoustiques d'origine anthropique, principalement des exercices navals et des essais sismiques (Weilgart, 2007).

Les études scientifiques menées à ce sujet ont classé les nuisances d'origine sonore chez les cétacés en (AranMooney, 2009, Moore et al., 2013, Weilgart, 2007) :

- Nuisances physiologiques : pertes temporaire ou définitive d'audition, hémorragie, embolie, etc.
- Nuisances comportementales : changement rapide de la plongée en cours, abandon de son habitat, réduction de l'efficacité pour chasser, etc.

Les seuils de gêne sonore chez les cétacés sont très mal connus car la démarche expérimentale est complexe et rencontre des empêchements éthiques rédhibitoires (Lurton et Antoine 2007).

Les seuils de risque potentiel généralement admis aujourd'hui sont ceux utilisés par le service océanographique américain (NOAA), qui établit deux niveaux (son perçu) de harcèlement:

- Niveau A (SPL) : 180 dB ref 1  $\mu$ Pa, qui correspond au niveau de pression sonore. Au-dessus, des nuisances physiques peuvent se produire,
- Niveau B (SEL) : 160 dB ref 1  $\mu$ Pa pour le son pulsé et 120 dB pour le son non pulsé, qui correspond au niveau d'exposition sonore. Seuil pour le changement notable de comportement.

L'arrêté du 25 octobre 2013 « Portant autorisation au titre du code de l'environnement des travaux de Nouvelle Route du Littoral sur les communes de Saint-Denis et de La Possession » a établi les niveaux maximums d'exposition sonore suivants : 190 dB ref  $\mu$ 1Pa (« peak-peak ») et 160 dB ref 1  $\mu$ 1Pa2s mesurés à 750m au large de la source. Ils correspondent aux seuils recommandés par la Federal Environmental Agency allemande, notamment utilisés pour le chantier de la NRL, et qui ont été repris dans l'expertise de Biotope & Quiet Ocean en 2015 pour une étude acoustique de tirs en carrière terrestre.

Scientifiquement parlant, ces chiffres sont assez simplificateurs, et doivent seulement être considérés comme indicatifs. Suivant les émissions sonores produites, les conséquences sont différentes sur les mammifères marins, au travers :

- D'une modification comportementale,
- D'un dommage physiologique temporaire,
- D'un dommage physiologique permanent.

Le détail des seuils de tolérance des mammifères marins est présenté dans l'expertise acoustique commanditée par la SCPR à Biotope-Quiet Ocean (2015.)

#### 4.2.4.2 Les tortues marines

### Fréquentation du secteur marin au droit de la ravine du Trou

Deux espèces de tortues marines sont présentes régulièrement sur le littoral réunionnais :

- La tortue verte ou tortue franche *Cheloniemydas*,
- La tortue imbriquée *Eretmochelysimbricata*.

Les deux espèces sont concernées par l'arrêté ministériel du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection. Ces deux espèces sont également inscrites sur la liste rouge nationale et locale de l'UICN (2013), la tortue verte comme en danger, et la tortue imbriquée en danger critique. En effet, les populations de ces deux espèces sont très réduites, surtout si l'on se réfère aux textes des premiers navigateurs ayant abordé ce qui sera l'île Bourbon puis l'île de La Réunion. Un Plan National d'Actions (PNA) pour les tortues marines des territoires français du Sud Ouest de l'Océan Indien a été adopté en 2015. L'état des lieux réalisés lors de la rédaction du PNA indique que les principales menaces qui pèsent sur ces tortues sont la destruction des habitats de reproduction, la pêche accidentelle, l'impact des déchets plastique et engins de pêche fantômes. Les suivis de populations de tortues marines sur le littoral Ouest de La Réunion ont été mis en place par Kélonia depuis le début des années 2000 et met en évidence la répartition le long du littoral et son évolution au cours du temps. Il apparaît une reconstitution des populations considérées, à la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, comme « résiduelles » en raison de la rareté des individus observés. Cela se caractérise notamment par une recolonisation progressive d'habitats qui avaient été abandonnés du fait de la taille réduite des populations.

Ces suivis indiquent une fréquentation au droit de la ravine du Trou en deçà de la moyenne observée sur le littoral Ouest. Le faciès rocheux est pourtant favorable au développement des algues rouges qui constituent l'essentiel de l'alimentation des tortues vertes à La Réunion et sont également consommées par les tortues imbriquées. Cette densité modérée pourrait s'expliquer par deux facteurs principaux :

- Le fait que ces habitats n'aient pas encore été recolonisés par une population en reconstitution progressive, qui occuperait en priorité les habitats les plus favorables, avant des étales sur les autres zones moins favorables.
- L'absence de récif frangeant à proximité immédiate, ce qui réduit considérablement les espaces protégés où les tortues peuvent se reposer à l'abri de leur principal prédateur : le requintigre.

Aucune observation de tortues n'a été effectuée durant les campagnes en mer. Toutefois, la présence de ces espèces protégées ne peut être écartée.

### Seuils de nuisances sonores

Les tortues ne possèdent pas d'oreille externe. Les tortues marines se distinguent des tortues terrestres et d'eau douce par la présence d'une couche épaisse de graisse sous le tympan. Il s'agit d'une adaptation à la vie marine, et suggère qu'elle aurait un rôle similaire à la graisse présente dans la mâchoire des Odontocètes pour la canalisation des sons vers l'oreille interne. Il a été établi que leur sensibilité aux sons varie en fonction de la taille : les jeunes tortues vertes perçoivent les sons dans la gamme de 100-800 Hz alors que les spécimens de grande taille perçoivent entre 100-500 Hz.

La bibliographie sur la sensibilité des tortues marines aux nuisances sonores est très pauvre, comme celle sur le rôle des sons dans la biologie des tortues marines. Les tortues marines peuvent utiliser des sons pour communiquer, notamment les femelles en ponte. Ces sons de basse fréquence et relativement forts, laissent penser que les femelles emploient des bruits pour communiquer, sans apporter beaucoup d'information sur la façon dont elles utilisent leur environnement sonore. L'oreille des tortues marines est adaptée pour percevoir les sons sous-marins, mais est peu efficace pour les sons aériens. En outre, la présence d'air dans l'oreille moyenne leur permet de percevoir la pression sonore.

La pollution sonore peut interférer sur la recherche de proies, la reproduction, l'évitement des prédateurs et dans le cas particulier des tortues marines l'identification de sites de ponte appropriés.

Les tortues marines sont surtout sensibles aux sons a basse fréquence. Aussi la pollution sonore concernerait les sons dans la gamme de 50-1000 Hz.

L'environnement sonore dans lequel vivent les tortues marines varie selon le type d'habitats utilisés durant leur cycle biologique. Les habitats côtiers où évoluent les juvéniles et les adultes sont plus bruyants que les habitats pélagiques occupés principalement durant les premières années de la vie des tortues ou durant les phases de migration.

Des modifications du comportement peuvent apparaître suite à la perturbation de l'environnement sonore. Cependant il n'existe pas de données quantitatives démontrant l'impact de la pollution sonore sur les tortues marines. De même qu'il y a très peu de données sur les modifications de comportement, la dégradation ou la perte d'audition, et la réversibilité des lésions que pourraient provoquer des nuisances sonores.

Il est donc généralement admis que les mesures mises en place et les seuils admis pour les mammifères marins, dont la sensibilité aux nuisances sonores est avérée et bien documentée, peuvent être considérées comme adaptés pour les tortues marines.

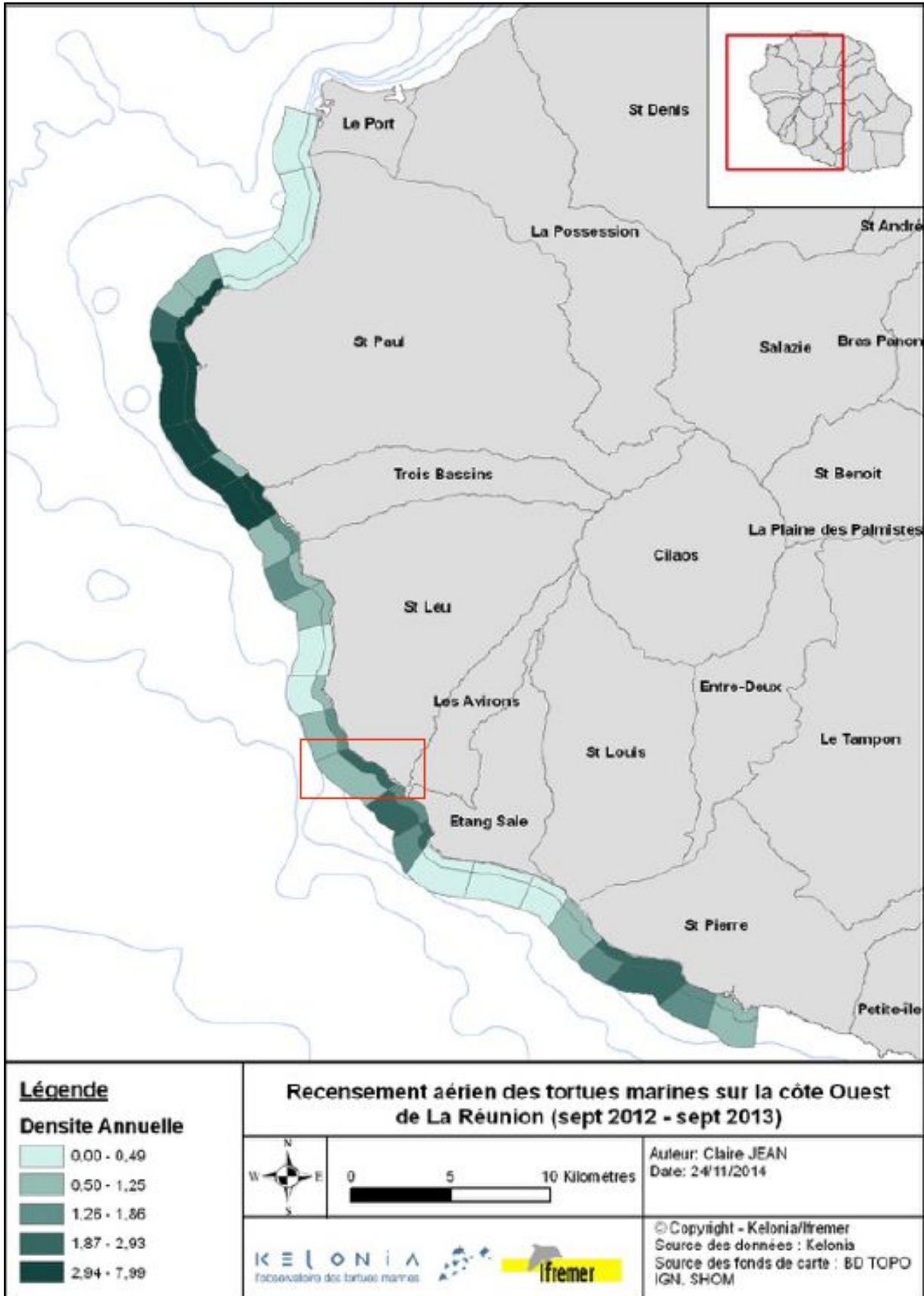


Figure 48 : observations de tortues marines à la Réunion et au droit de la ravine du Trou (Kelonia, 2012-2013)

*De ces éléments relatifs aux peuplements, il faut donc retenir les caractéristiques de peuplements suivantes :*

- **Pour les peuplements littoraux**, la richesse et la sensibilité globale des peuplements est peu élevée, et croissante en allant vers le SE du secteur d'étude. Les peuplements coralliens y sont très peu abondants, bien qu'ils l'aient été en 2005. La couverture corallienne est faible (<10%). Ceci malgré une profondeur faible (2 à 12m) et un bon renouvellement des eaux. L'incidence de la houle (remaniement périodique du substrat) et des ravines (apports d'eau douce diffus) en sont très certainement les facteurs limitant. Les peuplements de poissons sont très peu représentés, en raison probable d'une forte pression de pêche exercée depuis le bord des pointes rocheuses. Ainsi, les zones les plus riches identifiées sont celles de la pointe située au droit de Bois Blanc et la pointe des Avirons. La sédimentation est apparue quasi nulle sur l'ensemble des stations expertisées, en raison de la houle.
- **Pour les peuplements profonds**, la richesse des peuplements est sensiblement plus marquée en allant vers le NO. Les deux affleurements rocheux expertisés en amont (-25m) et en aval (-19m) de la ravine du Trou affichent une couverture corallienne modérée (<20%), mais une abondance et une diversité de poissons hétérogènes. L'incidence de la houle (remise en suspension) et la de la pression de pêche apparaissent supérieurs sur le site en aval. Ces 2 affleurements présentent une fonctionnalité écologique importante, car ils abritent de nombreuses espèces de poissons d'intérêt économique (*L. kasmira* notamment). La sédimentation est apparue faible sur les 2 stations expertisées, en raison de la houle.
- **Pour les mammifères et les tortues marines**, le secteur littoral de Bois Blanc (0-50m de profondeur) présente des caractéristiques distinctes. S'il apparaît régulièrement fréquenté par des dauphins (*Stenelle à bec long*) en raison de caractéristiques d'habitat favorables, les tortues ne semblent pas ou peu y vivre, malgré des conditions de milieu favorables au développement d'algues rouges dont elles se nourrissent.

## 4.3 LE MILIEU HUMAIN

### 4.3.1 Pressions anthropiques

L'état des lieux du SDAGE réalisé en 2013 (PARETO, 2013) fait état du fait que la masse d'eau dans laquelle se situe le projet est en bon état écologique et environnemental.

Les activités humaines sont peu nombreuses sur le bassin versant et sur le littoral Sud de Saint-Leu, et notamment sur le secteur de Bois Blanc. Ils peuvent toutefois représenter des facteurs de vulnérabilité qui sont à considérer dans le cadre du projet :

- **La ravine du Trou au NO** : d'une longueur de 16 kms, elle ne présente pas d'écoulement permanent ou souterrain (Figure 17). A la réunion, en période de crues après de forts événements pluvieux (cyclones), de gros volumes de matériel terrigène et de macrodéchets sont drainés par les ravines vers le milieu marin (et le secteur d'étude). Au niveau de la ravine du Trou, aucune donnée de débit ou de crue n'est disponible (OLE, comm. Pers). Ses apports restent à priori ponctuels et peu importants (précipitations <1m/an, Météo France) et ne constituent donc pas une source chronique de perturbation sensible des eaux en mer. Compte tenu de leur taille, les 3 autres ravines au centre du secteur (pas d'écoulement) n'ont pas été considérées dans les apports de matériels ou contaminants d'origine anthropique en mer.
- **L'incidence de la ravine des Aviron au SE** : hors période de crue, un certain volume de matériel terrigène peut être drainé (non connu, OLE, comm. pers) vers le milieu marin (et le secteur d'étude) par les écoulements souterrains décrits plus haut (Figure 17). Des MES, des polluants divers (agricoles et urbains) et un enrichissement organique/minéral peuvent ainsi ponctuellement affecter le secteur d'étude. Bien que non observés durant l'étude, il est largement reconnu qu'ils peuvent, notamment en période de crues (pluies, cyclones), générer ponctuellement de très fortes turbidités, avec des visibilité en mer inférieures à 2m.
- **Les eaux usées de Bois Blanc** : les habitations du lieu-dit « Bois Blanc » ne sont pas raccordées au tout à l'égout. Toutefois, compte tenu du faible nombre d'habitations, le risque de dégradation sanitaire en mer semble par conséquent et hors événement accidentel, limité.
- **La STEU de Saint-Leu** est située à plus de 2 kms en aval du secteur d'étude. Compte tenu de courants dominants orientés vers le NO, ses rejets en mer ne concernent donc pas directement le projet.

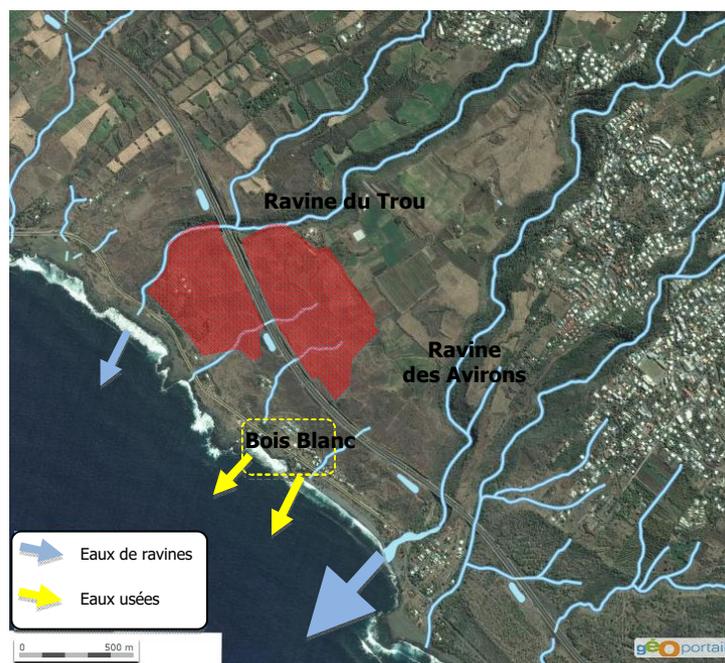


Figure 49 : principales pressions anthropiques liées à la qualité des eaux

### 4.3.2 Usages & activités

Les différents usages et activités en mer sur le secteur d'étude ont été pris en considération afin d'évaluer d'éventuels conflits d'usage avec le porteur de projet.

Rappelons que le site pressenti pour l'implantation de la carrière correspond à une zone de ravine accidentée sans accès direct au plan d'eau marin, en lien avec (i) la présence de falaises ou de plages, (ii) une forte exposition à la houle et du vent tout au long de l'année. Il présente donc à priori un faible potentiel pour l'aménagement de structures et d'activités touristiques/balnéaires ou économique, hormis la pêche.

L'analyse des différents usages et activités en mer du secteur a donc été réalisée sur un linéaire côtier d'environ 1 MN, compte tenu de la fréquentation des plages sur la zone d'étude. En mer, il apparaît que seuls les pêcheurs de cette zone (professionnels et plaisanciers) et des plongeurs soient susceptibles de se rendre sur secteur d'étude et d'interagir avec le projet.

Les principaux usages et activités identifiés dans la zone sont les suivants :

- **Pêche professionnelle et de plaisance** : la pêche artisanale (canne) est pratiquée depuis le bord, au niveau des pointes des Avirons et de Bois Blanc, ou en mer (palangre) à bord de petites embarcations venant essentiellement de l'Etang Salé (comm. pers). Les espèces ciblées sont principalement des espèces démersales et des grands pélagiques :

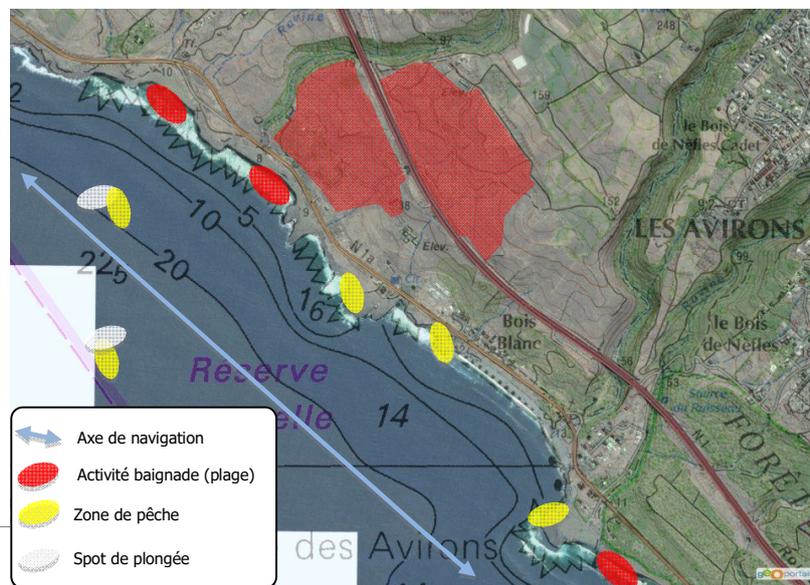
A partir du bord : pêche cavale,

De 25 à 40m (affleurements profonds) : cardinal, beauclair, rougette, capitaine, ti jaune.

Cette pêche est principalement de plaisance, bien que les plaisanciers puissent tirer une source de revenus de la vente de leurs captures (BCEOM, ARVAM, PARETO, 2005).

Le CRPMEM a été contacté à plusieurs reprises, sans succès, pour la réalisation d'une étude précise des activités de pêche professionnelle sur le secteur.

- **Baignade** : sur les plages situées au NO du secteur.
- **Activités nautiques** : aucune base nautique n'est présente. Les activités les plus proches sont le surf et le body-board, pratiquées régulièrement par un groupe d'habitues sur le spot d'Etang-Salé, au droit du bassin Pirogue, environ 2,5 km au Sud du secteur d'étude. Les activités de voile légère et de canoë kayak en mer se pratiquent sporadiquement.
- **Plongée** : elle est pratiquée en bouteille et en apnée sur les 2 affleurements rocheux au NO du secteur. Ces derniers ont fait l'objet d'expertises précises (voir plus haut).



300 m

*Figure 50 : principaux usages et activités recensés*

### 4.3.3 L'aléa requin

L'aléa requin lié à un projet est inhérent aux types d'activités pratiquées sur le secteur concerné.

Sur le secteur d'étude, les activités de baignade ou de plongée décrites dans le paragraphe précédent sont susceptibles de présenter un risque (baignade, chasse, apnée). A noter toutefois que les activités de baignade et de plongée en apnée sont interdites par arrêté préfectoral dans la bande des 0-50m hors zone lagonaire, ce qui est le cas sur le secteur d'étude.

Dans le cadre du projet, aucune installation ou rejet chronique en mer n'est prévu. Il n'existe donc pas de risque supplémentaire attendu lié au projet, ni en phase d'aménagement ni en phase travaux.

La balise installée au droit de la ravine des Avirons dans le cadre du programme CAPREQUINS 2 indique le passage régulier de requins marqués sur la zone d'étude. Une attaque mortelle a d'ailleurs eu lieu début 2015 au droit de la ravine Mulla, environ 1,5 km au Sud du secteur d'étude. L'aléa requin semble s'être aggravé à la Réunion depuis 1990, ce qui pourrait s'expliquer par un manque accru de nourriture et des effets anthropiques (DCP, pêche professionnelle, rejet d'eaux usées, de déchets) ou naturels (migrations, saisons, courantologie, etc.) (Lerceteau, 2007).

### 4.3.4 Contexte réglementaire

D'un point de vue statutaire, l'espace littoral terrestre directement concerné par le projet est majoritairement caractérisé par la vocation de coupure d'urbanisation et d'espace de continuité écologique, à l'exception de sa frange littorale, classée **espace naturel remarquable du littoral à préserver** (Région Réunion, 2009). Les aménagements réalisés sur cet espace doivent donc répondre aux conditions d'implantation définies par le Schéma d'Aménagement Régional (SAR-SMVM).

Le milieu marin côtier de la zone d'étude est également défini comme **zonesensible** au titre de la loi sur l'eau n°92-3 du 03/01/1992 et comme **espaceremarquabledulittoral** (Le Berre, Louze et David, 2012).

L'ensemble du secteur marin se situe dans le Domain Public Maritime qui s'étend jusqu'à 12 MN du rivage. Aucun aménagement « fixe » ou « immersion » dans cette zone n'étant envisagé dans le cadre du projet, il ne sera donc pas nécessaire de faire des demandes d'autorisation d'occupation du DPM et/ou d'immersion auprès des services compétents (DSMOI).

**Concernant les zones naturelles**, 2 niveaux réglementaires doivent être considérés :

- La Réserve Naturelle Marine de la Réunion (RNMR) intègre les complexes récifaux de Saint-Leu (au Nord) et de l'Etang Salé (au Sud). Bien qu'aucun système récifal ne soit présent sur le secteur d'étude, ce dernier est entièrement inclus dans le périmètre de la réserve marine. Le statut de protection y correspond au niveau 1, le moins contraignant. Aucun aménagement en mer n'étant prévu, le projet n'est pas concerné par ce type de restrictions. Toutefois, ce statut de protection inclus l'interdiction de perturbations sonores. Ce facteur sera à intégrer, compte tenu des tirs d'explosifs en phase d'exploitation de la carrière, dont les ondes se propageront vers le milieu marin.
- Aucun projet de classement en Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type I ou II n'existe sur le milieu marin (PARETO, 2014)

**Concernant la valeur patrimoniale des peuplements marins**, 3 principales catégories faunistique et floristique présentent un intérêt reconnu :

- Les coraux durs constructeurs (Scléactiniaires),
- Les invertébrés (gorgones, coquillages, crustacés),
- Les poissons (notamment les carnivores de haut rang).

Certaines espèces présentes sur le secteur, notamment de coraux durs caractérisés par un risque de disparition plus ou moins important (genre *Acropora*), sont par ailleurs inscrites sur la liste rouge internationale de l'IUCN. Sur cette liste, un degré de risque attribué à chaque espèce en fonction de son évolution (augmentation à risque d'extinction).

Concernant la protection des peuplements marins, 2 catégories faunistiques font l'objet d'une interdiction totale de prélèvement (mort ou vivant) par arrêtés ministériel et préfectoral :

- Les coraux durs constructeurs (Scléactiniaires),
- Les invertébrés (gorgones, coquillages).

*Textes de référence : arrêté préf.1742 du 15/07/2008.*

**Concernant la commercialisation des peuplements marins**, 4 catégories faunistiques font l'objet d'une réglementation par convention internationale :

- Les coraux durs constructeurs (Scléactiniaires),
- Les holothuries,
- Les coquillages,
- Les tortues.

*Textes de référence : conventions CITES (annexe II), de Bonn, Nairobi, Berne, et Carthagène.*

**Concernant la pêche de loisir**, les conditions d'exercice sont régies par les arrêtés 748 du 30 mars 2010 et 3122 du 30 décembre 2010, modifiant l'arrêté 1743 du 15 juillet 2008.



*Figure 51 : pêche artisanale sur la Pointe des Avirons (Pareto, 2015)*

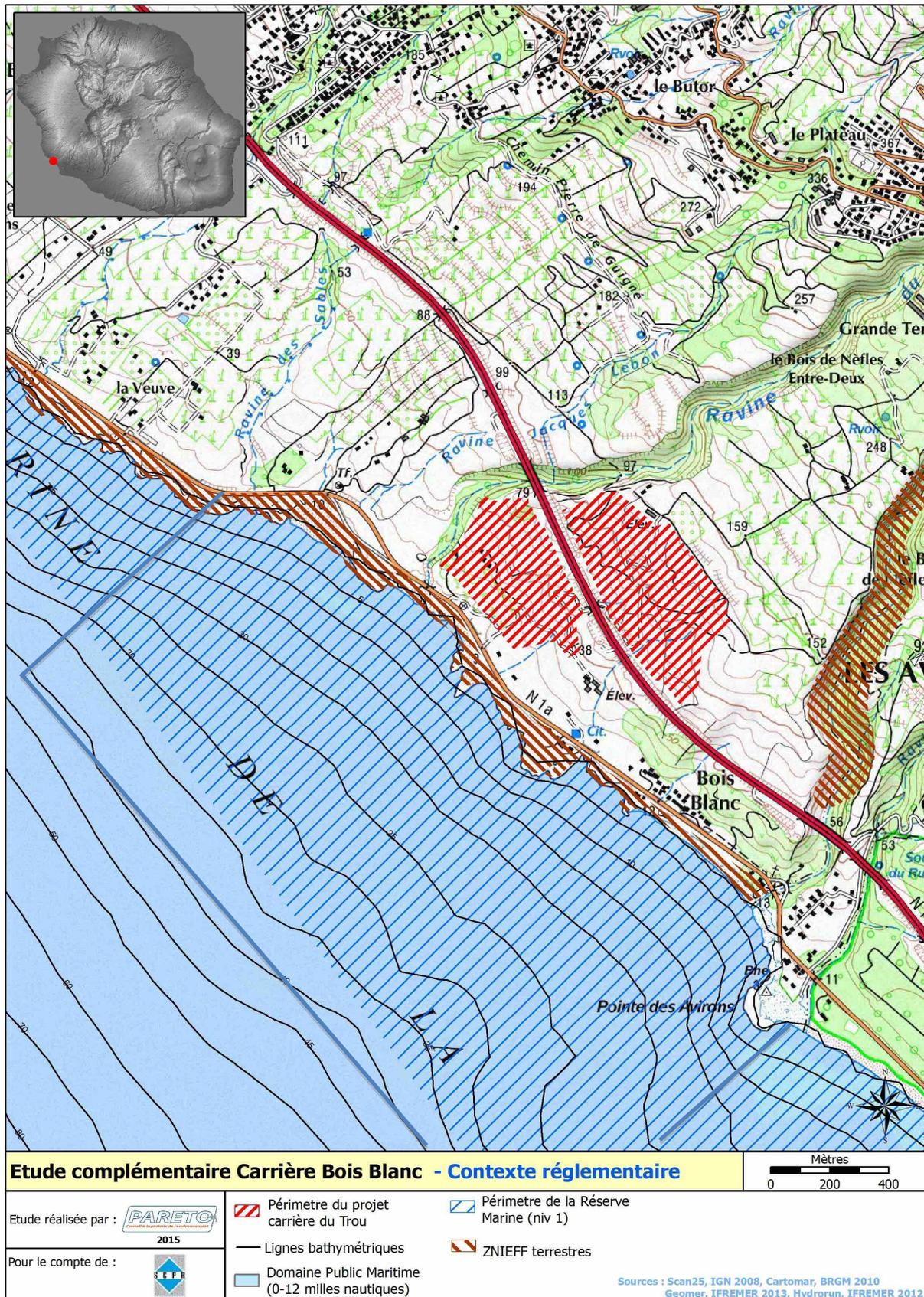


Figure 52 : contexte réglementaire

## 4.4 SENSIBILITE ECOLOGIQUE &SYNTHESE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

### 4.4.1 Sensibilité écologique

**De manière générale**, l'analyse de la sensibilité écologique des fonds marins prend en compte différents facteurs relatifs aux caractéristiques intrinsèques des 3 compartiments constitutifs du milieu (Tableau 14) et des facteurs relatifs à leur vulnérabilité et à la réglementation :

- La nature du substrat (récifal, sableux, vaseux, ...),
- La qualité des eaux (charge particulaire, qualité sanitaire, pollutions),
- Les caractéristiques biologiques (richesse, abondance, état de santé et sensibilité des peuplements, et leur potentiel de développement dans le contexte environnemental, ...),
- La fonctionnalité écologique & la valeur patrimoniale de l'habitat,
- L'exposition aux facteurs hydrodynamiques (courantologie, houle, ...),
- L'exposition aux facteurs sédimentaires (transit sédimentaire, zones d'accumulation, zones d'érosion, ...),
- La réglementation environnementale et le niveau de protection.

Sur la base de cette analyse multifactorielle, on retient ainsi généralement que :

**Sensibilité écologique = sensibilité peuplements/habitats + contexte environnemental/vulnérabilité + réglementation/protection**

Sur la base des éléments acquis précédemment concernant ces différents facteurs, il a été attribué à chaque biocénose un niveau de sensibilité écologique : sensibilité faible à forte. Le niveau de sensibilité global prend en compte la hiérarchisation suivante caractérisant les paramètres de chaque compartiment constitutif du milieu et de son potentiel de développement (Tableau 14).

Cette classification met en évidence les zones les plus sensibles d'un point de vue écologique nécessitant d'être préservées. Les zones les plus sensibles, qui présentent les enjeux écologiques majeurs, devront par la suite faire l'objet d'une attention particulière.

Tableau 14 : hiérarchisation de la sensibilité écologique pour les compartiments constitutifs du milieu

Compartiment	Paramètre naturel	Qualification	Sensibilité
EAU	Caract. physiques	Mauvaises Moyennes Bonnes	Faible Moyenne Elevée
	Charge particulaire	Forte Moyenne Faible	Faible Moyenne Elevée
	Enrichissement	Fort Moyen Faible	Faible Moyenne Elevée
	Dégrad. sanitaire/Pollution	Forte Moyenne Faible	Faible Moyenne Elevée
	Exposition hydrodynamique	Forte Moyenne Faible	Faible Moyenne Elevée
SUBSTRAT	Type	Meuble Galets/Blocs Dur/Récifal	Faible Moyenne Elevée
	Cohésion	Faible Moyenne Forte	Faible Moyenne Elevée
PEUPELEMENTS	Type	Faune sédimentaire Algueraies Herbiers/Coraux	Faible Moyenne Elevée
	Richesse/Abondance	Faible Moyenne Elevée	Faible Moyenne Elevée
	Etat de santé	Mauvais Moyen Bon	Faible Moyenne Elevée
POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT	Faible Moyen Important		Faible Moyenne Elevée

**Sur le secteur d'étude**, caractérisé par de grandes surfaces sableuses sans peuplements, la sensibilité écologique présente globalement un gradient positif :

- Du SE vers le NO si l'on considère les zones profondes,
- Et inversement si l'on considère les zones littorales peu profondes.

Cette hiérarchisation résulte respectivement de la surface croissante de zones d'affleurements rocheux en allant vers le NO, et de la présence de pointes rocheuses de plus grande taille et moins exposées à la houle en allant vers le SE (sur leurs façades Nord notamment, plus protégées des houles australes).

Sur la base de l'analyse multifactorielle présentée plus haut, il est donc possible de retenir le classement suivant :

**Zones de sensibilité écologique très faible** : elles correspondent aux habitats à la fois marqués par un substrat sableux, interdisant tout développement de faune fixée, et une forte exposition à la houle et aux courants :

- Plaine sédimentaire sableuse comprise entre 2 et 40m de profondeur (et plus).

**Zones de sensibilité écologique faible** : elles correspondent aux habitats littoraux caractérisés par un substrat dur peu profond et hétérogène (blocs et galets), fortement soumis à l'incidence de la houle et à la remise en suspension sédimentaire. Le développement des peuplements coralliens y est très faible en raison de ces conditions très contraignantes.

- Zones à mégablocs basaltiques en pied de falaise rocheuse (2 à 5m de profondeur) situées au niveau des pointes rocheuses des Avirons, de Bois Blanc et de la ravine du Trou,
- Zones à galets de rivière situées au droit de la plage de Bois Blanc.

**Zones de sensibilité écologique moyenne** : elles correspondent aux habitats littoraux caractérisés par un substrat rocheux plus profond et homogène (pointes et tombants rocheux), moins fortement soumis à l'incidence de la houle en raison d'une profondeur légèrement plus importante (6 à 12m). Le développement des peuplements coralliens y est plus marqué (10 à 15%), avec des espèces adaptées aux conditions hydrodynamiques contraignantes, et des communautés de poissons (souvent juvéniles) qui y trouvent abri et nourriture. Ces zones font l'objet d'une pression de pêche importante depuis le bord (pêche artisanale de loisir).

- Pointes rocheuses basaltiques des Avirons, de Bois Blanc et de la ravine du Trou,
- Petits tombants et mégablocs marquant les bordures de ces pointes.

**Zones de sensibilité écologique forte** : elles correspondent aux affleurements rocheux profonds (20m et plus) situés au droit de la ravine du Trou et plus au Nord au droit de la ravine des Sables, moins soumis à l'action de la houle. Malgré une remise en suspension sédimentaire périodique, ces plateaux rocheux surélevés par rapport au substrat sableux d'environ 2 à 3m, offre des conditions de développement intéressantes aux peuplements coralliens. La couverture corallienne y dépasse localement 20 à 30%, bien que les espèces présentes soient peu diversifiées et caractéristiques de milieux fortement agités. Les peuplements de poissons y sont localement assez abondants, avec notamment certaines espèces d'intérêt économiques fortement prisées. On y observe ainsi une forte pression de pêche (palangre et chasse sous-marine). Ces zones constituent des aires de transit pour certaines espèces qui migrent vers le large dans leur stade adulte. Elles présentent ainsi un intérêt fort en terme de fonctionnalité écologique, bien que d'une sensibilité relative par rapport aux constructions récifales proches situées à Saint-Leu et à l'Etang Salé.

- Affleurements basaltiques profonds situés au droit de la ravine du Trou,
- Affleurement basaltique profond situé au droit de la ravine des Sables, plus au NE.

En l'absence de formations récifales coralliennes bioconstruites sur le secteur, aucune zone n'a été classée en sensibilité très forte.

Les résultats obtenus sont synthétisés sur une carte thématique « sensibilité écologique » (Figure 53).

**La sensibilité du littoral aux pollutions accidentelles** a été définie par la DEAL et l'IFREMER à l'échelle de l'île selon 3 types d'indices (Le Berre, Louze et David, 2012) :

- La sensibilité morpho-sédimentaire (indice EnvironmentalSensibilityIndex de 1 à 8),
- La sensibilité écologique (indice de 1 à 6),
- La sensibilité socio-économique (nombre d'activités côtières).

Sur le secteur d'étude, la sensibilité morpho-sédimentaire est globalement peu sensible (ESI.1), le sable basaltique et l'hydrodynamisme limitant l'accumulation de polluants, à l'exception de :

- L'embouchure de la ravine du Trou : sensibilité moyenne (ESI.3),
- L'embouchure de la ravine des Avirons : sensibilité forte (ESI. 6).

La sensibilité écologique est définie comme forte (4/6), tandis que la sensibilité socio-économique est assez forte (présence de 5 à 7 types d'activités côtières).

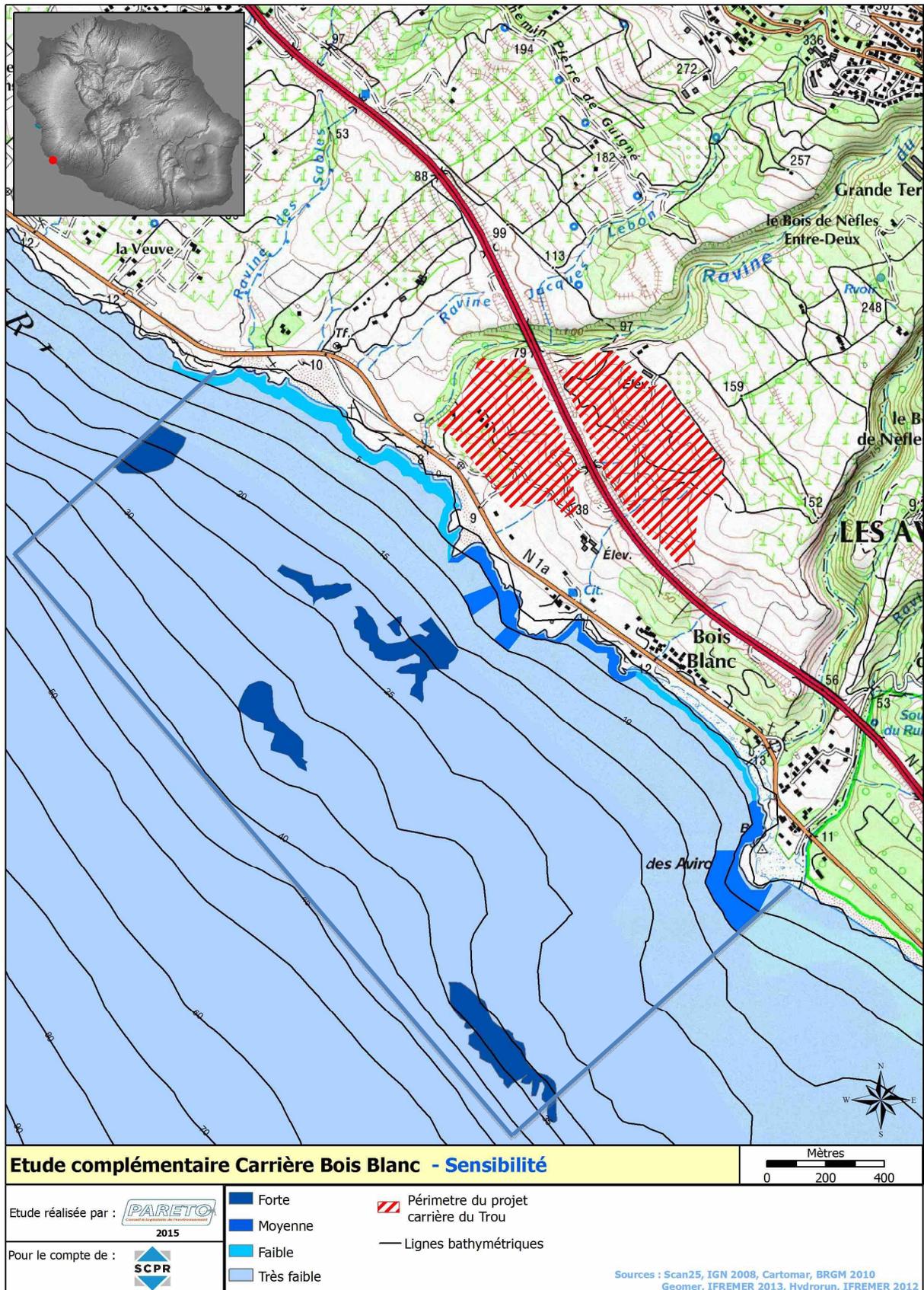


Figure 53 : sensibilité écologique sur le secteur d'étude

#### 4.4.2 Synthèse des enjeux environnementaux

Le diagnostic écologique du milieu marin est synthétisé dans le tableau des enjeux ci-dessous.

*Tableau 15 : synthèse des enjeux environnementaux*

Thèmes	Synthèse	Enjeu
<b>MILIEU PHYSIQUE</b>		
<b>Bathymétrie</b>	Le secteur littoral du Sud de Saint-Leu est caractérisé par un plateau sableux littoral étroit et une faible déclivité qui s'accroît en allant vers le Nord-Ouest. Le prolongement en mer des ravines du Trou et des Avironses est marqué par des affleurements rocheux qui constituent des axes de transit préférentiels de la côte vers le large.	<b>Faible</b>
<b>Géomorphologie</b>	Les fonds du littoral Sud de Saint-Leu peuvent être répartis selon 2 tranches bathymétriques : - Entre 0 et 10 m : plaine sableuse et pointes rocheuses plateau rocheux en pente d'environ 10%, en continuité des falaises. Zone sans cesse remaniée par la houle, avec peuplements coralliens sur le substrat dur basaltique. - Entre 10 et 40 m : fonds de type sédimentaire sableux avec une fraction grossière (sable volcanique à mixte) périodiquement remaniée. Présence d'affleurements rocheux à partir de 20 m, localement bien colonisés par des espèces adaptées.	<b>Faible</b>
<b>Vent</b>	Les vents dominants sont les alizés, de secteur Est Sud-Est (jour) à Est Nord-Est (nuit), d'intensité variant respectivement de 15 m/s (jour) à 5 m/s (nuit). Ils induisent des courants en surface et jusqu'à 20 m de profondeur dès que les alizés soufflent plus de 3 jours consécutifs, d'une vitesse de 3 % (en profondeur) à 6 % (en surface) de celle du vent.	<b>Faible</b>
<b>Houle</b>	3 types de houles : - Houle dominante induite par les vents d'alizés, orientée Est Sud-Est à Sud-Est, de faible hauteur sur le secteur (< 2 m) ; - Houle australe en hiver, de hauteur importante (> 4 m) et impactant la colonne d'eau sur 20 m environ ; - Houle cyclonique, d'orientation très variable et chaotique, de hauteur pouvant dépasser 10 m et affectant les fonds jusqu'à - 40 m.	<b>Modéré</b>
<b>Courant</b>	Entre 0 et 25 mètres de profondeur, hors contexte cyclonique, la courantologie locale est principalement influencée par le vent et la marée. Les conditions de houle ne semblent pas avoir d'influence majeure sur la direction, mais accentuent les vitesses. Les vents d'alizés ont un effet accélérateur sur les courants orientés vers le NO (courant de jusant). Le secteur ne présente pas de stratification : les directions de courant observées sont globalement identiques sur toute la colonne d'eau. 2 composantes directionnelles principales et en alternance sont observées avec la marée, parallèlement à la côte : la direction dominante porte le Nord-Ouest au jusant, la seconde vers le Sud-Est au flot. Les vitesses sont globalement faibles, comprises entre 0,1 et 0,25 m/s. Les vitesses en surface sont 2 fois supérieures à celles observées au fond. Sur la base de ces éléments partiels, le schéma courantologique sur du littoral de Bois Blanc laisse à penser que <b>les rejets littoraux seraient transportés parallèlement à la côte, et préférentiellement vers le Nord-Ouest.</b>	<b>Modéré</b>
<b>MILIEU NATUREL</b>		
<b>Physico-chimie des eaux</b>	Sur le littoral Sud de Saint-Leu, les eaux littorales (0-400m de la côte) et peu profonde (0-30m) présentent une bonne qualité. Les charges particulières et minérales sont faibles, mais 2 fois plus élevées qu'au large en raison du bruit de fond lié à la houle (remise en suspension) et aux percolations souterraines de la ravine des Avironses. Des apports sous-marins naturels ont été mis en évidence au niveau de la ravin du Trou (teneurs en Silicate 5 fois plus élevées qu'au large) Aucune contamination par hydrocarbures n'a été mise en évidence.	<b>Faible</b>

<b>Sédiments</b>	<p>Les sédiments entre 4 et 25m de profondeur sont caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nature : sable basaltique mixte (avec débris coquilliers) grossier à moyen. La taille des grains de sable diminue avec la profondeur (sable très fin), mais la proportion de vase y reste très faible (&lt;1%) ;</li> <li>- Une faible compacité, favorable à un remaniement et un lessivage fréquent ;</li> <li>- Un faible enrichissement organique, et minéral (N et P) ;</li> <li>- Une absence de contamination en hydrocarbures.</li> </ul> <p>Ces résultats indiquent, malgré l'existence d'écoulement souterrains (et de surface de manière périodique lors de crues) d'une absence d'accumulation de particules terrigènes (MES) ou de contaminants, drainés depuis le bassin versant.</p>	<b>Faible</b>
<b>Peuplements littoraux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peuplements coralliens peu abondants (&lt;10%) se développant sur des pointes rocheuses et petits tombants peu profonds. Sensibilité faible à moyenne, croissante en allant vers le SE ;</li> <li>- Peuplements de poissons peu abondants et peu diversifiés, en raison des conditions de milieu contraignantes et d'une forte pression de pêche artisanale ;</li> <li>- Incidence marquée des ravines par percolations sous-marines d'eau douce et remise en suspension sédimentaire par la houle.</li> </ul>	<b>Modéré</b>
<b>Peuplements profonds</b>	<p>La présence d'affleurements rocheux dès -20 m de profondeur, sur les pentes sédimentaires au droit de la ravine du Trou et de la ravine des Sables, représente un enjeu écologique important (corridors écologiques, faune corallienne et ichtyologique importante et de sensibilité forte).</p> <p>L'abondance et la sensibilité des peuplements sont croissantes en allant vers le NO. La couverture corallienne est localement supérieure à 20%. La pression de pêche y est également marquée, en lien avec la présence d'espèces d'intérêt économique.</p> <p>La sédimentation est apparue faible, malgré une forte incidence de la remise en suspension du sable par la houle.</p>	<b>Fort</b>
<b>Mammifères marins</b>	Observations de dauphins ( <i>Stenella longirostris</i> ) et potentiellement de baleines à bosse ( <i>Megaptera novaeangliae</i> ), sur le secteur d'étude, plus présence potentielle des autres espèces de cétacés présentes à la Réunion.	<b>Fort</b>
<b>Tortues marines</b>	Présence de zones de ponte potentielles, mais pas d'observations de tortues marines sur le secteur d'étude. Toutefois, on note la présence éventuelle de zones d'alimentation (algueraies) et /ou de repos.	<b>Faible</b>
<b>MILIEU HUMAIN</b>		
<b>Pressions anthropiques</b>	Plusieurs ravines susceptibles de drainer en mer différents polluants issus du bassin versant, malgré l'absence d'écoulement de surface permanent. Mais ceci de manière périodique, en période de crues. Des percolations sous-marines ont été mises en évidence. Les zones urbaines proches sont très limitées (Bois Blanc) et non raccordées à l'assainissement collectif.	<b>Modéré</b>
<b>Usages, activités</b>	Secteur peu fréquenté et absence de risque majeur de conflit en phase d'exploitation, en raison de l'absence d'aménagements en mer ou de rejets chroniques liés au projet. La baignade, la plongée (bouteille et chasse) et la pêche sont les principales activités recensées.	<b>Faible</b>
<b>Aléa requins</b>	Absence d'activité à risque, et absence d'effet concentrateur ou attracteur en lien avec l'absence d'aménagements ou de rejets chroniques en mer.	<b>Faible</b>
<b>Réglementation</b>	<p>Pas de nécessité de demande d'autorisation d'occupation temporaire du DPM en raison de l'absence d'aménagements ou de rejets chroniques en mer.</p> <p>Le secteur maritime fait partie(i) du DPM et (ii) de la réserve naturelle marine. Il est soumis à son niveau de protection le plus bas (niv. 1) comprenant l'interdiction de perturbations sonores. En raison des tirs d'explosifs à terre et du risque de propagation des ondes en mer, ce facteur devra être pris en considération.</p> <p>Certaines espèces (coraux et mammifères) présentent un intérêt patrimonial fort et sont soumises à des restriction/interdictions de prélèvement.</p>	<b>Fort</b>

### 4.4.3 Zones d'enjeux prioritaires

Dans un premier temps, les enjeux environnementaux liés aux milieux naturels et aux différentes espèces observées ont fait l'objet d'une bioévaluation. Les enjeux environnementaux correspondent à la valeur prise par les zones naturelles existantes sur le site d'étude au vu de :

- La sensibilité écologique (caractéristiques naturelles intrinsèques),
- Les aspects réglementaires et patrimoniaux (espèces protégées),
- Le statut national de menace (liste rouge régionale, liste rouge IUCN),
- Le statut local des espèces ou des habitats rencontrés qui peuvent présenter un intérêt majeur sur le plan local, voire régional, sans nécessairement bénéficier d'un statut de protection réglementaire,
- La fonctionnalité des milieux présents au sein de la zone d'étude : le niveau de vulnérabilité des populations dépend d'un ensemble de facteurs spécifiques, liés à leurs exigences écologiques mais aussi à des paramètres de dynamique de population (fragmentation des habitats, échanges entre populations, ...),
- La sensibilité vis à vis du projet, en effet toutes les espèces et les habitats ne présentent pas la même sensibilité vis à vis du projet. Nous présentons les facteurs de risques pour les biotopes et les espèces qui les occupent.

L'objectif est donc de croiser les éléments techniques du projet pressenti avec les contraintes environnementales. Il ne s'agit pas là d'évaluer les impacts du projet, mais d'appréhender son intégration globale dans le milieu naturel au regard des caractéristiques de sensibilité et de vulnérabilité du milieu décrites précédemment. Le but étant de mettre en relief les zones naturelles devant faire l'objet d'une considération et d'une prise en compte prioritaires dans les choix/scénarii d'aménagements envisagés, afin d'identifier le « mieux intégrable » dans l'environnement.

Ce travail constitue l'état zéro ou état de référence de l'environnement naturel au sein de la zone d'influence du projet. La représentation cartographique de cette bioévaluation a permis de dégager au sein de la zone d'influence du projet :

- **Des zones à enjeux forts** (espèces/habitats sensibles, forte valeur patrimoniale et non menacés) :  
**Les affleurements basaltiques situés au NO du secteur au droit de la ravine du Trou et de la ravine des Sables (>20 m de profondeur)** : malgré une couverture corallienne moyenne (20-30%), ces substrats durs ont un rôle important dans le maintien des corridors écologiques. Les expertises en plongée sur ces zones ont confirmé cette fonctionnalité écologique majeure, considérée comme majeure à la Réunion pour le renouvellement des stocks ichthyologiques.
- **Les zones à enjeux modérés** (espèces/habitats moyennement sensibles, à forte valeur patrimoniale) :  
**Les pointes rocheuses des Avirons, de Bois Blanc et de la ravine du Trou (2 à 6 m)** : malgré une couverture corallienne décroissante depuis 2005, ces zones offrent des zones d'alimentation et d'abri pour certaines espèces. Elles présentent à ce titre une potentialité écologique réelle, notamment en terme d'habitat. Cela leur confère une valeur patrimoniale moyenne, avec des retombées importantes sur les activités de pêche.  
**Les petits tombants et mégablocs situés en bordure des pointes (6 à 12 m)** : dans la continuité des pointes citées précédemment, ces zones présentent également une fonctionnalité écologique réelle, leur conférant un intérêt patrimonial réel sur un secteur dominé par des fonds sédimentaires pauvres.
- **Les zones à enjeux faibles** (espèces/habitats peu sensibles, à faible valeur patrimoniale) :  
**Les mégablocs situés au droit de la pointe du Trou (2 à 5 m)** : à l'inverse des zones précédentes, ces zones très battues et non colonisées ne présentent pas de fonctionnalité écologique réelle, leur conférant un intérêt patrimonial faible.

**Le cordon littoral à Galets de Bois Blanc (0 à 2 m) :** les cordons à galets basaltiques constituent généralement un habitat transitoire pour certains juvéniles de poissons. Sur la plage située au droit de Bois Blanc, cette fonctionnalité n'a pas été mise en évidence, lui conférant une valeur patrimoniale faible.

- **Les zones sans enjeux** (espèces/habitats peu sensibles) :

**La plaine sédimentaire sableuse (5 à 50m et plus) :** ce faciès est marqué par l'absence de peuplements fixés ou inféodés au substrat. Son intérêt écologique et sa valeur patrimoniale sont faibles. Plus en profondeur (zones non expertisées car très éloignées du projet) la teneur croissante en fines (<63µm) peut être favorable au développement de la faune endogée. Cette dernière présente toutefois un intérêt patrimonial très relatif lié à sa faible sensibilité.

Les enjeux environnementaux sont synthétisés sur une carte thématique « enjeux environnementaux » (Figure 55).



Figure 54 : vues panoramiques du secteur d'étude depuis la mer (Pareto, 2015)

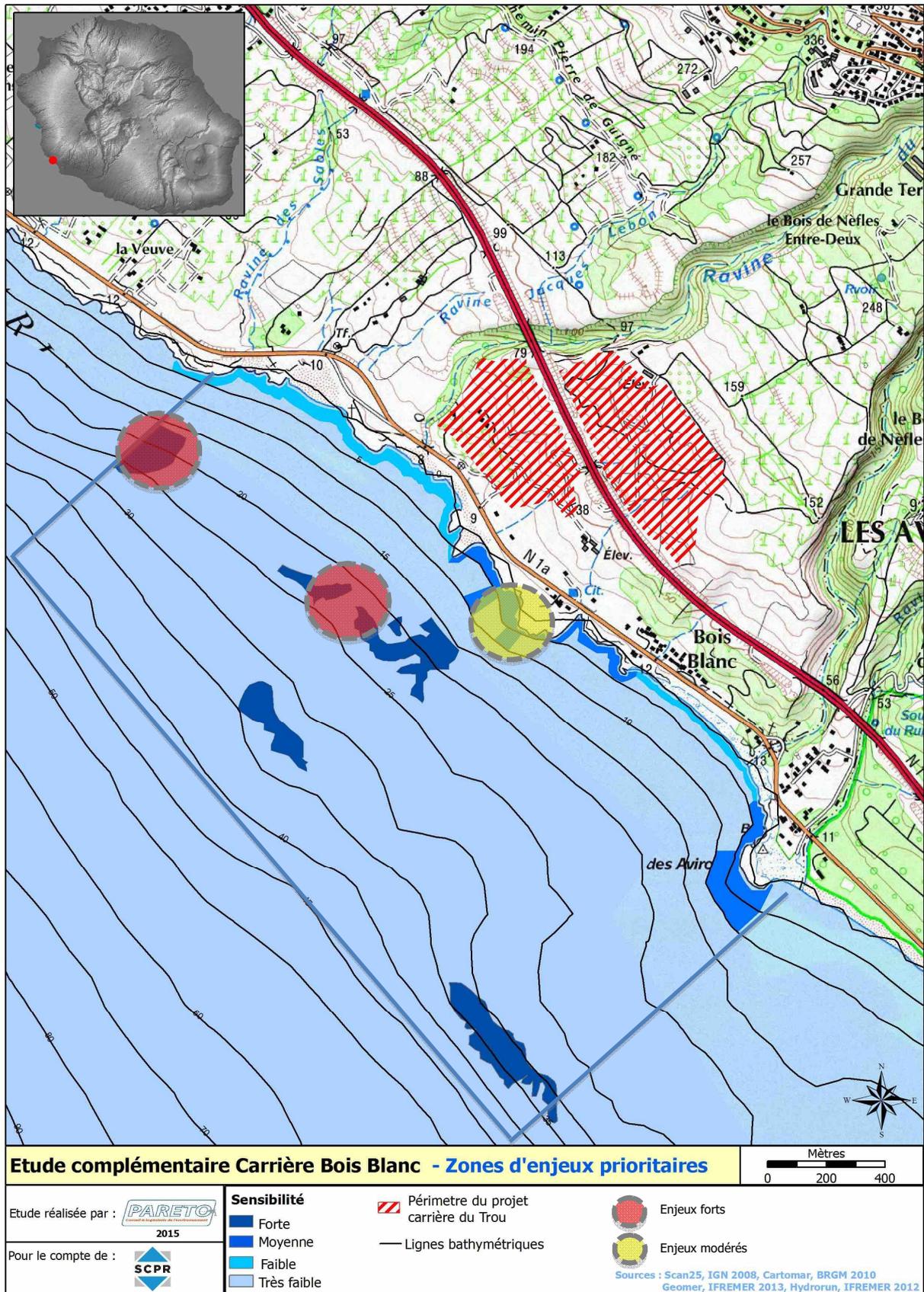


Figure 55 : zones d'enjeu prioritaires (forts et moyens)

## 5 LE PROJET

### 5.1 DESCRIPTION GENERALE

Le projet de carrière de Bois Blanc s'inscrit dans le cadre exclusif du chantier de la Nouvelle Route du Littoral. Cette carrière de roche massive sera créée sur une surface en extraction d'environ 17,4 hectares répartie en deux fosses d'extraction situées en amont et en aval de la Route des Tamarins.

Elle doit permettre la production totale d'environ 9,3 millions de tonnes d'enrochements sur une durée d'exploitation de 4,5 ans. Le gisement de roches massives est composé de coulées basaltiques plurimétriques en place avec des interfaces scoriacées.

L'extraction se fait à ciel ouvert. Le gisement est exploité en fouille sèche jusqu'à une cote minimale à 5 m NGR pour la fosse d'extraction en aval de la Route des Tamarins et jusqu'à 50 m NGR pour la fosse d'extraction en amont de la Route des Tamarins. La hauteur d'extraction prévue (découverte comprise) est de 56 m au maximum et le gisement est extrait par abattage de la roche à l'explosif avec reprise des masses abattues à l'aide d'engins mécaniques.

Selon le modèle géologique établi à partir des données de sondage, l'épaisseur du gisement à extraire est répartie sur l'ensemble des fosses avec une portion plus ou moins importante de stériles.

La hauteur de chaque front d'extraction sera de 7,5 m. Cette hauteur pourra être portée à 15 m selon les conditions d'exploitation rencontrées à l'avancement. Les zones d'extraction seront bordées au final de 9 fronts maximum.

Le principe d'exploitation sur les 2 fosses d'extraction est le même; il se décompose de la manière suivante :

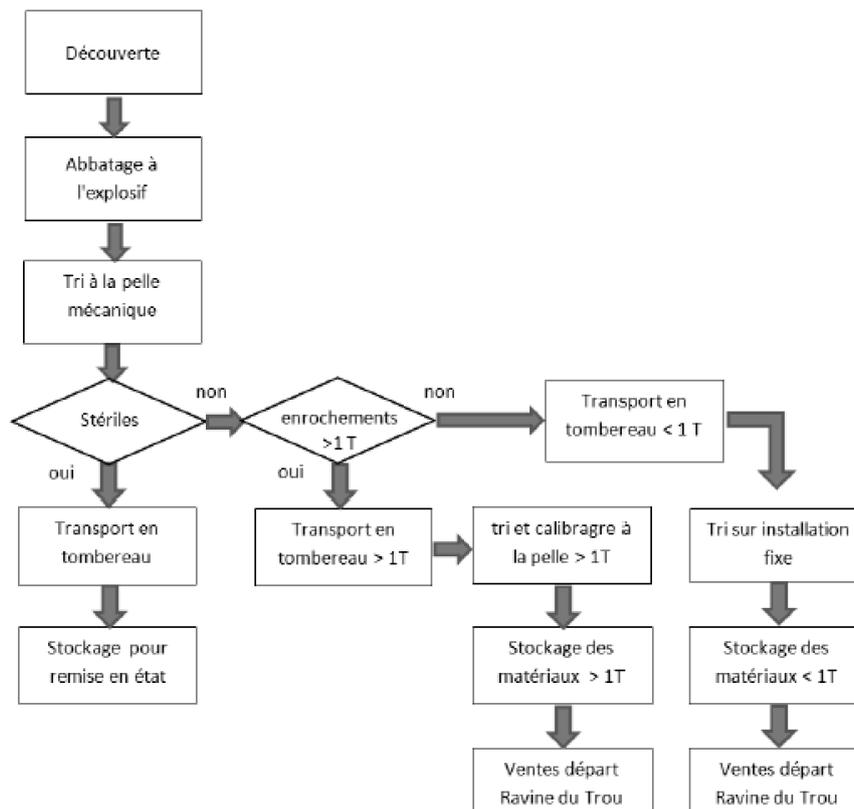


Figure 56 : schéma fonctionnel de l'exploitation des fosses d'extraction (SCPR, 2015)

## 5.2 LES AMENAGEMENTS AUX ABORDS DE LA RAVINE DU TROU

L'extraction des matériaux de la carrière(ICPE) est prévue sur une durée de 4,5 ans (1 période préparatoire, 4 phases d'extraction et 1 période de remise en état). Sur cette période, l'organisation de l'exploitation implique des interventions simultanées sur 2 zones différentes, qui, en raison de la configuration du site et de la séparation physique que représente la route des Tamarins, seront gérées comme des carrières indépendantes, avec des installations et des équipements propres (Figure 57) :

- La zone 1, en aval de la route des Tamarins (haute),
- La zone 2, en amont (basse).

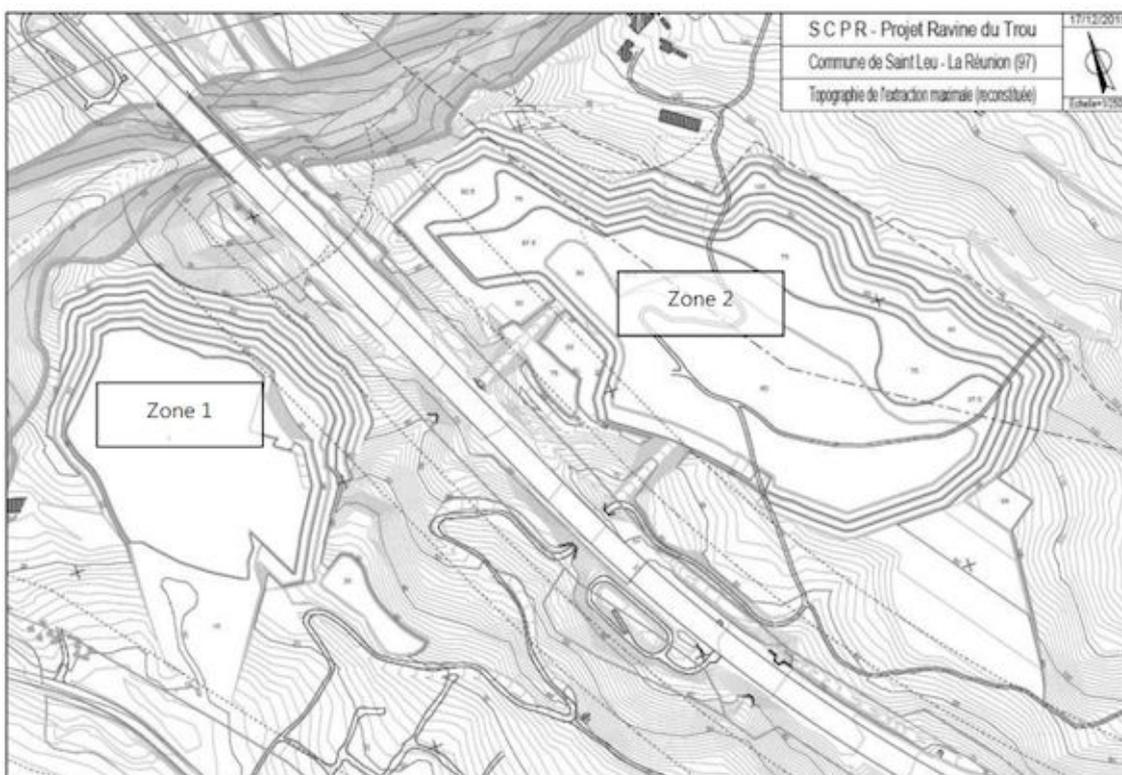


Figure 57 : zones d'extractions 1 & 2 (SCPR, 2015)

**Les aménagements prévus dans le cadre des travaux préparatoires** sont les suivants (Figure 58) :

- 2 plateformes de tri (1 par zone d'extraction : haute et basse),
- 1 demi échangeur sur la route des Tamarins,
- 2 bases vie (1 par zone d'extraction) incluant des locaux sociaux, des parkings VL et engins, et un atelier mécanique/ravitaillement.
- Sur la base haute, des terrassements seront réalisés pour les installations de pesée, le laboratoire interne et les bâtiments de stockage et de fabrication d'explosifs (Nitrate d'Ammonium),
- 2 bassins de rétention des EP (1 par zone d'extraction).

Le chemin d'accès agricole vers la parcelle BW279 est maintenu et emprunte la voie calibrée pour les poids lourds allant de la plateforme de tri basse vers la zone de pesée haute puis emprunte un chemin agricole existant séparé des voies de circulation des engins de carrière.

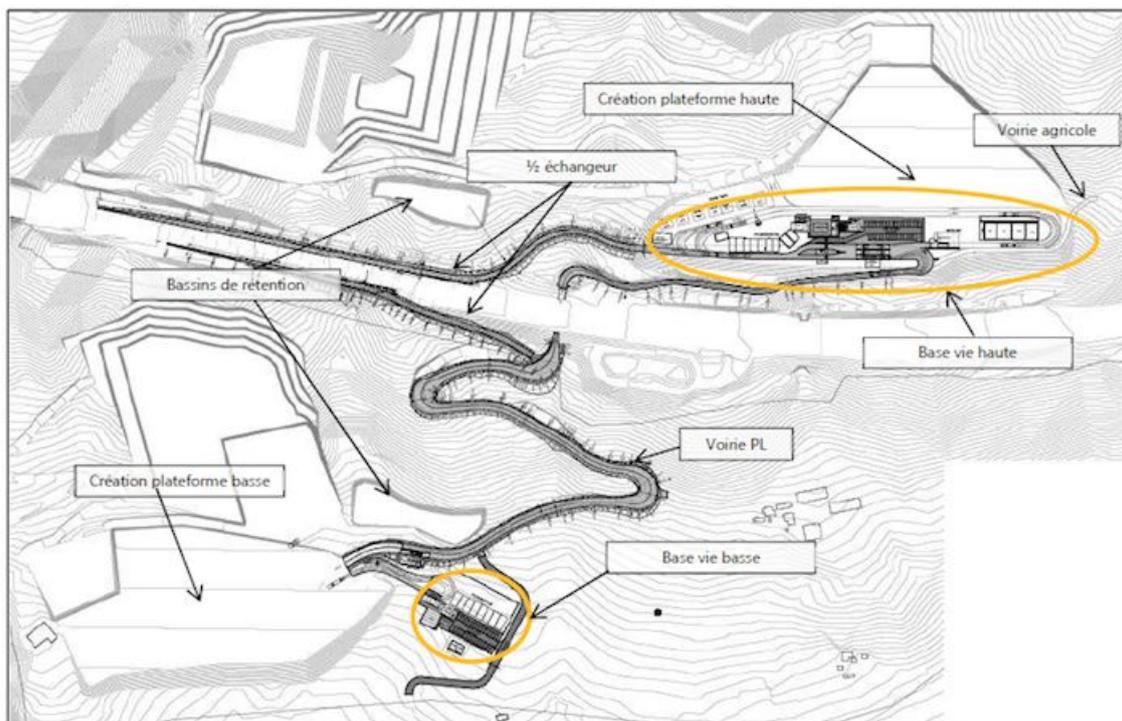


Figure 58 : aménagements et travaux préparatoires (SCPR, 2015)

**Un défrichage mécanique et un décapage** seront réalisés sur les parties végétalisées. La terre végétale de l'ensemble de ces zones sera retirée avant la réalisation de ces aménagements et mise en stock sur la zone, pour être réutilisée lors de la remise en état. Ces opérations seront réalisées au fur et à mesure de l'avancée de l'exploitation pour limiter la surface des zones érodables.

**L'extraction du basalte sera réalisée par abattage à l'explosif.** Les fronts de taille seront ouverts à une hauteur de 7,5m. Ils pourront être portés jusqu'à 15m en fonction du gisement et dans la limite réglementaire de l'arrêté ministériel du 22/09/94 relatif aux exploitations de carrières et installations de premier traitement.

**Les coulées basaltiques seront exploitées par des tirs de mines, puis par tri** du brut abattu sur des plateformes dédiées. Des pelles hydrauliques assureront l'alimentation des Dumper. Les blocs >1T seront évacués vers la zone de tri. Ceux inférieurs, seront transportés vers les postes de criblage.

**Les matériaux calibrés sont ensuite évacués par des semi-remorques**, qui après pesée (zone haute), iront alimenter le chantier de la Route du Littoral en empruntant le 1/2 échangeur d'accès à la carrière créé spécifiquement. Entre 400 et 530 rotations seront assurées par jour, par 100 à 130 camions selon les pics de production. Un poste de lavage de roues sera aménagé sur chaque plateforme

Le débit nominal efficient d'exploitation est estimé à 510T par heure.

A l'issue des 4 phases d'exploitation, alternant des zones d'extraction de matériaux valorisables et de gestion des matériaux stériles (détails dans le DDAE), il est prévu une remise en état du site, intégrant le démontage des installations, des bassins de rétention, la reconnexion des ouvrages hydrauliques aux bassins versants remis en état.

Aucun aménagement ou installation du projet n'a donc d'implantation physique sur le milieu marin, ni en phase travaux, ni en phase d'exploitation, ni en phase de remise en état.

## 5.3 LES EFFETS ATTENDUS SUR L'ENVIRONNEMENT

### 5.3.1 Rejets de MES et éventuels polluants

Les 2 types de rejets d'eau attendus sont :

- Les Eaux Pluviales et de lessivage des sols (MES, hydrocarbures des engins et explosifs à base azotée (Nitrate d'ammonium) (EP),
- Les Eaux Usées des bases vie (EU).

**Concernant les EP**, il est prévu de traiter l'ensemble des eaux des 2 zones d'extraction dans les 2 bassins de rétention qui seront créés dès la phase préparatoire (Figure 58), et qui sont dimensionnés pour assurer la rétention totale d'une pluie décennale pendant plus d'1h. Les points de surverse des 2 bassins de rétention seront équipés de capteurs mesurant la charge particulaire (Turbidité), en cas de débordement. Des mesures ponctuelles de MES seraient également réalisées.

A noter que dès que les fosses d'extraction seront créées, elles agiront également comme des bassins de rétention. Les bassins initialement créés deviendront de fait surdimensionnés pour leurs bassins versants.

Le seuil réglementaire pour les eaux de surverse est de 35 mg/l de MES. Toutefois, la SCPR a dimensionné ses **ouvrages de rétention pour que ce seuil soit abattu à 20 mg/l**.

Les polluants susceptibles d'être retrouvés accidentellement dans le milieu naturel, et a fortiori dans les bassins de décantation (sol & eaux de lessivage), sont de 3 types : MES, hydrocarbures des engins de chantier, et résidus d'explosifs (base azotée).

**Concernant les EU**, il est prévu un système de collecte et de stockage autonome sur les deux bases de vie. L'ensemble du site comptera au plus une soixantaine de personnes. Les EU des deux bases vie seront traitées par un dispositif d'assainissement autonome, d'une capacité de 20 éq./hab. constitué d'un filtre à sable vertical non drainé, conforme au DTU 64.1.

**Concernant les tirs de mines**, une analyse spécifique a été réalisée afin d'évaluer l'incidence potentielle des résidus d'explosifs sur une carrière exploitée à Mayotte. Cette analyse montre la présence de traces infimes de résidus sur le sol, qui ne sont pas de nature et d'importance à avoir un impact significatif sur la ressource souterraine.

### Écoulements de surface

Le bureau d'études HYDRETTUDES a réalisé l'ensemble de l'étude hydraulique et d'assainissement de la carrière. Les modélisations réalisées ont permis de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble des dispositifs. Ainsi, les 2 bassins de décantation mis en place en début de projet permettent de collecter et stocker sans rejet, un volume deux fois supérieur à la pluie décennale horaire. Ainsi, en dehors des événements exceptionnels il n'est attendu aucun rejet provenant des dispositifs d'assainissement, ou des EP durant les 40 000 heures correspondant à la période d'extraction.

### Écoulements souterrains

Les 2 bassins de décantation sont dimensionnés pour retenir des volumes d'eau équivalents à des pluies décennales pendant 1 heure.

Des études hydrogéologiques ont montré en 1986 l'existence de percolations souterraines vers le milieu marin au droit de la ravine des Avirons. Aucun écoulement n'avait été mis en évidence au droit de la ravine du Trou. En 2015, les concentrations en silicate relevées au droit de la ravine du Trou étaient 2 à 3 fois supérieures à celles du large. Toutefois, ce résultat ne peut attester que d'écoulements directs issus de la ravine du Trou. Le transit littoral par le jeu des courants peut en effet disperser des apports de la ravine des Avirons vers le NO.

La SCPR a sollicité ANTEA pour une étude hydrogéologique et analyser l'incidence de la carrière sur les eaux souterraines. Compte tenu des dispositifs pris par la SCPR dans le cadre de sa conduite d'exploitation, l'incidence d'une pollution accidentelle liée à un déversement est faible, de même que l'incidence des pollutions chroniques éventuelles (gestion des EU), et celles liées à la gestion des EP (MES et résidus d'explosifs).

**En conditions normales et sur une durée de plus d'1h dans le cadre d'une pluie décennale,** il n'est donc attendu aucun rejet direct d'EP vers le milieu naturel par écoulement de surface, et à fortiori vers le milieu marin. Les EU seront collectées dans des systèmes de traitement autonomes. Des écoulements souterrains sont susceptibles de drainer une partie des eaux des bassins de décantation vers le milieu marin. Compte tenu du rôle filtrant du sous-sol, il peut être considéré qu'aucun volume significatif de MES issu de la carrière ne serait évacué en mer selon un processus souterrain.

**Dans le cas d'un événement pluviométrique exceptionnel,** la surverse des bassins de décantation se ferait en direction du talweg existant (dans l'alignement du passage inférieur sous la route des tamarins).

### 5.3.2 Pollutions sonores / tirs de mines

L'extraction des roches sur les 2 zones d'exploitation sera réalisée à l'aide d'explosifs. La fréquence maximale attendue est de 1 tir quotidien.

Le bruit et les ondes générées par ces explosions se propagent naturellement dans le sous-sol et vers le milieu marin. Il n'existe à ce jour aucune donnée exploitable sur cette thématique sur le secteur d'étude.

**En premier lieu**, afin de disposer de données de référence exploitables, la SCPR a missionné Biotope/Quiet Ocean pour la réalisation d'une étude acoustique et des incidences des pollutions sonores dans le cadre de 2 tirs de mines au droit de la carrière de Koungou, à Mayotte(2015). Cette étude a mis en évidence en mer, à 850m au droit du point d'explosion :

- **Des seuils acoustiques inférieurs à ceux définis par la NOAA ou la FEA** pour le SPL et le SEL (respectivement 165,9-167, et 154,5-156,1),
- **Une augmentation de 55 dB par rapport au bruit ambiant**, pendant une durée de 8 secondes alors que les tirs ne duraient qu'environ 1 seconde.

**En second lieu**, la SCPR a prévu de faire réaliser des mesures acoustiques témoins sur le site de la carrière, lors des premiers tirs de mines. Elles permettront de corroborer ou d'affiner les seuils retenus comme référence en première approche. Il sera ainsi possible d'établir un contexte sonore consolidé permettant de servir de base à la mise en œuvre de mesures de réduction ou de compensation, si elles s'avèrent nécessaires.

Des dispositifs de type « Ramp-up » pourra alors être mis en place (voir paragraphe sur les mesures ERC plus loin dans le document). Le type de dispositifs pertinent fait d'ors et déjà l'objet d'une réflexion par la SCPR avec des BET spécialisés.

En phase d'exploitation, les tirs de mines permettant l'extraction des roches sur le périmètre de la carrière auront une incidence sonore sur le milieu naturel, avec une propagation vers le milieu marin. Le seuil acoustique retenu en première approche en mer, à 850m au droit de la zone de tir est de l'ordre de 160 à 170 dB. Ce résultat ayant été obtenu par extrapolation sur une carrière à Mayotte, il sera consolidé lors des premiers tirs sur Bois Blanc par des mesures acoustiques *in situ*.

## 6 EVALUATION DES IMPACTS EN MER

L'analyse des impacts porte sur 2 principaux types d'incidence susceptibles de dégrader la qualité des 3 compartiments du milieu naturel (eau, sédiment & matière vivante) :

- Incidence spatiale (évaluation de la surface potentiellement impactée par le projet) : impacts directs, indirects et induits,
- Incidence temporelle : immédiate et à long terme.

**Compte tenu de la nature grossière et mobile des sédiments observés sur le secteur entre 2 et 25m de profondeur (moins de 1% de particules <63µm), aucun impact sensible n'est attendu sur ce compartiment.** En effet, ces caractères lui ôtent toute capacité de dépôt de matériel particulaire (MES) ou de fixation de polluants (ETM & hydrocarbures). L'analyse des impacts présentée ci-dessous s'est donc portée sur les deux autres compartiments : eau et peuplements.

Sur le plan réglementaire, 3 groupes d'impacts sont à considérer :

**Les impacts liés à la phase travaux**, relatifs à l'implantation des infrastructures. Ces dernières étant exclusivement terrestres, le milieu marin n'apparaît pas directement concerné durant cette phase.

**Les impacts en phase d'exploitation**, relatifs :

- A l'incidence des rejets potentiels d'eau douce vers le milieu marin,
- Aux tirs de mines (à partir des résultats d'une expertise de l'impact acoustique sur le milieu marin d'un tir de mines sur une carrière terrestre à Mayotte, Biotope-Quiet Ocean, 2015).

**Les impacts cumulés avec d'autres projets d'aménagement**, dont le projet serait susceptible d'accentuer ou favoriser l'importance et/ou la durée. Aucun aménagement en mer ou à terre proche de la carrière n'étant envisagé ou existant, le milieu marin n'est pas concerné par ces impacts.

### 6.1 IMPACTS SUR LA QUALITE DES EAUX

Les impacts potentiels sur le milieu marin en lien avec la gestion des EP et des EU de la carrière sont à appréhender de manière distincte.

**Les EU ne devraient avoir aucun impact** car elles ne devraient pas entrer en contact avec le milieu naturel (collecte et traitement autonome).

**Les EP qui lessiveront les sols de la carrière pourraient avoir des impacts** différents selon le phasage du projet et le contexte pluviométrique :

- **En phase préparatoire de la carrière (4 à 5 mois)**, un lessivage des sols pourra être observé sur les zones défrichées. Les MES et des polluants éventuels accidentels (hydrocarbures des engins de chantiers et résidus d'explosifs) pourraient être drainés vers les différents bassins versant, puis vers le milieu marin, en faibles quantités.
- **En période d'exploitation normale et en deçà d'une pluie décennale pendant plus d'1 heure (une base d'environ 355 jours/an peut être retenue en considérant des crues sur maximum 10 jours par an)**, aucun écoulement de surface ne sera généré au point de surverse des bassins de décantation. Les impacts potentiels en mer à considérer concernent ceux liés aux écoulements souterrains, notamment depuis les bassins de décantation qui sont susceptibles de concentrer les MES et les polluants de l'exploitation.
- **En période d'exploitation et dans le cas d'une pluie exceptionnelle (soit au maximum 10 jours par an donc)**, des écoulements de surface et souterrains sont à envisager, simultanément. Ils sont susceptibles de drainer en mer des MES (écoulements de surface) et des polluants d'exploitation (MES, hydrocarbures, résidus d'explosifs).

Les types d'impacts sur la qualité des eaux marines, généralement avancés en lien avec des apports de matériel terrigène ou de polluants, sont bien connus. Les principaux impacts directs sont listés ci-dessous :

- Augmentation de la charge particulaire (MES) et diminution de la transparence (turbidité accrue),
- Enrichissement minéral (N et P contenus dans terres agricoles) et organique (végétaux),
- Baisse du niveau d'oxygénation et risque d'eutrophisation.

Les impacts indirects qui résultent de ces perturbations/dégradations de la qualité de l'eau sont les suivants :

- Dépôt sur le substrat et/ou ensevelissement d'espèces fixées sur le substrat,
- Intoxication d'organismes (ETM & hydrocarbures),
- Incidence sur les activités de pêche & risque sanitaire.

Dans le projet de carrière sur le secteur littoral de Bois Blanc, différents facteurs contextuels sont à considérer.

Concernant le projet lui même :

- Les écoulements de surface ne concerneraient en fourchette haute que 3% du temps d'exploitation (base de 10 jours/an, pendant 4 ans),
- Les écoulements de surface ne seraient observés qu'en période de crues naturelles de la ravine du Trou (dont cyclones), impliquant des volumes d'eau, de MES et de différents polluants considérables lessivés sur l'ensemble du bassin versant,
- Les teneurs projetées en MES (20 mg/l), au point de surverse seraient faibles et inférieures au seuil réglementaire (35 mg/l).

Concernant le milieu marin récepteur :

- L'hydrodynamisme est marqué (houle & courants),
- Le secteur n'est pas confiné (milieu ouvert),
- La hauteur d'eau est rapidement importante (10m à moins de 300m de la côte).

Par ailleurs, les crues sont généralement brutales mais courtes dans le temps. Il en résulte un « effet bouchon », à savoir une purge rapide des polluants et/ou MES accumulés dans les ravines et sur le bassin versant. A l'inverse, les bassins de décantation ont un rôle temporisateur ayant pour conséquence un « piégeage » progressif des MES et polluants dans le bassin (sur le fond). Les eaux de surverse sont donc généralement moins chargées.

Au regard de ces facteurs contextuels, les concentrations et volumes d'intrants potentiels en mer par les écoulements de surface (MES et polluants) apparaissent globalement peu significatifs par rapport au bruit de fond et des volumes de dilution considérés. En effet, hors période de « chaos environnemental » (cyclone), où il est impossible de distinguer les impacts liés à un projet et les impacts plus globaux (crues, houle, ...), les valeurs mesurées en mer dans des conditions de dispersion/dilution très favorables, seraient minimales.

Pour les écoulements souterrains, en absence de données précises il est difficile d'évaluer les processus et volumes à considérer. Par ailleurs, bien que ces derniers soient avérés au niveau de la ravine des Avirons, ils n'ont pas été mis en évidence au niveau de la ravine du Trou. Il faut cependant considérer qu'un bruit de fond naturel existe sur toute la frange littorale (teneurs en silicate supérieures par rapport au large), sans pouvoir distinguer d'éventuelles percolations de la ravine du Trou (et donc de polluants). Les impacts associés sont donc difficilement dissociables, y compris en période de crues où les phénomènes d'écoulement sont exacerbés.

L'analyse des incidences des tirs de mines sur la ressource souterraine a été réalisée par le BE ANTEA. Elle montre que les résidus détectables ne sont pas de nature et d'importance à avoir un impact significatif.

## 6.2 IMPACTS SUR LES PEUPELEMENTS

Les impacts potentiels sur les peuplements marins en lien avec (i) la gestion des EP et (ii) les nuisances sonores attendues de la carrière sont à appréhender de manière distincte.

### Concernant les peuplements coralliens

Les impacts indirects sur les peuplements coralliens, généralement avancés en lien avec des apports de matériel terrigène (MES) ou de polluants, sont bien connus. Les principaux sont listés ci-dessous :

- Ensevelissement pouvant aboutir à un stress momentané (blanchissement) ou mortel,
- Ralentissement du métabolisme chlorophyllien lié à la baisse de luminosité (turbidité) ou d'oxygénation,
- Ralentissement du métabolisme des polypes lié à l'enrichissement minéral (N/P) ou la baisse d'oxygénation,
- Intoxication d'organismes (ETM & hydrocarbures),
- Incidence sur les activités de pêche & risque sanitaire.

Dans le cadre du projet, et en contexte normal, ces impacts apparaissent très limités :

- D'une part pour les peuplements des zones littorales (1-5m), en raison de leur faible abondance et richesse au droit de la ravine du Trou et en aval des courants dominants orientés vers le NO,
- Et d'autre part pour les peuplements des affleurements rocheux profonds (20m et plus), en raison de leur éloignement au droit de l'embouchure de la ravine du Trou et en aval (plus de 400m).

Ils pourront être plus marqués en période de crues ou d'événement majeur, mais leurs caractéristiques et aires de répartition semblent indiquer une adaptation au bruit de fond naturel existant sur les zones les plus littorales (écoulements souterrains). Ainsi, les zones situées en aval du secteur (NO) sont moins riches et sensibles qu'en amont (SE). De même, la richesse augmente en allant vers le large.

Les impacts de perturbations sonores sur les peuplements coralliens (fixes et associés) ne sont pas décrits précisément dans la bibliographie. Pour les peuplements de poissons, des comportements migratoires peuvent rarement être observés en lien avec des ondes de chocs.

**Il faut donc retenir le principe qu'en cas d'événement météorologique exceptionnel amenant à une surverse des bassins de décantation vers la ravine du Trou, un risque très modéré d'impact sur les peuplements coralliens existe. Ces derniers apparaissent naturellement adaptés au bruit de fond existant (percolations souterraines), tant du point de vue de leurs caractéristiques, que de leur aire de répartition.**

### Concernant les mammifères (et par extrapolation les tortues)

Suivant les émissions sonores produites, les conséquences sont différentes sur les mammifères marins, au travers :

- D'une modification comportementale,
- D'un dommage physiologique temporaire,
- D'un dommage physiologique permanent.

Le détail des effets sur les mammifères marins est présenté dans l'expertise acoustique de Biotopie-Quiet Ocean (2015.)

Les seuils de tolérance connus pour les cétacés, et repris dans un arrêté préfectoral pour le projet de la Nouvelle Route du Littoral à la Réunion, sont respectivement de 190 dB (seuil de pression) et de

160 dB (seuil d'exposition). Ils correspondent aux seuils entraînant respectivement des lésions et des nuisances. En l'absence de données pour les tortues marines, ces mêmes seuils sont appliqués.

Une étude acoustique sur 2 tirs de mines dans la carrière de Koungou à Mayotte a mis en évidence en mer, à 850m en mer au droit du point d'explosion :

- **Des seuils acoustiques inférieurs à ceux définis par la NOAA ou la FEA** pour le SPL et le SEL (respectivement 165,9-167, et 154,5-156,1),
- **Une augmentation de 55 dB par rapport au bruit ambiant**, pendant une durée de 8 secondes alors que les tirs ne duraient qu'environ 1 seconde.

Au regard des niveaux d'exposition sonore obtenus à Mayotte, et au seuil de référence des cétacés, il apparaît que des niveaux équivalents à la carrière de Bois Blanc entraîneraient :

- Une absence de dommages physiologiques permanents ou temporaires,
- Des modifications potentielles de comportement pour les cétacés « hautes fréquences » (genres *Tursiops* et *Stenella* sur le secteur d'étude).

Bien que ces résultats soient dépendants des conditions propres à chaque site (géomorphologie, bruit ambiant, agitation, ...) les niveaux perçus par les différentes espèces de cétacés (quelle que soit leur catégorie acoustique : basses, moyennes ou hautes fréquences) ne dépassent pas les seuils connus. Ces résultats portent à croire qu'il n'existe aucun risque de dommage physique direct (temporaire ou permanent) pour l'ensemble des espèces présentes sur le secteur à Mayotte. Il existe en revanche un risque de modification de comportement pour les espèces « hautes fréquences » (dauphins). A défaut d'étude équivalente à la Réunion, et à fortiori sur le secteur littoral de Bois Blanc, ces résultats peuvent servir de référentiel dans le cadre du projet. Une étude équivalente sur Bois Blanc pourrait les confirmer.

## 7 PRECONISATIONS & MESURES ERC

---

Sur la base des impacts potentiels identifiés, cette dernière phase de l'étude a pour vocation de proposer différentes mesures visant à les éviter, les réduire ou à défaut les compenser.

Les mesures proposées ci-dessous n'ont aucun caractère exhaustif. Elles correspondent à celles identifiées comme les plus pertinentes et prioritaires au regard des impacts attendus. Ainsi, elles ciblent principalement :

- Les impacts potentiels en lien avec les écoulements d'EP chargés en MES ou différents polluants vers le milieu marin, après lessivage du périmètre de la carrière,
- Les impacts potentiels en lien avec les tirs de mines nécessaires à l'extraction des roches, et les perturbations sonores en mer pour les mammifères fréquentant le secteur.

### 7.1 MESURES D'ÉVITEMENT (E)

Compte tenu de l'absence d'aménagement ou d'activité ayant un lien direct ou indirect avec le milieu marin, la grande majorité des impacts potentiels sur les 3 compartiments du milieu marin sont *de facto* évités (modification de courants, modification du transit littoral, risques liés à l'action de la houle, impacts physiques directs, ...).

**Concernant les impacts liés à l'écoulement des EP** (en surface ou souterrains), aucune mesure technique ou environnementale ne peut être mise en œuvre pour les éviter totalement. En effet, il apparaît délicat de maîtriser ou de contenir les EP à la Réunion, marquée par un relief accidenté, de fortes pentes et des épisodes pluvieux violents, et notamment en période de crues. Au niveau des bassins de décantation (ceux-ci sont dimensionnés pour contenir la plupart des pluies sur la durée d'exploitation) les écoulements ne concerneront alors qu'une très faible plage temporelle correspondant à des événements exceptionnels (une base de 10 jours par an peut être retenue, soit moins de 3% du temps d'exploitation), durant laquelle leur drainage vers le milieu marin ne peut être maîtrisée.

Un réseau de fossés intercepteurs sera installé en amont des zones d'extraction, de manière à drainer les EP du bassin versant naturel (« eaux propres ») et éviter leur mélange avec les EP du bassin versant mis à nu par la carrière.

Il sera nécessaire de veiller à ce que l'ensemble des EP du périmètre de la carrière transite par les deux bassins de décantation. Une veille attentive sera à porter à la localisation et à la conception de ces bassins, sur le point le plus bas des 2 zones d'extraction. Cette mesure permettra d'éviter tout risque d'écoulement vers le milieu naturel sans une phase préalable de décantation.

**Concernant les impacts liés aux tirs de mines**, afin de ne pas perturber les espèces de cétacés qui ont pu être observées sur la zone littorale du secteur de Bois Blanc, SCPR a prévu de mettre en œuvre les mesures d'évitement suivantes :

- Avant le démarrage de l'exploitation de la carrière, un réseau de bouées acoustiques passives autonomes sera déployé afin de permettre un monitoring acoustique sur la zone d'influence du projet. Une fois mis en place, ce réseau permettra :
  - La détection acoustique de cétacés présents sur la zone et la détermination de leur direction de déplacement,
  - La détermination du bruit ambiant sur une zone de manière continue et en temps réel,
  - Le suivi des niveaux de bruit générés par l'activité de la carrière.

Toutes ces informations seront communiquées en direct au responsable d'exploitation de la carrière. Ainsi un contrôle sera effectué 1h avant chaque tir ; si le système détecte la présence de cétacés, le tir de mine ne sera déclenché qu'une fois que les individus se seront suffisamment éloignés pour ne plus être perturbés par le tir. Si aucun individu n'est détecté préalablement au tir, l'opération peut être réalisée.

- Ce réseau sera complété dans un premier temps par une surveillance active par survol ULM et/ou avec des moyens nautiques embarqués (repérage visuels et acoustique au moyen d'hydrophone immergés).
- En complément, SCPR organisera l'ensemble des tirs de mines pour qu'aucun ne génère un dépassement du seuil du Niveau d'Energie d'Exposition (SEL) de 164 dB réf. 1µPa2s. pouvant provoquer des dommages temporaires pour les cétacés sensibles aux hautes fréquences. Le réseau de bouées passives en place permettra de contrôler le respect de cet engagement.

## 7.2 MESURES DE REDUCTION (R)

**Concernant la gestion des EP**, SCPR a prévu de mettre en œuvre un certain nombre de mesures et d'aménagement visant à réduire les écoulements vers le milieu naturel :

- Aménagement de deux bassins de décantation en aval des zones d'extraction, d'une capacité de stockage correspondant à des pluies décennales pendant plus de 2 heures,
- Curage périodique (avant chaque saison des pluies) du fond des bassins de décantation, et évacuation,
- L'équipement des points de surverse des deux bassins avec des dispositifs de mesure/contrôle de la qualité des eaux en cas de surverse (Turbidité, prélèvements pour MES / polluants),
- Stockage maîtrisé des polluants sur le chantier (hydrocarbures) : une zone étanche disposant des capacités de rétention suffisantes pour tous les produits liquides est prévue,
- Procédures de gestion d'accidents de pollution (nettoyage de la zone polluée, évacuation des sols pollués en décharge, ...).

**Concernant la gestion des tirs de mines**, SCPR a prévu en parallèle des mesures d'évitement définies ci-avant et dans la continuité des études spécifiques engagées sur la carrière de Koungou, de poursuivre les études acoustiques marines autour du site de la carrière de la Ravine du Trou dès la possibilité de mise en œuvre des premiers tirs. Elles permettront in-fine de générer des modèles permettant d'approfondir les connaissances sur les opérations de tirs de mines terrestres sur la frange littorale et leur influence sur la colonne d'eau marine, pour réduire, si cela s'avère possible, les impacts résiduels ventuels.

## 7.3 MESURES DE COMPENSATION (C)

Au regard des impacts globalement peu importants (écoulement des eaux en surface ou souterrains, tirs de mines), et en tout état de cause non destructeurs pour les habitats marins, la méthode classiquement utilisée pour définir les ratios de compensation (CNPN) ne peut donc être appliquée. Les risques majeurs envisagés sont liés aux perturbations sonores pour les mammifères marins. Elles restent à vérifier dans le cadre de mesures *in situ*.

Pour ces impacts qui ne pourraient être évités ou réduits, certaines mesures de compensation peuvent être envisagées. Elles auront pour vocation principale d'améliorer les connaissances sur le site

d'exploitation, sur les thématiques directement concernées ou bien sur les processus d'intégration environnementale du projet. On retiendra par ordre d'intérêt prioritaire :

- (i) propagation des ondes sonores terre/mer et nuisances acoustiques en mer,
- (ii) évolution à moyen terme de l'environnement marin (eau, sédiment & peuplements) pendant et après le chantier.
- (iii) interconnexion entre milieu terrestre et marin,
- (iv) processus d'écoulement des EP du bassin versant vers le milieu marin,

Les propositions développées ci-dessous, en lien avec ces 4 thématiques, sont indicatives. Elles n'ont aucun caractère obligatoire ou exhaustif, et devront faire l'objet d'un arbitrage par l'exploitant au regard des contraintes environnementales mise en relief dans le dossier d'étude d'impact. Elles sont brièvement décrites et évaluées financièrement afin d'orienter les décisions de l'exploitant, sur leur faisabilité technique et financière. En lien avec les thématiques (i) et (ii) apparaissant prioritaires, il pourra être réalisé par ordre d'intérêt décroissant :

### **1-Peuplements et espèces emblématiques**

Des études sur la fréquentation du secteur par les mammifères marins et tortues d'autre part pourraient être réalisées en phase d'exploitation, afin d'évaluer d'éventuels changements en lien avec l'activité de la carrière (tirs de mines notamment). Un volet acoustique, précisant le contexte sonore et les effets sur le comportement des mammifères pourrait compléter l'expertise.

*COÛT APPROXIMATIF : 30 k€*

### **2-Suivi du contexte environnemental**

Un suivi du milieu marin s'appuyant sur des relevés sur les zones de peuplements expertisées dans le cadre de ce diagnostic, sur des prélèvements sédimentaires et hydrologiques périodiques pourrait être programmé selon une fréquence annuelle. Il permettrait d'identifier d'éventuelles perturbations de l'état de santé des peuplements et de la qualité des eaux/sédiments en lien avec des modifications d'écoulement. Les protocoles mis en œuvre devront être identiques à ceux du diagnostic, afin de disposer de données comparables et ainsi de mettre en évidence des tendances évolutives.

*COÛT APPROXIMATIF : 15 k€*

### **3-Données de courant**

Un jeu de données a été collecté durant la fin de l'hiver austral 2015. Des données complémentaires pourraient être collectées entre 20 et 50 mètres de profondeur et/ou durant l'été austral. L'acquisition de ce jeu de données permettrait d'évaluer les caractéristiques de courants sagittaux ou d'arrachement, orientés vers le large, notamment au droit des pointes de Bois Blanc. Des études antérieures réalisées en ce sens sur d'autres secteurs littoraux de l'île, avaient en effet permis de mettre en évidence des courants d'arrachement orientés vers le large à partir de 30 à 40 mètres. Le cas échéant, ces courants pourraient s'avérer efficaces pour drainer des écoulements de surface ou souterrains vers le large, et ainsi épargner les zones littorales.

*COÛT APPROXIMATIF : 15 k€*

### **4-Modélisation d'écoulements en mer**

Pour vérifier l'existence éventuelle d'écoulement souterrains au droit de la ravine du Trou en contexte normal et en contexte de crues, il pourrait être modélisé la dispersion de panaches d'écoulements en mer (0 – 20 mètres), s'appuyant sur des prélèvements et mesures hydrologiques (silicate & MES) à maillage fin sur le littoral. Des outils informatiques dédiés, s'appuyant sur des données de terrain permettraient de créer un modèle spécifique au site littoral de Bois Blanc, pour une étude de dispersion des écoulements éventuels de la carrière.

*COÛT APPROXIMATIF : 25 k€*

## 8 BIBLIOGRAPHIE

---

- ARVAM (2014)** Directive Cadre européenne sur l'eau (DCE). Réseau de surveillance des masses d'eau de mer de la Réunion. Pour le compte de la DEAL Réunion.
- ARVAM, PARETO, ASCONIT (2009)**. Synthèse des rapports - Route des Tamarins section RD 10/Etang Salé. Suivi de la qualité des eaux. Phase 1 (état initial), phase 2 (travaux). Suivi de 2004 à 2009. 29 p
- ARVAM (2005)** Réseau National d'Observation (RNO). Réseau de surveillance de la qualité des eaux littorales de la Réunion, bilan à T+ 2 ans.
- ARVAM (2005)**. Etude opérationnelle de mise en valeur et d'aménagement touristique du littoral sud de Saint Leu. (30pp)
- ARVAM (2005)**. Etat des connaissances sur les causes de dégradation des milieux récifaux— Fiches pressions - impacts. (47 pp)
- ARVAM (2002-2004)** Prises de vues aériennes sur le littoral de la Réunion.
- BRGM (2008)** CARTOMAR – Cartographies morpho sédimentologiques littorales marines de la Réunion.
- BRGM (2004)** Synthèse morphodynamique des littoraux de la Réunion.
- CAREX-ARVAM (2002)** Cartographie des zones récifales de la Réunion. Pour le compte de l'AMPR.
- COMITE DE BASSIN DE LA REUNION (2009)** SDAGE de la Réunion.
- Conservatoire du Littoral (2015)**[http://www.conservatoire-du-littoral.fr/siteLittoral/670/28-ravine-du-portail-aux-avirons-974\\_reunion.htm](http://www.conservatoire-du-littoral.fr/siteLittoral/670/28-ravine-du-portail-aux-avirons-974_reunion.htm) (consulté le 15/12/2015)
- IARE-ARVAM (1996)** Couverture aérienne des rivages à galets de l'île de la Réunion. Inventaire des fonds sous-marins rocheux facteurs de vulnérabilité. Pour le compte de la DIREN Réunion.
- IGN (2010)** Litto 3D.
- IGN (2008)** BD Ortho.
- Le Berre I, Louze J, David L. (2012)**. Atlas de sensibilité du littoral aux pollutions marine, Dispositif opérationnel ORSEC départemental de la Réunion. Annexe technique du dispositif spécifique Polmar-Terre. LETG-Brest Géomer / DEAL de la Réunion / IFREMER.
- NUGES, ROBERTS (2002)**. Partial mortality in massive reefcorals as an indicator of sediment stress on coralreefs. (11pp)
- PARETO (2014)**. Note d'acceptabilité des MES sur le secteur littoral de Bois Blanc. 10 pages.
- PARETO (2014)**. Nouvelle route du littoral - viaduc de la Grande Chaloupe. Suivi environnemental interne en mer. Tranche 1 - Etat initial. (35pp)
- PARETO (2014)**. Inventaire des ZNIEFF marines à la Réunion - Phase II. Novembre 2014
- PARETO, ARVAM (2008)**. Émissaire de la station d'épuration de Saint-Leu. Impact de l'émissaire sur les écosystèmes marins. 27 p + annexes
- PARETO (2008)** Extension et modernisation de la station d'épuration de la commune d'Etang Salé – Etude d'impact sur les écosystèmes maritimes. Pour le compte de la commune de l'Etang Salé.
- REGION REUNION (2009)** Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SAR).
- ROGERS (1990)**. Responses of coralreefs and reeforganisms to sedimentation. (18pp)

### Mammifères marins

- AranMooney, T., Nachtigall, P.E. et Vlachos, S. (2009)**. Sonar-induced temporary hearing loss in dolphins. *Biology Letters*, 5 (4), pp. 565-567.
- Lurton, X. et Antoine, L. (2007)**. Analyse des risques pour les mammifères marins liés à l'emploi des méthodes acoustiques en océanographie. *Ifremer*.
- Moore, M.J., Van Der Hoop, J., Barco, S.G., Costidis, A.M., Gulland, F.M., Jepson, P.D., Moore, K.T., Raverly, S. et McLellan, W.A. (2013)**. Criteria and case definitions for serious injury and death of pinnipeds and cetaceans caused by anthropogenic trauma. *Diseases of Aquatic Organisms*, 103 (3), pp. 229-264.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)**. Interim Sound Threshold Guidance for marine mammals. [http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/protected\\_species/marine\\_mammals/threshold\\_guidance.html](http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/protected_species/marine_mammals/threshold_guidance.html)
- Weilgart, L.S. (2007)**. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Canadian Journal of Zoology*, 85 (11), pp. 1091-1116.

## **ANNEXES**

---



Conditions de marée (SHOM)

Date	Pleines mers				Basses mers			
	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur
2 Novembre	03h37	0,57m	14h56	0,66m	08h54	0,50m	22h17	0,41m
3 Novembre	14h59	0,61m						
4 Novembre	10h44	0,59m	19h49	0,55m	00h04	0,46m	16h44	0,54m
5 Novembre	10h33	0,63m	21h38	0,60m	03h20	0,44m	16h19	0,49m
6 Novembre	10h41	0,67m	22h16	0,64m	03h58	0,41m	16h34	0,43m
7 Novembre	10h54	0,71m	22h45	0,69m	04h25	0,38m	16h55	0,38m
8 Novembre	11h10	0,76m	23h10	0,73m	04h48	0,35m	17h17	0,33m

Date	Pleines mers				Basses mers			
	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur
9 Novembre	11h27	0,80m	23h35	0,76m	05h09	0,33m	17h40	0,29m
10 Novembre	11h46	0,83m			05h32	0,32m	18h04	0,25m
11 Novembre	00h01	0,78m	12h06	0,85m	05h55	0,30m	18h29	0,23m
12 Novembre	00h27	0,79m	12h27	0,86m	06h20	0,30m	18h56	0,21m
13 Novembre	00h55	0,78m	12h51	0,86m	06h46	0,30m	19h24	0,21m
14 Novembre	01h25	0,77m	13h16	0,85m	07h15	0,31m	19h54	0,23m
15 Novembre	01h57	0,74m	13h43	0,83m	07h45	0,34m	20h28	0,26m

**Novembre 2015**

Date	Pleines mers				Basses mers			
	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur
16 Novembre	02h33	0,70m	14h12	0,79m	08h18	0,37m	21h06	0,30m
17 Novembre	03h17	0,66m	14h45	0,74m	08h56	0,42m	21h55	0,36m
18 Novembre	04h24	0,62m	15h29	0,69m	09h48	0,48m	23h14	0,41m
19 Novembre	06h31	0,61m	16h56	0,63m	11h27	0,53m		
20 Novembre	08h29	0,66m	20h27	0,64m	01h25	0,42m	14h09	0,51m
21 Novembre	09h30	0,73m	21h48	0,70m	02h57	0,40m	15h35	0,44m
22 Novembre	10h15	0,80m	22h39	0,76m	03h55	0,36m	16h25	0,36m

Date	Pleines mers				Basses mers			
	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur
23 Novembre	10h54	0,86m	23h23	0,80m	04h40	0,33m	17h07	0,29m
24 Novembre	11h31	0,90m			05h22	0,31m	17h47	0,24m
25 Novembre	00h03	0,83m	12h07	0,92m	06h00	0,31m	18h25	0,21m
26 Novembre	00h42	0,83m	12h41	0,92m	06h37	0,32m	19h03	0,21m
27 Novembre	01h20	0,81m	13h13	0,90m	07h12	0,35m	19h39	0,22m
28 Novembre	01h56	0,77m	13h42	0,87m	07h45	0,39m	20h13	0,26m
29 Novembre	02h30	0,73m	14h09	0,82m	08h15	0,43m	20h46	0,30m

Date	Pleines mers				Basses mers			
	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur
1 Décembre	03h40	0,65m	15h02	0,72m	09h13	0,51m	21h56	0,40m
2 Décembre	04h34	0,61m	15h33	0,67m	09h52	0,54m	22h44	0,45m
3 Décembre	07h03	0,60m	16h33	0,62m	11h36	0,58m		

**ANNEXE 2 : note d'acceptabilité des MES, PARETO 2014**



### ANNEXE 4 : liste des principales espèces de poissons par station

Station 1			
Famille	Genre Espèce	Régime alimentaire	Abondance
Acanthuridae	<i>Zebrosoma gemmatum</i>	Herbivore	Faible
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	Herbivore	Forte
Balistidae	<i>Sufflamen bursa</i>	Carnivore	Faible
Chaetodontidae	<i>Chaetodon interruptus</i>	Brouteur d'invertébrés sessiles (corallivore)	Moyen
Chaetodontidae	<i>Chaetodon kleinii</i>	Omnivore	Moyen
Chaetodontidae	<i>Chaetodon madagaskarensis</i>	Omnivore	Faible
Chaetodontidae	<i>Chaetodon blackburnii</i>	Omnivore	Faible
Chaetodontidae	<i>Chaetodon guttattissimus</i>	Omnivore	Faible
Cirrhitidae	<i>Cirrhitichthys guichenoti</i>	Carnivore	Faible
Labridae	<i>Iniistius pavo (juvénile)</i>	Carnivore	Faible
Muraenidae	<i>Gymnothorax cf. undulatus</i>	Carnivore	Faible
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus imperator</i>	Brouteur d'invertébrés sessiles	Faible
Serranidae	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Piscivore	Forte

Station 2			
Famille	Genre Espèce	Régime alimentaire	Abondance
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	Herbivore	Forte
Acanthuridae	<i>Acanthurus sp.</i>	Herbivore	Forte
Chaetodontidae	<i>Chaetodon madagaskariensis</i>	Omnivore	Faible
Cirrhitidae	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Carnivore	Moyenne
Cirrhitidae	<i>Cirrhitichthys guichenoti</i>	Carnivore	Faible
Lutjanidae	<i>Lutjanus kasmira (juvéniles)</i>	Carnivore	Moyenne
Mullidae	<i>Parupeneus macronemus</i>	Carnivore	Faible
Pomacanthidae	<i>Pomacanthus imperator</i>	Brouteur d'invertébrés sessiles	Faible
Pomacentridae	<i>Dasycyllus trimaculatus</i>	Planctonophage	Moyenne
Serranidae	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Piscivore	Forte
Serranidae	<i>Pseudanthias sp.</i>	Planctonophage	Forte

Station 7			
Famille	Genre Espèce	Régime alimentaire	Abondance

Station 8			
Famille	Genre Espèce	Régime alimentaire	Abondance
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	Herbivore	Forte
Balistidae	<i>Sufflamen bursa</i>	Carnivore	Faible
Caesionidae	<i>Caesio sp.</i>	Planctonophage	Moyenne
Gobiidae	<i>Valenciennesa strigata</i>	Carnivore	Faible
Labridae	<i>Thalassoma sp.</i>	Planctonophage	Faible
Lutjanidae	<i>Lutjanus kasmira (juvéniles)</i>	Carnivore	Moyenne
Mullidae	<i>Parupeneus trifasciatus</i>	Carnivore	Faible
Pomacentridae	<i>Abudefduf margariteus</i>	Planctonophage	Faible

Station 9			
Famille	Genre Espèce	Régime alimentaire	Abondance

Station 10			
Famille	Genre Espèce	Régime alimentaire	Abondance
Acanthuridae	<i>Acanthurus triostegus</i>	Herbivore	Faible
Acanthuridae	<i>Acanthurus sp.</i>	Herbivore	Moyenne
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	Herbivore	Moyenne
Acanthuridae	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Herbivore	Faible
Chaetodontidae	<i>Chaetodon kleinii</i>	Omnivore	Faible
Chaetodontidae	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Omnivore	Faible
Labridae	<i>Thalassoma sp.</i>	Planctonophage	Moyenne
Mullidae	<i>Parupeneus trifasciatus (juvéniles)</i>	Carnivore	Moyenne
Pomacentridae	<i>Abudefduf margariteus</i>	Planctonophage	Faible
Serranidae	<i>Epinephelus flavocaeruleus (juvénile)</i>	Piscivore	Faible

## ANNEXE 5 : liste des principales espèces de coraux et autres espèces par station

### Coraux

Station 1		
Famille	Genre Espèce	Abondance
Alcyoniidae	<i>Sinularia sp1</i>	Forte
Alcyoniidae	<i>Sinularia sp2</i>	Faible
Alcyoniidae	<i>Lobophytum sp.</i>	Moyenne
Alcyoniidae	<i>Sacrophyton</i>	Faible
Dendrophyllidae	<i>Turbinaria sp1</i>	Faible
Mussidae	<i>Favia sp.</i>	Faible
Pocilloporidae	<i>Pocillopora verrucosa</i>	Faible

Station 2		
Famille	Genre Espèce	Abondance
Alcyoniidae	<i>Sinularia sp1</i>	Forte
Alcyoniidae	<i>Sinularia sp3</i>	Moyenne
Alcyoniidae	<i>Lobophytum sp.</i>	Moyenne
Alcyoniidae	<i>Sacrophyton</i>	Faible
Merulinidae	<i>Goniastrea retiformis</i>	Faible
Mussidae	<i>Favia speciosa</i>	Faible
Pocilloporidae	<i>Pocillopora verrucosa</i>	Faible
Poritidae	<i>Porites sp.</i>	Faible

Station 7		
Famille	Genre Espèce	Abondance

Station 8		
Famille	Genre Espèce	Abondance
Acroporidae	<i>Montipora sp.</i>	Faible
Acroporidae	<i>Astreopora myriophthalma</i>	Faible
Dendrophyllidae	<i>Turbinaria sp2</i>	Faible
Merulinidae	<i>Favites sp.</i>	Faible
Mussidae	<i>Favia sp.</i>	Faible
Pocilloporidae	<i>Pocillopora verrucosa</i>	Faible
Pocilloporidae	<i>Pocillopora eydouxi</i>	Faible

Station 9		
Famille	Genre Espèce	Abondance

Station 10		
Famille	Genre Espèce	Abondance
Merulinidae	<i>Favites sp.</i>	Faible
Pocilloporidae	<i>Pocillopora verrucosa</i>	Faible
Poritidae	<i>Porites sp.</i>	Faible

### Autres

Station 1			
Taxon	Famille	Genre Espèce	Abondance
Mammifères	Delphinidae	<i>Tursiops truncatus</i>	Faible

Station 2			
Taxon	Famille	Genre Espèce	Abondance
Céphalopodes	Octopodidae	<i>Octopus cyanea</i>	Faible

Station 8			
Taxon	Famille	Genre Espèce	Abondance
Chlorophytes	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	Faible
Rodophytes	Corallinaceae	<i>Chelosporum acutilobum</i>	Forte
Echinodermes	Asteroidea	<i>Fromia milleporella</i>	Faible
Echinodermes	Diadematidae	<i>Echinothrix diadema</i>	Moyen
Echinodermes	Echinometridae	<i>Echinostrephus molaris</i>	Moyen