

## Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

### Suivi benthos de substrats meubles en milieu marin

#### Rapport final



Février 2014



## Agence pour la Recherche et la Valorisation Marines

V1 – 28/02/2014 HCA

<b>Maître d'ouvrage : OLE</b>	<b>Dossier n° : A.538</b>
<b>Directive Cadre sur l'Eau (DCE) Suivi benthos de substrats meubles en milieu marin</b> ----- <b>Rapport final</b>  <b>Date : Février 2014</b>	Nb pages : 29 Nb figures : 12 Nb tableaux : 6  <b>Diffusion</b> • Libre <input checked="" type="checkbox"/> • Restreinte <input type="checkbox"/>
<b>Auteurs principaux:</b> H. CAMBERT, ARVAM, <a href="mailto:harold.cambert@arvam.com">harold.cambert@arvam.com</a> L. BIGOT, Université de La Réunion, Lab ECOMAR, <a href="mailto:lionel.bigot@univ-reunion.fr">lionel.bigot@univ-reunion.fr</a> P. FROUIN, Université de La Réunion, Lab ECOMAR, <a href="mailto:patrick.frouin@univ-reunion.fr">patrick.frouin@univ-reunion.fr</a> J. TURQUET, ARVAM, <a href="mailto:jean.turquet@arvam.com">jean.turquet@arvam.com</a> Y. DENIS, PARETO, <a href="mailto:y.denis@pareto.fr">y.denis@pareto.fr</a>	

### Maître d'ouvrage :



**OLE**  
Etablissement public local  
49 rue Mazagran  
97400 Saint-Denis  
Ile de la Réunion  
[http : // www.eaureunion.fr](http://www.eaureunion.fr)

### Maître d'œuvre :



**ARVAM** (Agence pour la Recherche et la Valorisation Marines)  
C/O CYROI, 2, rue Maxime Rivière,  
97490 Sainte-Clotilde, La Réunion  
Tél : 02 62 28 39 08, Fax : 02 62 28 08 81

### Partenaires :



**Université de la Réunion**  
Laboratoire ECOMAR  
15 Avenue René Casin  
BP 7151  
97715 Saint Denis messag cedex 9  
Tel: 0262.93.82.42, Fax:0262.93.86.85



**PARETO**  
16 rue Albert Lougnon, Village Entreprise,  
97490 Sainte Clotilde, La Réunion  
Tél : 02 69 61 12 54



**Laboratoire de Rouen**  
49, rue Mustel  
BP 4063  
76022 Rouen Cedex 3  
Tel: 0232.10.22.44, Fax:0232.10.22.41

# Sommaire

<b>1</b>	<b><u>ELEMENTS DE CONTEXTE ET PRESENTATION DU PROGRAMME</u></b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b><u>MATERIELS ET METHODES</u></b>	<b>4</b>
2.1	PLAN D'ECHANTILLONNAGE	4
2.2	LES MOYENS A LA MER	5
2.3	METHODES DE PRELEVEMENT ET CONDITIONNEMENT	6
2.3.1	PRELEVEMENTS A LA BENNE VAN-VEEN	6
2.3.2	CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS DE SEDIMENT	6
2.4	METHODE D'ANALYSE DES PEUPELEMENTS DE MACROFAUNE ENDOGEE	9
2.5	LE CONTROLE QUALITE	10
<b>3</b>	<b><u>RESULTATS</u></b>	<b>11</b>
3.1	MISE EN ŒUVRE OPERATIONNELLE	11
3.2	PARAMETRES GENERAUX DU SEDIMENT	14
3.3	STRUCTURE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE EN 2013	16
3.3.1	ABONDANCE ET RICHESSE SPECIFIQUE	16
3.3.2	ANALYSE TAXONOMIQUE	17
3.3.3	STRUCTURE SPATIALE DES COMMUNAUTES BENTHIQUES	18
3.3.4	APPROCHE ECOLOGIQUE BASEE SUR LE CALCUL DES INDICES STANDARDISES DCE	19
3.4	BANCARISATION QUADRIGE <sup>2</sup>	26
<b>4</b>	<b><u>SYNTHESE ET PERSPECTIVES</u></b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b><u>REFERENCES</u></b>	<b>31</b>

## ANNEXES

## Liste des illustrations

Figure 1: Navire La Curieuse mobilisé pour la campagne substrats meubles 2013.....	5
Figure 2: Benne Van-veen en position ouverte.....	6
Figure 3 : Conditionnement des prélèvements pour la description des paramètres généraux du substrat meuble (a), pour la macrofaune (b).....	7
Figure 4: Réalisation d'un prélèvement de macrofaune de substrat meuble (immersion de la benne Van-veen (a), émergence de la benne (b), vidange de la benne (c), photo de la benne avec un code d'identification (d), tamisage de l'échantillon par élutriation / floculation sur tamis de 1 mm (e), tri de la macrofaune (f)).....	8
Figure 5 : Positionnement des anciennes et des nouvelles stations Saint Louis Bel Air (côte) et Saint Leu sur les couches CARTOMAR.....	13
Figure 6 : Répartition des communautés en densité abondance (ind.m <sup>2</sup> / et) et richesse spécifique (S) par station.....	16
Figure 7 : Répartition taxonomique de la macrofaune (ind. 0,5 m <sup>-2</sup> ) sur les stations 2013 (SIPU : Sipunculidae ; NEM : Némertiens ; GAS : Gastéropodes ; ECH : Echinodermes ; CRU : Crustacés ; CNI : Cnidaires ; BIV : Bivalves ; ANN : Annélides).....	17
Figure 8 : Analyse multidimensionnelle (nMDS) et Classification Hiérarchique (Similarity) sur la structure des communautés benthiques des 17 stations échantillonnées en 2013.....	18
Figure 9: Indices globaux AMBI calculés sur les 17 stations Réunion.....	20
Figure 10: Répartition des différents groupes de polluo-sensibilité par stations au regard de la DCE.....	21
Figure 11: Indices M-AMBI calculés sur les 17 stations (A) associé à la diversité (H') et à la richesse spécifique et attribution du statut écologique au sens de la DCE. ....	23
Figure 12: Evolution spatio-temporelle des indices « M-AMBI » (A) et « AMBI » calculés sur les 17 stations DCE de La Réunion. ....	25
-----	
Tableau 1 : chronogramme initial pour l'échantillonnage des 17 stations DCE sédiments .....	4
Tableau 2 : Limites des 5 classes « DCE » retenues pour l'indicateur M-AMBI à la Réunion (Bigot et al., 2008).....	9
Tableau 3 : Chronogramme de réalisation de l'échantillonnage en mai 2013 (*nouvelles coordonnées GPS pour les stations de Saint Louis - Bel Air (côte) et de Saint Leu) .....	11
Tableau 4 : Classification Kouyoumouzakakis pour la fraction fine (<63µm) (Marty, 1993).....	14
Tableau 5 : Paramètres généraux relevés sur les 17 stations lors des campagnes CARTOMAR (2008) et DCE substrats meubles (2013).....	15
Tableau 6 Caractéristiques du milieu sédimentaire (Granulométrie, Fines, CO) et indices de diversité faunistique (« M-AMBI », « AMBI », H', S) calculés sur les 17 stations DCE de La Réunion en 2008 (données Cartomar) et en 2013 (présente étude) regroupées en stations "large" et stations côtières dites complémentaires.....	27
Tableau 7: Etat de santé pour la faune de substrat meuble CARTOMAR donné à titre indicatif (2008) et status DCE (2013) pour les stations "large" et complémentaires.....	29

## 1 Éléments de contexte et présentation du programme

La DCE (Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000) a pour objectif l'atteinte, pour tous les milieux aquatiques, du « bon état » chimique et écologique. Cet objectif est repris par le Grenelle de l'Environnement qui stipule que « 2/3 des masses d'eau doivent atteindre le « bon état » dès 2015 ».

Cette directive cadre sur l'eau impose aux états européens des obligations de moyen afin de prévenir toute dégradation supplémentaire des masses d'eau et plus particulièrement des masses d'eau côtières et des écosystèmes associés.

Concernant le milieu marin, il s'agit de s'assurer du bon état et du bon fonctionnement écologique des écosystèmes côtiers et récifaux réunionnais en mettant en œuvre des actions de préservation voire d'amélioration de leur état. Cette action passe notamment par le renforcement de la protection de l'environnement aquatique en instaurant par exemple des mesures spécifiques visant à réduire les rejets polluants.

En application de l'article 5 de la DCE, l'état des lieux du district hydrographique de la Réunion a été achevé mis à jour le 18/12/2012. Il compte désormais 12 masses d'eau : 8 masses d'eau côtières et 4 masses d'eau récifales.

Afin d'atteindre le « bon état » de tous les milieux aquatiques en 2015, la DCE prévoit la mise en œuvre d'un programme de surveillance. L'Office de l'Eau (OLE) assure la maîtrise d'ouvrage du réseau de suivi de la qualité des eaux et des milieux aquatiques de l'île.

L'ARVAM et ses partenaires ont été retenus par l'OLE pour la mise en œuvre du **suivi 2013 du benthos de substrats meubles en milieu marin**.

Le programme a deux objectifs :

- 1. Acquérir une base de données de références 2013 sur les sédiments côtiers de La Réunion (macrofaune endogée et caractéristiques sédimentaires) ;**
- 2. Appliquer les grilles ou indices DCE adaptés aux caractéristiques de La Réunion aux données collectées en 2013, afin de réaliser un premier diagnostic de l'état biologique des masses d'eaux littorales.**

L'opération s'étend sur l'ensemble des masses d'eau DCE de la Réunion et se divise en trois parties bien distinctes :

1. La mise en œuvre des échantillonnages « terrain »;
2. La bancarisation dans Quadriges2 des analyses faunistiques et sédimentaires;
3. L'interprétation des données et la rédaction des rapports relatifs au benthos de substrats meubles en milieu marin.

**La campagne terrain a été menée en mai 2013. Conformément au cahier des charges, un premier rendu a été réalisé en juillet 2013 incluant le rapport de campagne, un montage vidéo des opérations terrain ainsi que la présentation powerpoint de la campagne et l'ensemble des photos des prélèvements de bennes.**

**Le présent rapport correspond au rapport final du programme.**

## 2 Matériels et méthodes

### 2.1 Plan d'échantillonnage

Le Groupe Technique DCE dédié aux substrats meubles (GT – DCE, 2012) a identifié comme prioritaires 17 stations réparties sur 8 masses d'eau littorales. Une partie de ces stations ont été sélectionnées (Tableau 1) parmi les 30 stations échantillonnées lors de l'étude CARTOMAR (BRGM, 2008). Elles ont été sélectionnées en fonction des masses d'eau identifiées actuellement, et des premiers résultats des paramètres généraux.

**Tableau 1 : chronogramme initial pour l'échantillonnage des 17 stations DCE sédiments**

N°	Mnémorique	Libellé Station	ME côtière	Latitude (WGS 84)	Longitude (WGS 84)	Prof (m)	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour
							1	2	3	4	5
1	126-P-091	Saint Denis - Gillot	LC01	-20,87140	55,51941	56	■				
2	126-P-076	Saint André - Bois Rouge	LC02	-20,90392	55,65990	68		■			
3	126-P-077	Saint Benoit - Bourbier (large)		-21,01193	55,71735	40					
4	126-P-081	Saint Benoit - Bourbier (côte)		-21,01464	55,71060	22					
5	126-P-079	Sainte Rose - Bassin des Harengs	LC03	-21,12870	55,80900	49			■		
6	126-P-014	Grande Anse	LC04	-21,37473	55,53647	57				■	
7	126-P072	Saint Joseph		-21,38713	55,63283	40					
8	126-P-080	Les Avirons - Bois Blanc	LC05	-21,24927	55,29362	72					■
9	126-P-082	Saint Louis - Bel Air (large)		-21,30295	55,39198	55					
10	126-P-088	Saint Louis - Bel Air (côte)		-21,29875	55,39642	23					
11	126-P-084	Saint Leu	LC06	-21,17113	55,27390	73					■
12	126-P-020	Saint Paul (large)	LC07	-20,99783	55,25697	73					
13	126-P-083	Saint Paul (côte)		-21,00576	55,26393	21					
14	126-P-074	Saint Denis - Barachois (large)	LC08	-20,85905	55,43767	54	■				
15	126-P-075	Saint Denis - Barachois (côte)		-20,86681	55,43776	23					
16	126-P-018	La Possession (large)		-20,91542	55,32802	76					
17	126-P-078	La Possession (côte)		-20,92116	55,33000	22					■

## 2.2 Les moyens à la mer

En l'absence de moyens spécifiquement dédiés à ce type d'opérations, l'équipe de projet s'est efforcée de mobiliser des moyens à la mer adaptés à l'opération.

Un accord a été trouvé pour la mobilisation de « La Curieuse », navire des TAAF géré par un GIE (Figure 1). Les moyens embarqués sur ce bateau de 25m étaient plus adaptés aux opérations de prélèvements, en particulier :

- Une potence pour la manipulation d'une benne de type Van-veen ;
- Une conduite d'eau de mer facilitant les opérations de tamisage pour l'étude de la macrofaune ;
- Une chambre de congélation à -20°C ;
- Des capacités d'accueil à bord permettant l'embarquement sur 3 jours consécutifs.



**Figure 1: Navire La Curieuse mobilisé pour la campagne substrats meubles 2013**

## 2.3 Méthodes de prélèvement et conditionnement

### 2.3.1 Prélèvements à la benne Van-veen

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une benne à sédiment de type Van-veen (Figure 2).

Cet outil est classiquement utilisé pour le prélèvement d'échantillons de sédiments en milieu marin. La benne est descendue à l'aide d'un bout en position ouverte. Dès que les mâchoires touchent le fond, le loquet qui maintient les mâchoires ouvertes est relâché. La benne est alors remontée à l'aide d'un treuil hydraulique, les mâchoires se referment mécaniquement emprisonnant l'échantillon de sédiment. Sur le navire, la benne est vidée de son eau puis vidée dans une bassine.

Le contenu est photographié avec la référence associée et une description du contenu est inscrite dans le cahier terrain (Annexe 1). Les conditionnements sont réalisés en fonction des paramètres étudiés et en suivant les précautions d'usage.

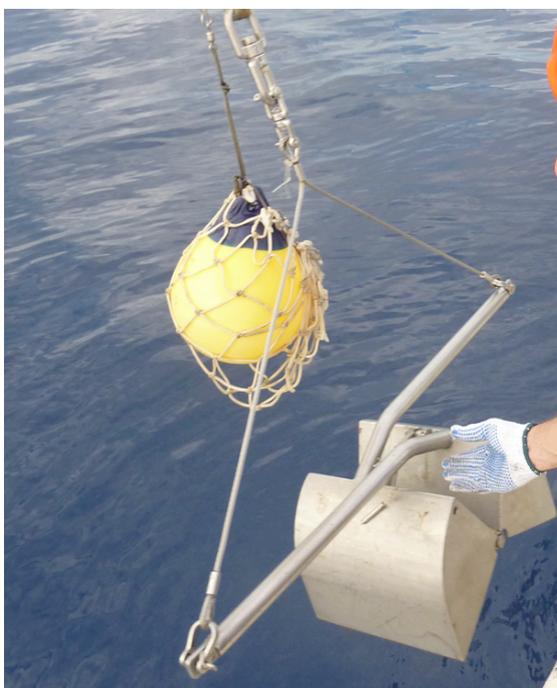


Figure 2: Benne Van-veen en position ouverte

### 2.3.2 Conditionnement des échantillons de sédiment

La méthodologie décrite dans le guide « GT DCE Réunion - Benthos de substrats meubles » (2012) impose 5 réplicats pour la macrofaune et un prélèvement consacré exclusivement à la caractérisation des sédiments.

Les prélèvements pour la caractérisation des sédiments permettent de mieux décrire l'environnement physique dans lequel évolue la macrofaune vivant sur la station. Ce paramètre est essentiel à la description de la station ainsi qu'à l'application des indices AMBI et M-AMBI. L'ARVAM et le Laboratoire de Rouen collaborent depuis près de 10 ans sur l'étude de ces paramètres à La Réunion et à Mayotte. Les paramètres granulométrie, carbone organique et matières sèches ont été conditionnés dans des piluliers polyéthylène à bord et envoyés au laboratoire de Rouen le 23 mai 2013 (Figure 3).

(a)



(b)



**Figure 3 : Conditionnement des prélèvements pour la description des paramètres généraux du substrat meuble (a), pour la macrofaune (b)**

Les paramètres généraux ont systématiquement été réalisés sur la première benne remontée (codée A). Cette première benne a été ouverte dans une bassine propre, le plus délicatement possible pour ne pas déstructurer le sédiment prélevé. Pour les paramètres généraux prévus au CCTP, un pot en polyéthylène (PE) à bouchon rouge a été prélevé.

En complément, le reste des sédiments a permis un échantillonnage complémentaire pour constituer une banque d'échantillon de la campagne. Ainsi, chaque échantillon a été divisé dans quatre conditionnements différents et stocké à - 20°C à bord du navire, (suivant les préconisations du RNO-Sed « recommandations techniques pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE – Volume 1 », IFREMER, nov. 2005) :

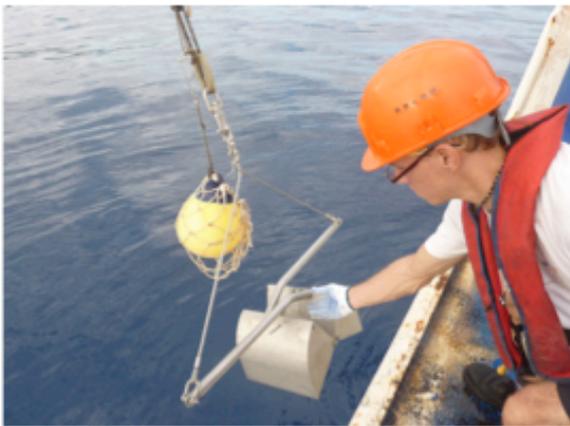
- Un flacon plastique (bouchon rouge) pour la granulométrie et paramètres généraux,
- Un flacon plastique (bouchon blanc) traité à l'acide pour la mesure des éléments traces métalliques (ETM),
- Deux piluliers en verre traités pour la mesure des polluants organiques.
- Un pilulier PE pour les isotopes stables.

Cette banque d'échantillons est conservé dans les laboratoires de l'ARVAM à -20°C.

Toutes les stations ont fait l'objet de ce traitement (cf. figure 4). Les prélèvements de sédiments destinés à l'étude de la macrofaune ont fait l'objet d'une dilution à l'eau de mer suivie d'une élutriation / floculation, avant d'être tamisés sur une maille de 1 mm. Les refus ont été collectés et fixés à l'aide d'éthanol 90° dans des flacons plastiques. Les échantillons faunistiques ont fait l'objet d'un double étiquetage externe, mentionnant le numéro de station et de réplikat.

En juin 2013, les opérations de pré-tri des échantillons de macrofaune ont été initiées par PARETO. La phase d'identification de la macrofaune a été menée par le laboratoire ECOMAR de l'Université de La Réunion (L. Bigot et P. Froin) entre septembre 2013 et janvier 2014.

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



**Figure 4: Réalisation d'un prélèvement de macrofaune de substrat meuble (immersion de la benne Van-veen (a), émergence de la benne (b), vidange de la benne (c), photo de la benne avec un code d'identification (d), tamisage de l'échantillon par élutriation / floculation sur tamis de 1 mm (e), récupération de la macrofaune (f))**

## 2.4 Méthode d'analyse des peuplements de macrofaune endogée

Après une phase de pré-tri et de tri de la macrofaune, les principaux organismes sont identifiés et classés. Les analyses se décomposent en plusieurs étapes :

- analyse de la répartition taxonomique (Annélides, Crustacés, Mollusques,...) ;
- analyse de la richesse spécifique (S) ;
- analyse de l'abondance relative par espèce (N) ;
- analyse de la biomasse taxonomique.

Le traitement des données porte sur :

- Le calcul de densités faunistiques (par espèce / par réplicats / par stations) ;
- Le calcul des indices d' $\alpha$  diversité (indice de Shannon Weaver H', richesse spécifique) ;
- Le calcul de l'indice biotique AMBI et M-AMBI (Borja *et al.*, 2003, Borja 2004) ;
- Des analyses multidimensionnelles (nMDS, Classification par Analyse Hiérarchique, ANOSIM) (Clarke et Warwick, 2001).

Les données obtenues sont traitées pour définir la structure des communautés benthiques et leur évolution spatio-temporelle à l'aide d'outils statistiques d'analyse univariés (moyennes, Indices de diversité, AMBI), et multivariés (nMDS, Classifications Hiérarchiques).

Les calculs des indices AMBI et M-AMBI ont été effectués à l'aide du logiciel en ligne [www.Azti technalia](http://www.Azti.technalia.com) version 4.1 (AZTI, 2010) sur la base des données faunistiques disponibles pour l'Amérique du Sud (données mises à jour du site AZTI), et sur l'expérience des auteurs pour l'assignation des espèces tropicales à des groupes fonctionnels (Bigot 2006 ; ARVAM, 2007; Bigot *et al.*, 2008).

Cette approche fonctionnelle s'appuie notamment sur la répartition des différentes espèces au sein de 5 groupes trophiques correspondant à des niveaux de perturbations environnementales croissants (de I à V) (Borja *et al.*, 2000, 2007).

Les valeurs limites des indices AMBI et M-AMBI et leurs correspondances en terme de qualité du milieu récepteur au sens de la WFD que l'on peut retenir pour cette étude sont les suivantes (cf. Tableau 2) :

**Tableau 2 : Limites des 5 classes « DCE » retenues pour l'indicateur M-AMBI à la Réunion (Bigot *et al.*, 2008)**

Classe M-AMBI	< 0,20	0,20 - 0,40	0,41 - 0,61	0,62 - 0,82	> 0,82
Etat Ecologique	Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon

## 2.5 Le contrôle qualité

Un des objectifs majeur de l'ARVAM est d'établir une traçabilité et une transparence dans la mise en œuvre de la campagne « Suivi du benthos de substrats meubles en milieu marin ». Un système Qualité existe à l'ARVAM pour la collecte, le traitement et l'analyse des échantillons de sédiment. Le laboratoire de Rouen est quant à lui accrédité par le COFRAC pour l'analyse des sédiments et le laboratoire ECOMAR est reconnu au plan régional comme le laboratoire référent pour l'identification des peuplements de macrofaune de substrat meuble. Ces systèmes apportent au Maître d'Ouvrage des garanties supplémentaires en matière d'évaluation du programme.

### **Manuel Technique**

En premier lieu et avant le démarrage effectif des interventions de terrain, le manuel technique existant et issu de l'étude pilote CARTOMAR a été révisé. Il regroupe l'ensemble des procédures suivies pour chacune des étapes, pour chacun des paramètres suivis, des stations (points de suivi). L'intervenant ARVAM présent à bord du navire a veillé à son application pleine et entière durant la campagne d'échantillonnage. Ce manuel fait l'objet de révisions régulières en fonction de l'avancement du programme.

### **Cahier de terrain**

Il a été révisé avant le démarrage effectif de la première campagne. Il assure la traçabilité des résultats (Figure 4). Il intègre la traçabilité dans la chaîne de conditionnement et de transfert des échantillons et les points suivants pour chaque station :

- Code masse d'eau ;
- Code station ;
- Code photos associées (deux derniers chiffres du code mnémonique de la station et n° de réplikat) ;
- Positionnement GPS ;
- Typologie de l'habitat.

De même pour chaque prélèvement les informations suivantes ont été relevées :

- Date et heure ;
- Position GPS ;
- Nature du sédiment ;
- Couleur de surface ;
- Profondeur de la couche oxydée/réduite ;
- Odeur ;
- Présence de structure biogène ou de coquilles mortes ;
- Espèces dominantes ;
- Engins de prélèvements ;
- Profondeur au sondeur ;
- Noms et coordonnées des intervenants ;
- Noms et coordonnées du navire affrété ;
- Numéro de réplikat ;
- Conditions météorologiques et état de la mer ;
- Photo du prélèvement.

### **Responsabilité des intervenants**

La répartition des tâches élémentaires de natures administratives, techniques, qualité et opérationnelles entre les intervenants de l'équipe de projet est formalisée avant le démarrage des opérations. Cette organisation a été présentée à l'OLE avant la campagne terrain.

### 3 Résultats

Cette étude, dont la mise en œuvre opérationnelle n'a pas posé de difficultés, a permis d'accroître et d'actualiser le degré de connaissance des sédiments marins du littoral réunionnais

Des peuplements de macrofaune endogée riches et diversifiés ont été décrits et l'application des indices de diversité actuellement définis dans le cadre de la DCE (indices AMBI et M-AMBI) semble cohérente avec les paramètres généraux du sédiment.

#### 3.1 Mise en œuvre opérationnelle

La campagne de terrain a été réalisée du 22 au 24 mai 2013.

La programmation a été arrêtée en fonction des prévisions météorologiques pour cette période. La veille du départ en mer, le 21 mai, l'ensemble du matériel et équipement a été embarqué sur la Curieuse. Les premiers tests de treuil ont été réalisés afin que l'ensemble de l'équipage soit opérationnel le 22 mai au matin.

**Tableau 3 : Chronogramme de réalisation de l'échantillonnage en mai 2013  
(\*nouvelles coordonnées GPS pour les stations de Saint Louis - Bel Air (côte) et de Saint Leu)**

Mnémonique	Libellé Station	ME côtère	Date	Heure	Latitude (WGS 84)	Longitude (WGS 84)	Prof (m)	Jour	Jour	Jour
								1	2	3
126-P-078	La Possession (côte)	LC08	22/05/13	07:38	-20,92116	55,33000	22			
126-P-018	La Possession (large)		22/05/13	08:22	-20,91542	55,32802	76			
126-P-075	Saint Denis - Barachois (côte)		22/05/13	10:30	-20,86681	55,43776	23			
126-P-074	Saint Denis - Barachois (large)		22/05/13	10:45	-20,85905	55,43767	54			
126-P-091	Saint Denis - Gillot	LC01	22/05/13	11:57	-20,87140	55,51941	56			
126-P-076	Saint André - Bois Rouge	LC02	22/05/13	13:30	-20,90392	55,65990	68			
126-P-081	Saint Benoît - Bourbier (côte)		22/05/13	15:00	-21,01464	55,71060	22			
126-P-077	Saint Benoît - Bourbier (large)		22/05/13	15:24	-21,01193	55,71735	40			
126-P-079	Sainte Rose - Bassin des Harengs	LC03	22/05/13	17:10	-21,12870	55,80900	49			
126-P072	Saint Joseph	LC04	23/05/13	11:06	-21,38713	55,63283	40			
126-P-014	Grande Anse		23/05/13	12:30	-21,37473	55,53647	57			
<b>126-P-088</b>	<b>Saint Louis - Bel Air (côte)*</b>	LC05	<b>23/05/13</b>	<b>14:50</b>	<b>-21,29805</b>	<b>55,39307</b>	<b>25</b>			
126-P-082	Saint Louis - Bel Air (large)		23/05/13	15:20	-21,30295	55,39198	55			
126-P-080	Les Avirons - Bois Blanc		23/05/13	16:35	-21,24927	55,29362	72			
<b>126-P-084</b>	<b>Saint Leu*</b>	LC06	<b>23/05/13</b>	<b>18:20</b>	<b>-21,16020</b>	<b>55,26948</b>	<b>60</b>			
126-P-083	Saint Paul (côte)	LC07	24/05/13	07:30	-21,00576	55,26393	21			
126-P-020	Saint Paul (large)		24/05/13	08:00	-20,99783	55,25697	73			

Au total 3 journées d'échantillonnage ont été nécessaires pour couvrir l'ensemble des 17 stations prévues (Tableau 3). L'ensemble des fiches terrain est présenté en annexe 2 du rapport de campagne.

L'ensemble des stations a pu être échantillonné. La dérive a été surveillée par l'équipage et l'ensemble des prélèvements a pu être réalisé à quelques dizaines de mètres des points GPS de référence. Deux stations ont dû être déplacées car le substrat ne convenait pas aux objectifs de l'échantillonnage (Figure 5). Le choix des nouvelles stations a été réalisé à partir des résultats de l'étude CARTOMAR, disponible à bord sous format cartographique, comme suit :

- Saint Louis Bel Air (côte) : la profondeur relevée sur le point théorique était de 14m. A cette profondeur les sédiments sont fréquemment remaniés, de plus cette faible bathymétrie constituait un danger pour le navire affrété. Pour le benthos de substrat meuble (BSM), l'ensemble des stations côtières est localisé sur des profondeurs supérieures à 20 m. Le point a été déplacé de 350 m afin d'atteindre cette bathymétrie homogène vis à vis des autres stations : lat -21,298050 / long 55,393067 (WGS84) ;
- Saint Leu : les premiers prélèvements effectués sur le point initial ont montré une grande hétérogénéité du substrat. Certaines bennes étaient pleines de sable mixte détritique, d'autres de blocs décimétrique empêchant l'engin de travailler correctement, d'autres remontaient vides (résultat souvent consécutif à la présence de substrat dur). L'objectif de 6 prélèvements homogènes n'étant pas réalisable sur ce point, la station a été déplacée de 1208m au nord du point initial (lat -21,160200 / long 55,269483 (WGS84)). Les 6 coups de bennes successifs réussis sur le nouveau point ont conforté ce choix.

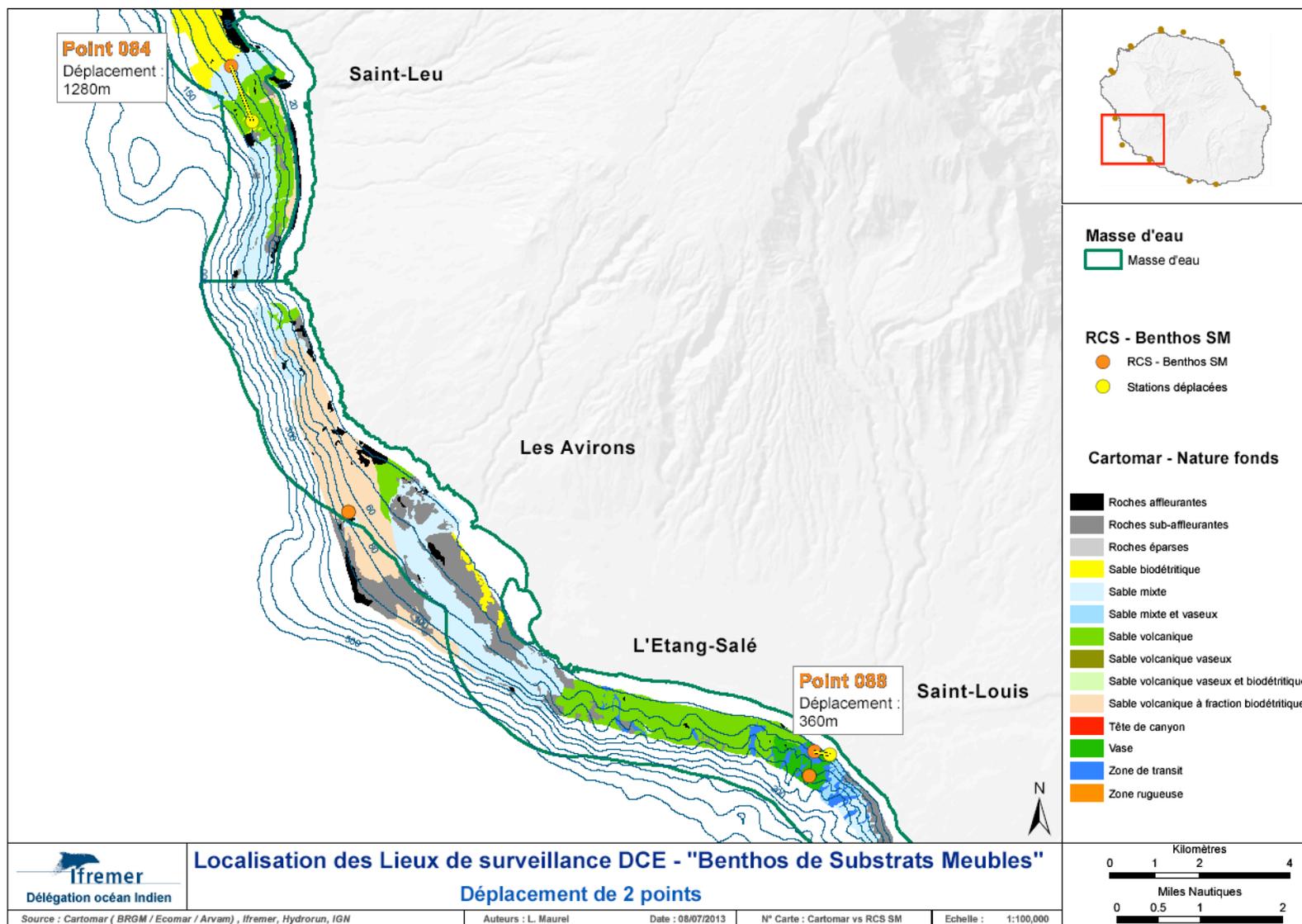


Figure 6 : Positionnement des anciennes  et des nouvelles stations  Saint louis Bel air (côte) et Saint Leu sur les couches CARTOMAR

### 3.2 Paramètres généraux du sédiment

L'ensemble des données des paramètres généraux a été remis sous format excel en décembre 2013 et est bancarisées sur Quadrigé2. Les données brutes sont présentées en annexe 1.

A ce jour très peu de grilles d'indicateur DCE ont été développées pour l'analyse des fonds sédimentaires. Aussi, à titre indicatif, il a été choisi d'appliquer 1 grille aux données recueillies lors des campagnes 2008 (CARTOMAR) et 2013 (Tableau 4) Granulométrie : Classification Kouyoumontzakis pour la fraction fine (<63µm) (Marty, 1993).

**Tableau 4 : Classification Kouyoumontzakis pour la fraction fine (<63µm) (Marty, 1993)**

	Marty, 1993
Fines	<b>Fraction fine &lt;63µm</b>
Sables purs	0-5%
Sables envasés et vases sableuses	5-25%
Vases sableuses et vases	25-50%
Vases	50-75 %
Vases	>75%

Il est à noter que les plans d'échantillonnages des deux campagnes (2008 et 2013) diffèrent sur 2 points :

- Pour 5 stations (126-P-075 ; 126-P-091 ; 126-P-081 ; 126-P-088 ; 126-P-084) les coordonnées GPS des stations 2008 et 2013 ne sont pas exactement identiques. Les codes CARTOMAR de ces stations sont indiqués en orange dans le tableau 3. Pour les autres stations les coordonnées sont strictement identiques ;
- Pour 3 stations (126-P-078 ; 126-P-072 et 126-P-083) il n'existe pas de stations similaires entre les deux campagnes. Par conséquent seuls les résultats de 2013 sont disponibles.

Les paramètres généraux relevés sur les sédiments des 17 stations lors des campagnes de 2008 (CARTOMAR) et 2013 confirment la relative stabilité du milieu benthique en terme de composante organique (C org) et de fractions fines < à 63 µm. Les sédiments sont peu enrichis et ils présentent des teneurs en particules fines faibles sur la plupart des stations.

Une hausse de la teneur en particules fines est observée pour 4 stations :

- La station Saint Denis Barchois (Large): les sédiments échantillonnés appartenait à la classe des sables purs en 2008 (4,66% de fines). En 2013, des sables envasés et vases sableuses ont été échantillonnés sur la même station avec 14,80% des particules inférieures à 63µm ;
- La station Sainte Rose – bassin des Harengs : les sédiments échantillonnés appartenait à la classe des sables purs en 2008 (3,91% de fines). En 2013, des sables envasés et vases sableuses ont été échantillonnés sur la même station avec 10,60% des particules inférieures à 63µm ;

- La station Saint Louis Bel Air (large) : les sédiments échantillonnés appartenait à la classe des vases sableuses en 2008 (34,8% de fines). En 2013, des vases ont été échantillonnées sur la même station avec 53,4% des particules inférieures à 63µm ;
- La station Saint Paul (Large) : lors de la campagne de 2008 les fonds présentaient une part de vases et de vases sableuses avec 30,30% de particules fines. En 2013, les sédiments échantillonnés appartiennent toujours à la même classe mais présentent une teneur en nette hausse avec 43,80% des particules inférieures à 63µm.

Les trois stations échantillonnées pour la première fois (126-P-078 ; 126-P-072 et 126-P-083) présentent des pourcentages de particules fines très faibles. Il s'agit de sables purs sur les 3 stations.

**Tableau 5 : Paramètres généraux relevés sur les 17 stations lors des campagnes CARTOMAR (2008) et DCE substrats meubles (2013)**

Stations "large"	ME	Code station CARTOMAR 2008	Mnémonique 2013	2008	2013	2008	2013
				Fraction part <63µm	Fraction part <63µm	Carbone organique	Carbone organique
Nom	côtière			%	%	%m/m	%m/m
La Possession (Large)	LC08	<b>B133A</b>	<b>126-P-018</b>	36,90	26,00	0,49	0,34
Saint Denis - Barachois (Large)		<b>B155A</b>	<b>126-P-074</b>	4,66	14,80	0,31	<0,10
Saint Denis - Gillot	LC01	<b>B172A</b>	<b>126-P-091</b>	24,30	8,61	0,36	<0,10
Saint André - Bois Rouge	LC02	<b>B186A</b>	<b>126-P-076</b>	2,55	5,07	0,23	<0,10
Saint Benoit - Bourbier (Large)		<b>B196A</b>	<b>126-P-077</b>	5,00	5,14	0,32	0,24
Sainte Rose - Bassin des Harengs	LC03	<b>B214A</b>	<b>126-P-079</b>	3,91	10,60	0,33	0,3
Saint-Joseph	LC04		<b>126-P-072</b>		0,79		<0,10
Grande Anse		<b>B47A</b>	<b>126-P-014</b>	1,15	0,65	0,20	0,36
Saint Louis - Bel Air (Large)	LC05	<b>B25A</b>	<b>126-P-082</b>	34,80	53,40	0,24	0,44
Les Avirons - Bois Blanc		<b>B37A</b>	<b>126-P-080</b>	0,80	<0,010	0,20	0,16
Saint Leu (2008)	LC06	<b>B8</b>		1,13			
Saint Leu (2013)			<b>126-P-084</b>		1,53		0,3
Saint Paul (Large)	LC07	<b>B121A</b>	<b>126-P-020</b>	30,30	43,80	0,35	0,32

Stations complémentaires	ME	Code station CARTOMAR 2008	Mnémonique 2013	2008	2013	2008	2013
				Fraction part <63µm	Fraction part <63µm	Carbone organique	Carbone organique
Nom	côtière			%	%	%m/m	%m/m
La Possession (Côte)	LC08		<b>126-P-078</b>		0,42		<0,10
Saint Denis - Barachois (Côte)		<b>B144</b>	<b>126-P-075</b>	2,70	3,72		<0,10
Saint Benoit - Bourbier (Côte)	LC02	<b>B197</b>	<b>126-P-081</b>	2,40	1,60	<0,10	0,22
Saint Louis - Bel Air (Côte)	LC05	<b>B26A</b>	<b>126-P-088</b>	5,82	0,84		<0,10
Saint Paul (Côte)	LC07		<b>126-P-083</b>		4,03		<0,10

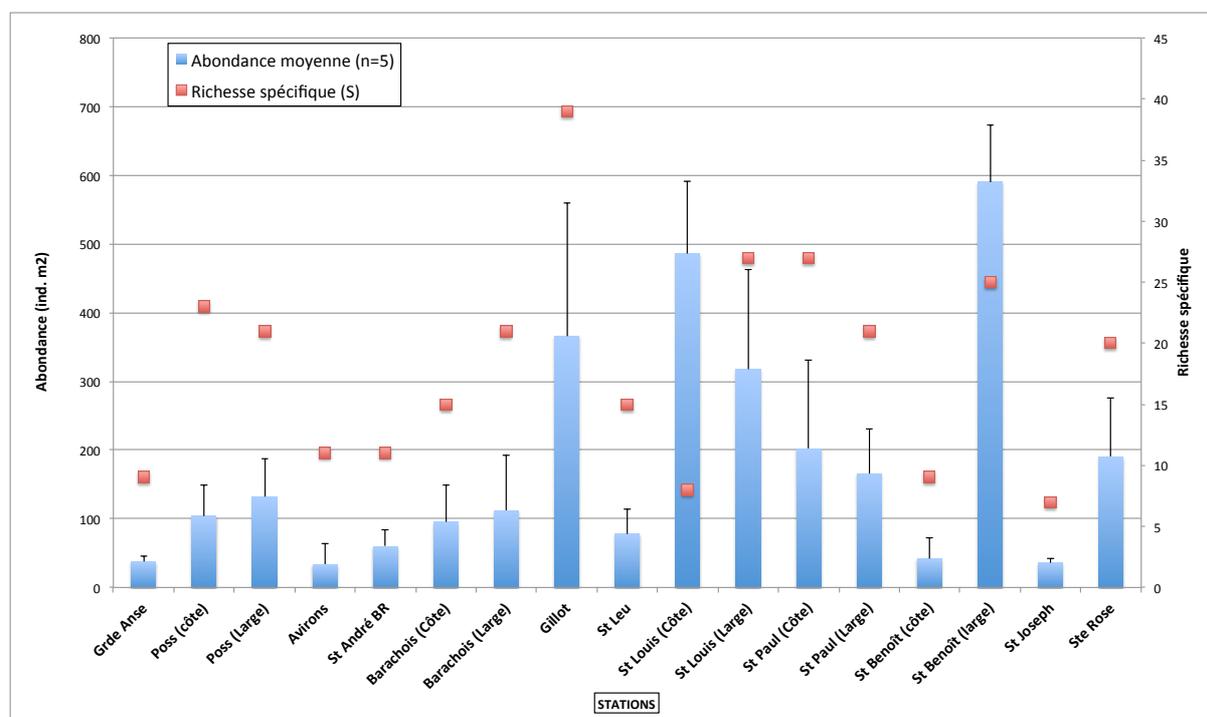
### 3.3 Structure de la macrofaune benthique en 2013

L'étude des communautés macrobenthiques de substrat meuble et leur milieu de vie est étudié à La Réunion depuis 13 ans à travers plusieurs études. Cependant, il existe peu de données collectées simultanément sur la totalité des masses d'eaux de l'île. La campagne DCE 2013 est ainsi la seconde à avoir été effectuée après celle de CARTOMAR en 2008 (BRGM, 2008).

La présente étude qui s'appuie sur un échantillonnage global (17 stations) constitue donc un **nouvel état de santé des masses d'eaux côtières** pour ce type d'habitat.

#### 3.3.1 Abondance et richesse spécifique

L'analyse effectuée en 2013 sur les 17 stations d'échantillonnages a permis de recenser **130 espèces et 1536 individus**, tous taxons confondus.



**Figure 7 : Répartition des communautés en densité (ind.m<sup>2</sup> / et) et richesse spécifique (S) par station**

L'analyse faunistique effectuée sur les communautés de macrofaune endogée permet de mettre en évidence les principaux éléments suivants (Figure 6) :

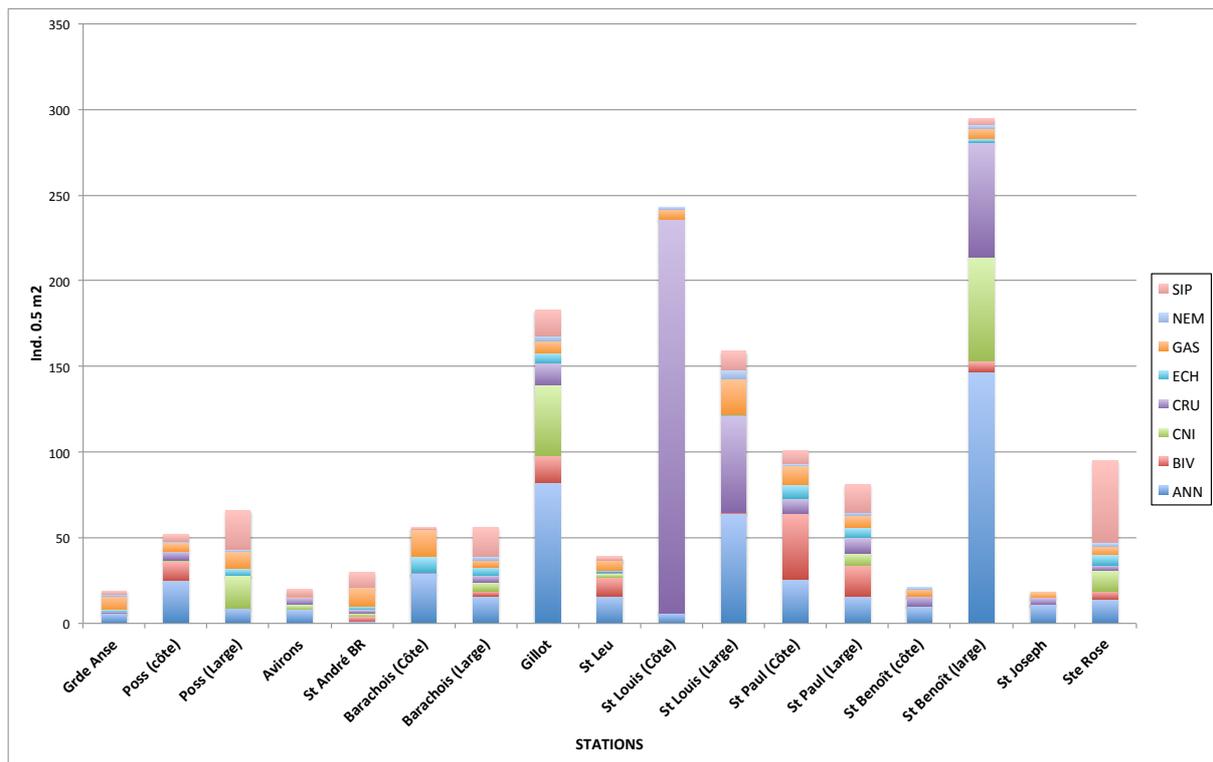
- Il existe une hétérogénéité de la densité faunistique entre certains **secteurs géographiques**, certains d'entre eux étant caractérisés par des abondances moyennes à faibles (100 ind.m<sup>2</sup>), et d'autres plus importantes, notamment au niveau des zones plus profondes (« large » versus « côte ») ;
- Les secteurs de Gillot (LC 01), de St Louis (LC 05) ou de St Benoît (LC 02) présentent des niveaux de densités plus élevés (> à 300 ind.m<sup>2</sup>). Ce sont le plus souvent des

zones plus profondes (60 à 70 m), ou soumises à des sources d'apports organiques plus conséquentes (embouchure de l'étang du Gol / Bel Air / St Louis). Dans ce dernier cas de figure la diversité est souvent plus faible et témoigne d'une perturbation des communautés ;

- Les secteurs les plus littoraux (zone des 20 m), fortement soumis à des remaniements sédimentaires importants (cf. houles) sont caractérisés par des valeurs d'abondance et de richesse spécifique (S) souvent moyens à faibles ;
- La richesse spécifique est globalement assez moyenne (S moyen de 18 à 20), certains secteurs étant plus riches que les autres (Gillot, ST Louis, St Paul).

### 3.3.2 Analyse taxonomique

L'analyse taxonomique par station (Figure 8) montre la forte représentation des Annélides Polychètes, des Crustacés ou des Bivalves sur la grande majorité des stations. Les autres taxons (Cnidaires, Mollusques Gastéropodes, Némertiens, Sipunculides, Echinodermes) sont globalement moins représentés sur les stations. Ils contribuent cependant à la diversité globale de ces habitats. Plus localement (secteur de Gillot, La Possession, St Benoit) certaines stations sont marquées par des communautés spécifiques telles que des Cnidaires (coraux solitaires).



**Figure 8 : Répartition taxonomique de la macrofaune (ind. 0,5 m<sup>2</sup>) sur les stations 2013 (SIPU : Sipunculidae ; NEM : Némertiens ; GAS : Gastéropodes ; ECH : Echinodermes ; CRU : Crustacés ; CNI : Cnidaires ; BIV : Bivalves ; ANN : Annélides)**

Sur les stations les plus riches, la proportion des Annélides est souvent déterminante (Gillot, St Benoit large) en complément de celle des Crustacés, les autres taxons complétant le cortège faunistique. Les polychètes sont globalement représentés par des espèces

détritivores de surface, et des formes carnivores. Ces catégories sont généralement retrouvées sur toutes les stations avec des niveaux d'abondance et de biomasse variables.

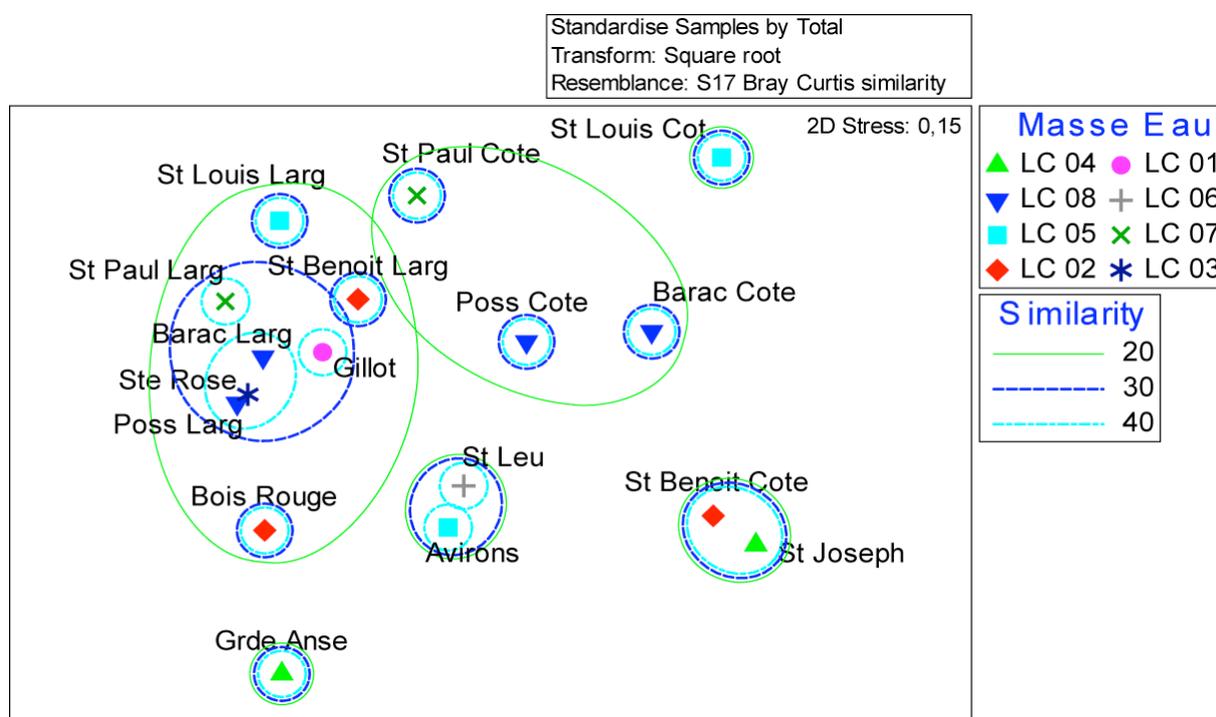
Les polychètes sont dominés par des Familles caractéristiques avec des espèces carnivores telles que des Eunicidae (*Diopatra cuprea*), des Aphroditidae (*Sthenelais boa*, *Silagion mathildae*), des Pilargidae (*Ancistrosyllis parva*). Les espèces détritivores de surface sont souvent des Spionidae (*Prionospio* spp., *Malacoceros indicus*, *Scolelepsis* sp.), des Capitellidae (*Notomastus* sp., *Paraleiocapitella* sp.).

Sur certaines stations (Gillot, St Louis large), les Crustacés sont bien représentés par des Amphipodes Corophiidae (*Siphonoecetes* sp), des Tanaidacea (*Calathura* sp) et des Paguridae. Sur d'autres stations et masse d'eau, la dominance est parfois marquée par des Cnidaires (coraux solitaires) (*Heterocyathus aequicostatus*, *Heteropsammia michelini*) ou par des communautés de Bivalves (*Dosinia histrio*, *Lioconcha philipinarum*, *Timoclea concinna*).

Sur de nombreuses stations, les Sipunculides sont représentés par une espèce dominante qui colonise très souvent les coquilles de Gastéropodes vides (*Aspidosiphon muelleri*).

### 3.3.3 Structure spatiale des communautés benthiques

Une analyse multidimensionnelle (nMDS et Classification Hiérarchique) a été effectuée sur les données faunistiques (matrice de contingence « espèce / échantillons ») des 17 stations 2013 (Figure 8). Afin d'optimiser l'analyse, les réplicats ont été regroupés par station. Les principaux résultats sont les suivants :



**Figure 9 : Analyse multidimensionnelle (nMDS) et Classification Hiérarchique (Similarity) sur la structure des communautés benthiques des 17 stations échantillonnées en 2013**

- L'analyse met en évidence une spécificité des communautés trouvées préférentiellement sur les stations les plus côtières (Possession côte, Barachois côte,

St Paul côte, St Louis côte, St Benoit côte). Sur ces stations de faible profondeur (20 m) les sédiments sont assez fréquemment remaniés par les différents épisodes houlographiques (cyclones, dépressions, houles australes) et les communautés y sont en général assez pauvres. Cette analyse avait déjà été mise en évidence lors des travaux (ARVAM et al., 2010). Ces stations sont cependant les premières à être susceptibles d'être impactés par des perturbations littorales ou issues des bassins versants.

- A l'inverse, les stations les plus profondes (Poss. large, Barachois large, St Benoit, St Louis, Ste Rose, Gillot) sont caractérisées par des communautés plus stables et plus riches, qui constituent donc des bio-indicateurs pérennes pour la DCE.
- Les stations du Sud (Grande Anse, Avirons, St Leu) bien que situées à une bathymétrie plus importante, semblent caractérisées par des communautés plus spécifiques assez pauvres. Cet état de fait pourrait être lié à la nature même des sédiments (sables moyens à grossiers de nature bioclastiques) et à la pauvreté des apports organiques issus des bassins versants adjacents.

### **3.3.4 Approche écologique basée sur le calcul des indices standardisés DCE**

Le calcul de l'indice biotique « AMBI » et « M-AMBI » utilisé à La Réunion est testé sur le jeu de données 2013. Il a été adapté au contexte local sur la base de la liste faunistique disponible pour la zone Océan Indien (Bigot *et al*, 2008) pour l'assignation des espèces tropicales à des groupes fonctionnels (site AZTI v4) et sur l'expérience personnelle des auteurs.

#### **3.3.4.1 Calcul des indices AMBI par station**

Le calcul de l'indice AMBI a été réalisé à partir du logiciel disponible sur le site AZTI. Les résultats sont présentés sur les figures 9 et 10.

Stations Distribution

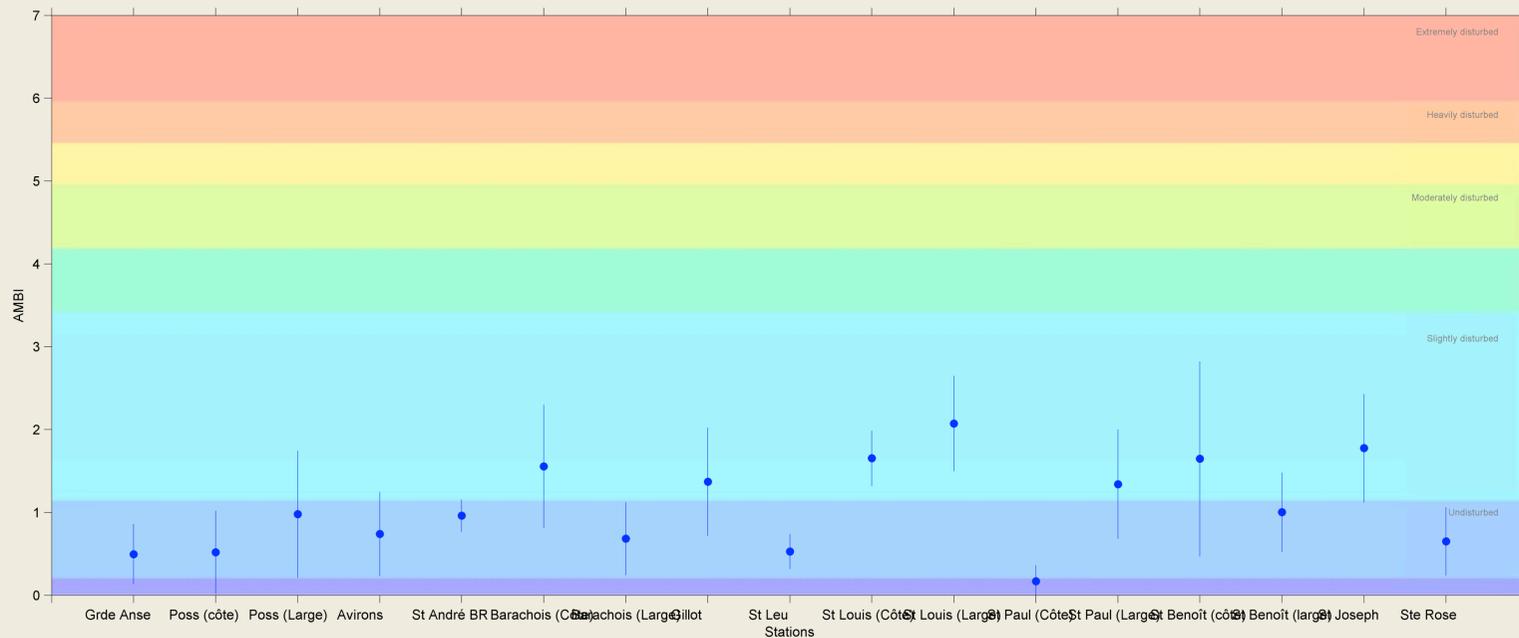


Figure 10: Indices globaux AMBI calculés sur les 17 stations Réunion.

Stations Distribution

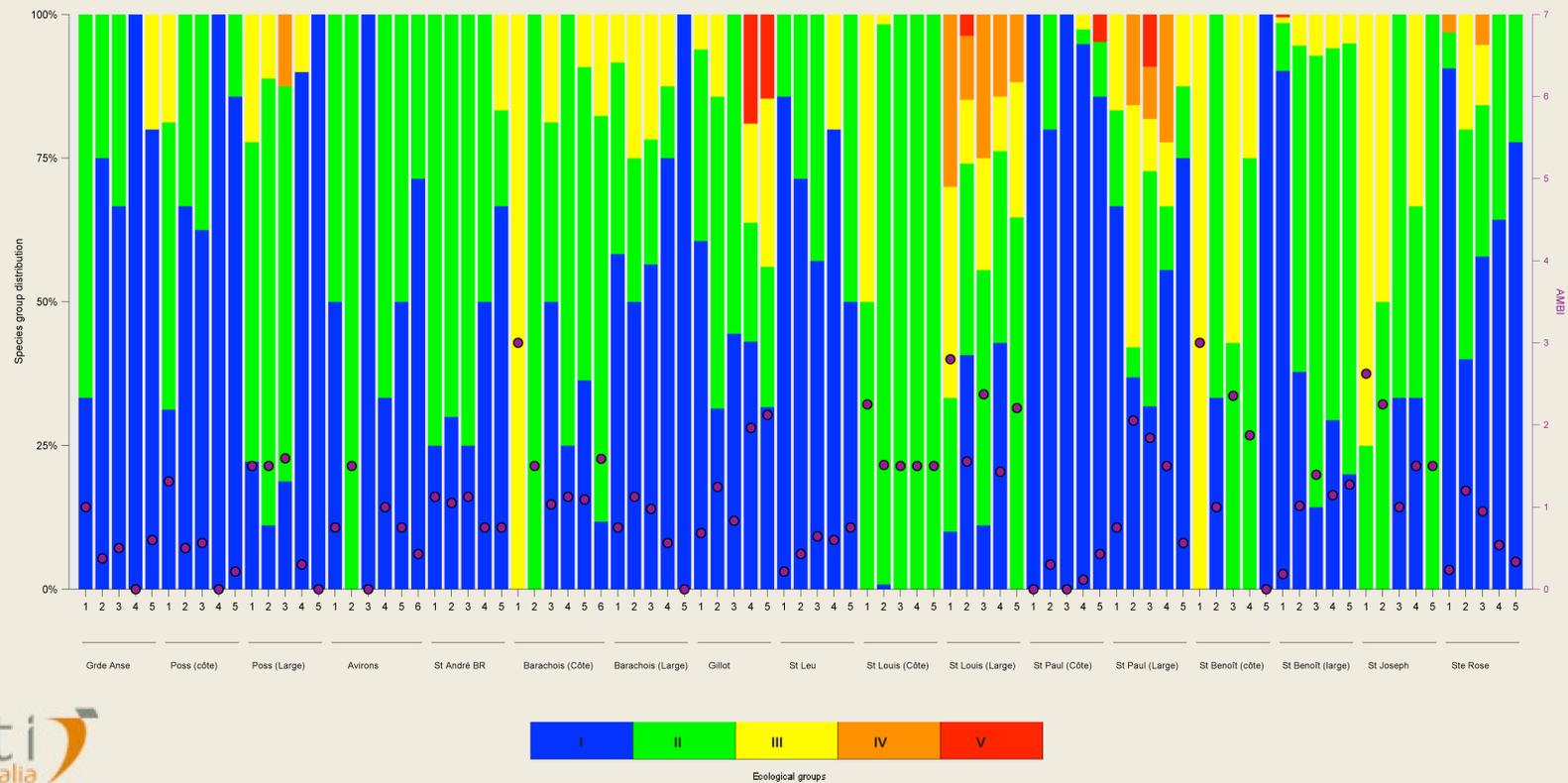
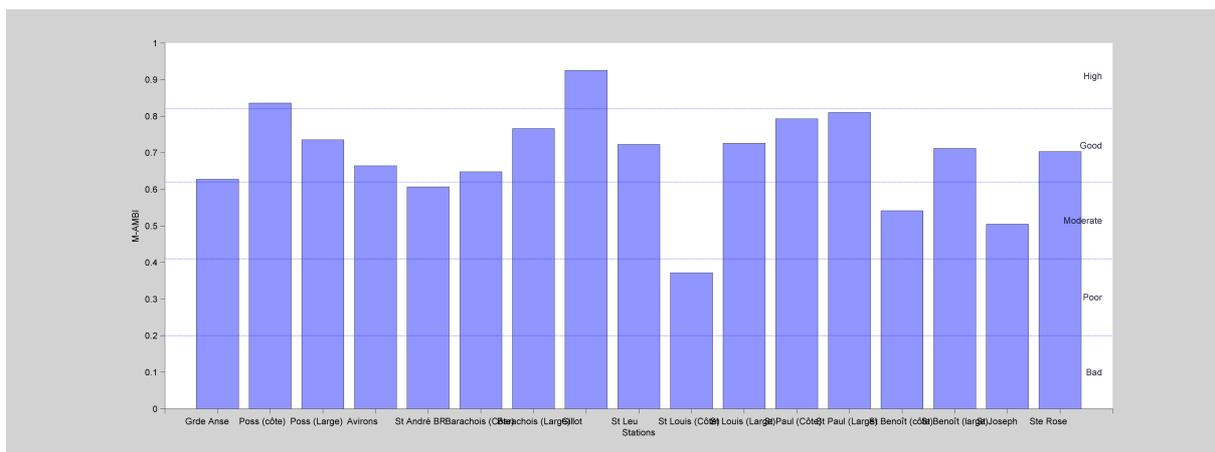


Figure 11: Répartition des différents groupes de polluo-sensibilité par stations au regard de la DCE.

- Les indices AMBI calculés en 2013 sont globalement assez proches les uns des autres et correspondent généralement à des états « non perturbés » à « très peu perturbés » du point de vue de la structure trophique des communautés. Les valeurs des 5 réplicats sont par la suite moyennées sur chaque station.
- Ces résultats semblent niveler les hétérogénéités de communautés mises en évidence sur les analyses précédentes (stations littorales & stations plus profondes). D'un point de vue des groupes trophiques, les différences observées entre stations littorales plus soumises aux remaniements sédimentaires et stations plus profondes et plus stables, semblent moins marquées que lors de l'utilisation des indices d'abondance et de diversité univariés.
- En terme de groupes fonctionnels, les stations DCE se caractérisent bien par une dominance d'espèces appartenant aux groupes I (espèces très sensibles aux perturbations) et II (espèces moyennement sensibles). Dans l'état actuel, la proportion d'espèces appartenant aux groupes III (espèces tolérantes aux enrichissements en matière organique et opportunistes) et IV (espèces résistantes aux perturbations) est plus globalement modérée. A plus long terme, une évolution de la proportion de ces derniers groupes fonctionnels (III et IV) pourrait fournir une indication sur l'évolution de la qualité du milieu benthique.

#### 3.3.4.2 Calcul de l'indice « M-AMBI »

De manière complémentaire à l'approche « AMBI », le calcul de l'indice « M-AMBI » a été effectué sur les 17 stations (Figure 11). Ce calcul est basé sur une analyse multidimensionnelle effectuée à partir de 3 paramètres clés : richesse spécifique (S), indice de diversité de Shannon (H') et AMBI. Il permet ainsi d'intégrer 2 composantes supplémentaires par rapport à l'indice AMBI seul, et défini « des bornes » (supérieures et inférieures) entre lesquelles sont calculés les indices M-AMBI sur les différentes stations. Le calcul de l'indice AMBI a été réalisé à partir du logiciel disponible sur le site AZTI.



<b>Stations "large"</b>			2013	2013	2013	2013	2013
Nom	ME côtière	Mnémonique 2013	AMBI	Diversity (H')	Richness	M-AMBI	Status DCE
La Possession (Large)	LC08	126-P-018	0,98	3,4257	21	0,74	Bon Etat
Saint Denis - Barchois (Large)		126-P-074	0,68	3,5863	21	0,77	Bon Etat
Saint Denis - Gillot	LC01	126-P-091	1,37	4,4502	39	0,92	Très bon Etat
Saint André - Bois Rouge	LC02	126-P-076	0,96	2,7153	11	0,61	Etat Moyen
Saint Benoit - Bourbier (Large)		126-P-077	1,00	2,7435	25	0,71	Bon Etat
Sainte Rose - Bassin des Harengs	LC03	126-P-079	0,65	2,8371	20	0,70	Bon Etat
Saint-Joseph	LC04	126-P-072	1,78	2,4411	7	0,50	Etat Moyen
Grande Anse		126-P-014	0,46	2,9200	9	0,63	Bon Etat
Saint Louis - Bel Air (Large)	LC05	126-P-082	2,07	3,6121	27	0,73	Bon Etat
Les Avirons - Bois Blanc		126-P-080	0,74	3,2842	11	0,66	Bon Etat
Saint Paul (Large)	LC07	126-P-020	1,34	4,1097	27	0,81	Bon Etat

<b>Stations complémentaires</b>			2013	2013	2013	2013	2013
Nom	ME côtière	Mnémonique 2013	AMBI	Diversity (H')	Richness	M-AMBI	Status DCE
La Possession (Côte)	LC08	126-P-078	0,52	4,1668	23	0,84	Très bon Etat
Saint Denis - Barchois (Côte)		126-P-075	1,56	3,3473	15	0,65	Bon Etat
Saint Benoit - Bourbier (Côte)	LC02	126-P-081	1,65	2,6227	9	0,54	Etat Moyen
Saint Louis - Bel Air (Côte)	LC05	126-P-088	1,65	0,5014	8	0,37	Etat médiocre
Saint Paul (Côte)	LC07	126-P-083	0,17	3,5146	21	0,79	Bon Etat

**Figure 12: Indices M-AMBI calculés sur les 17 stations (A) associé à la diversité (H') et à la richesse spécifique et attribution du statut écologique au sens de la DCE.**

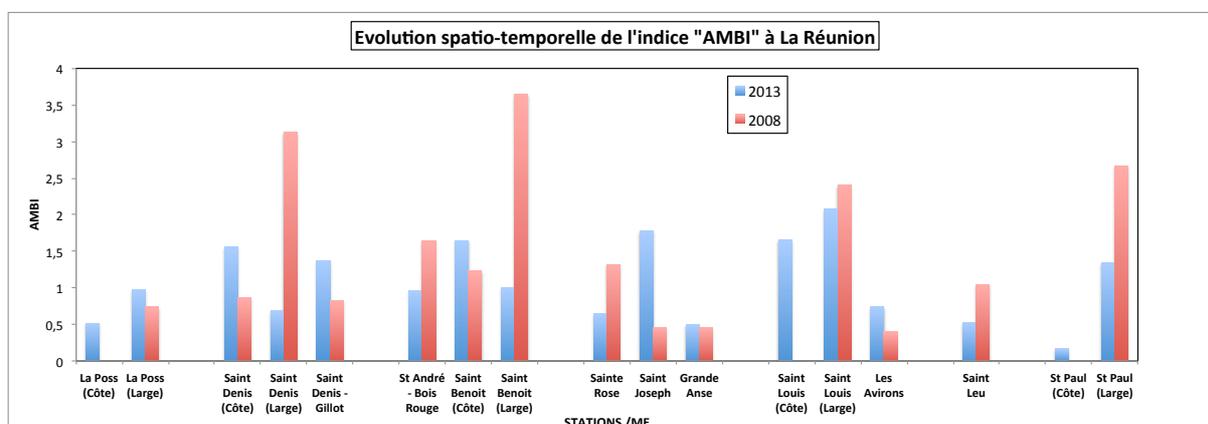
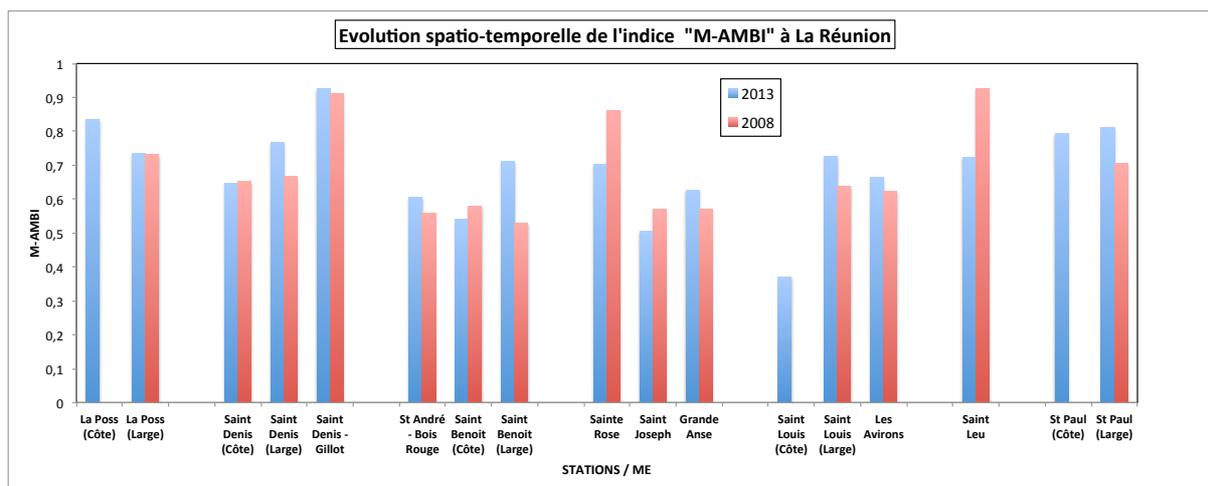
L'indice M-AMBI est en ce sens plus intégrateur de l'état de la communauté benthique que l'indice AMBI pris isolément. Les résultats de cette analyse (Figure 12) mettent en évidence plusieurs points principaux :

- Globalement, les stations choisies dans le cadre de la DCE présentent un état de santé défini comme « bon » au sens de l'état écologique des masses d'eau. Elles présentent des communautés assez homogènes en terme d'habitats et de milieux qui sont donc comparables et peuvent être utilisées comme des zones de référence potentielles.
- Quelques stations plus côtières (St Joseph, St Benoit côte) présentent un état de santé qualifié de « modéré ». Elles pourraient faire l'objet d'un suivi plus régulier dans le temps.
- Seule la station St Louis (côte) présente un état qualifié de « mauvais ». Cette station semble surtout marquée par une pauvreté des communautés (S) et un déséquilibre localisé. Cette station est directement soumise à l'influence de la rivière St Etienne, qui est liée à un bassin versant fortement impacté par les activités anthropiques. Elle mériterait également de faire l'objet d'un suivi complémentaire.

#### 3.3.4.3 Evolution spatio-temporelle des indices AMBI et M-AMBI

Une première campagne d'échantillonnage de macrofaune benthique de substrat meuble a pu être effectuée en 2008 lors de la campagne terrain associée au programme CARTOMAR. Elle a permis de collecter des données sur les différentes masses d'eaux et sur certaines stations reprises dans le cadre de la DCE en 2013. Ce premier travail réalisé dans un cadre méthodologique quasi identique à celui entrepris actuellement (stations communes, méthodologie de prélèvement et d'analyse identique, répliquabilité inférieure) a permis de collecter un premier jeu de données sur lequel a été testé l'indicateur AMBI et M-AMBI.

Une analyse comparative a par la suite été effectuée avec les données collectées en 2013 sur les stations identiques ou présentant des caractéristiques d'habitats identiques. Les résultats sont présentés Tableau 6, Figure 12.



**Figure 13: Evolution spatio-temporelle des indices « M-AMBI » (A) et « AMBI » calculés sur les 17 stations DCE de La Réunion.**

- L'indice AMBI pris isolément présente des variations qui sont parfois importantes entre 2008 et 2013 (cas de St Denis large, St Benoit, St Joseph, St Paul large) de par les évolutions de la structure des communautés benthiques. D'autres stations sont en revanche plus stables. Ceci montre que la seule prise en considération de cet indice (base des groupes trophiques) est insuffisante pour qualifier à elle seule l'état de la masse d'eau.
- L'indice M-AMBI est par contre beaucoup plus stable comme le montre la figure 7. On note une **très bonne corrélation entre les valeurs calculées en 2008 et celles de 2013** pour la quasi-totalité des stations. Ceci confirme la pertinence de cet indice intégrateur de l'état de santé global du milieu benthique, qui semble robuste et s'appuie sur une combinaison de plusieurs métriques, ce qui est fortement recommandé dans la DCE.
- Les valeurs de 2013 confirment très largement les premiers résultats obtenus en 2008, et mettent en évidence une situation environnementale qui peut être qualifiée de stable du point de vue biologique, **la majorité des masses d'eaux côtières (à une exception près) présentant un niveau de qualité écologique « moyen » à « bon » au sens de la DCE.**

### 3.4 Bancarisation Quadrige<sup>2</sup>

Le processus de bancarisation des données relatives à la campagne substrats meubles est terminé pour :

- Date et horaires de passage ;
- Les paramètres descriptifs du sédiment (granulométrie laser, CO) ;
- Les photos des prélèvements.

A ce jour, le processus est stabilisé pour la partie « taxonomie de la macrofaune ». En effet, durant cette campagne de nouveaux taxons ont été identifiés et les codes WORMS nécessaires à leur intégration dans la base ont été intégrés. Certaines espèces restent « en attente d'identification », seuls les genres sont renseignés dans le fichier de transfert. Le laboratoire ECOMAR et la cellule Quadrige à Ifremer Réunion travaillent conjointement à faire valider définitivement cette étape et finaliser la bancarisation de la campagne pour mi mars 2014.

**Tableau 6 Caractéristiques du milieu sédimentaire (Granulométrie, Fines, CO) et indices de diversité faunistique (« M-AMBI », « AMBI », H', S) calculés sur les 17 stations DCE de La Réunion en 2008 (données Cartomar) et en 2013 (présente étude) regroupées en stations "large" et stations côtières dites complémentaires**

Stations "large"	ME	Code station CARTOMAR 2008	Mnémonique 2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
				Fraction part <63µm	Fraction part <63µm	Carbone organique	Carbone organique	AMBI	AMBI	Diversity (H')	Diversity (H')	Richness	Richness	M-AMBI	M-AMBI	Etat de santé CARTOMAR donné à titre indicatif	Status DCE
Nom	côtière			%	%	%m/m	%m/m										
La Possession (Large)	LC08	B133A	126-P-018	36,90	26,00	0,49	0,34	0,74	0,98	3,3821	3,4257	24	21	0,73	0,74	Bon Etat	Bon Etat
Saint Denis - Barachois (Large)		B155A	126-P-074	4,66	14,80	0,31	<0,10	3,13	0,68	3,1352	3,5863	31	21	0,67	0,77	Bon Etat	Bon Etat
Saint Denis - Gillot	LC01	B172A	126-P-091	24,30	8,61	0,36	<0,10	0,82	1,37	3,8874	4,4502	41	39	0,91	0,92	Très bon Etat	Très bon Etat
Saint André - Bois Rouge	LC02	B186A	126-P-076	2,55	5,07	0,23	<0,10	1,65	0,96	3,0324	2,7153	11	11	0,56	0,61	Etat Moyen	Etat Moyen
Saint Benoit - Bourbier (Large)		B196A	126-P-077	5,00	5,14	0,32	0,24	3,64	1,00	2,4343	2,7435	25	25	0,53	0,71	Etat Moyen	Bon Etat
Sainte Rose - Bassin des Harengs	LC03	B214A	126-P-079	3,91	10,60	0,33	0,3	1,32	0,65	4,4488	2,8371	30	20	0,86	0,70	Très bon Etat	Bon Etat
Saint-Joseph	LC04		126-P-072		0,79		<0,10	0,46	1,78	2,9219	2,4411	8	7	0,57	0,50	Etat Moyen	Etat Moyen
Grande Anse		B47A	126-P-014	1,15	0,65	0,20	0,36	0,46	0,46	2,9219	2,9200	8	9	0,57	0,63	Etat Moyen	Bon Etat
Saint Louis - Bel Air (Large)	LC05	B25A	126-P-082	34,80	53,40	0,24	0,44	2,41	2,07	3,5123	3,6121	19	27	0,64	0,73	Bon Etat	Bon Etat
Les Avirons - Bois Blanc		B37A	126-P-080	0,80	<0,010	0,20	0,16	0,40	0,74	3,0940	3,2842	12	11	0,62	0,66	Etat Moyen	Bon Etat
Saint Leu (2008)	LC06	B8		1,13				1,04		4,6145		35		0,93		Très bon Etat	
Saint Leu (2013)			126-P-084		1,53		0,3		0,53			3,4802	15		0,72		
Saint Paul (Large)	LC07	B121A	126-P-020	30,30	43,80	0,35	0,32	2,67	1,34	3,6653	4,1097	27	27	0,71	0,81	Bon Etat	Bon Etat

Stations complémentaires	ME	Code station CARTOMAR 2008	Mnémonique 2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
				Fraction part <63µm	Fraction part <63µm	Carbone organique	Carbone organique	AMBI	AMBI	Diversity (H')	Diversity (H')	Richness	Richness	M-AMBI	M-AMBI	Etat de santé CARTOMAR donné à titre indicatif	Status DCE
Nom	côtière			%	%	%m/m	%m/m										
La Possession (Côte)	LC08		126-P-078		0,42		<0,10		0,52		4,1668		23		0,84		Très bon Etat
Saint Denis - Barachois (Côte)		B144	126-P-075	2,70	3,72		<0,10	0,87	1,56	3,4216	3,3473	14	15	0,65	0,65	Bon Etat	Bon Etat
Saint Benoit - Bourbier (Côte)	LC02	B197	126-P-081	2,40	1,60	<0,10	0,22	1,23	1,65	2,9214	2,6227	13	9	0,58	0,54	Etat Moyen	Etat Moyen
Saint Louis - Bel Air (Côte)	LC05	B26A	126-P-088	5,82	0,84		<0,10		1,65		0,5014		8		0,37		Etat médiocre
Saint Paul (Côte)	LC07		126-P-083		4,03		<0,10		0,17		3,5146		21		0,79		Bon Etat

Fines	Marty, 1993 Fraction fine <63µm
Sables purs	0-5%
Sables envasés et vases sableuses	5-25%
Vases sableuses et vases	25-50%
Vases	50-75 %
Vases	>75%

Classe M-AMBI	< 0,20	0,20 - 0,40	0,41 - 0,61	0,62 - 0,82	> 0,82
Etat Ecologique	Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon

## 4 Synthèse et perspectives

Le compartiment sédiment reste peu étudié à ce jour à La Réunion. Cette première campagne « Réseau de surveillance des substrats meubles », portant sur 17 stations réparties sur les 8 masses d'eau côtières, a permis d'acquérir des données pertinentes.

La mise en œuvre opérationnelle n'a pas posé de difficultés majeures, ce type d'opération étant régulièrement réalisé avec succès par les équipes actuelles. L'organisation logistique adoptée lors de l'étude pilote de 2008 (Cartomar) a été améliorée en 2013, et peut en l'état actuel être renouvelée régulièrement.

L'échantillonnage des 17 stations a permis de recueillir 2 types de données :

### Paramètres généraux

Les données de physico-chimie ont confirmé les tendances décrites lors de l'étude pilote en 2008. Les sédiments côtiers de la Réunion présentent un enrichissement et une fraction de particules fines très faibles.

Néanmoins une augmentation significative du pourcentage de particules fines a été observée pour quatre stations (Saint-Denis Barachois (Large) ; Sainte-Rose – bassin des Harengs ; Saint-Louis Bel Air (large) et Saint-Paul (Large)). En 2008 parmi les 17 stations aucune ne présentait de sédiment de type vaseux mais en 2013 la station Saint-Louis Bel Air (large) présente une fraction de vase significative (50,30% des particules sont inférieures à 63  $\mu\text{m}$ ).

### Peuplements endogés et calculs des indices standardisés DCE AMBI et M-AMBI

Tous taxons confondus, 130 espèces et 1536 individus ont été recensés lors de l'analyse d'abondance des échantillons de macrofaune. La structure des communautés montre le plus souvent une disparité entre les stations les plus littorales (bathymétrie des -20 m) et celles situées en profondeur (horizon des -50 / -70 m de profondeur).

Les stations les plus profondes sont caractérisées par une stabilité du milieu benthique et des communautés plus riches et diversifiées, ce qui est notamment lié au faible remaniement sédimentaire (par oppositions aux habitats les plus littoraux). Ce constat avait été mis en évidence lors de précédentes études (Bigot et al., 2006 ; ARVAM et al., 2010). Les **stations les plus profondes** sont donc à priori celles **susceptibles d'être retenues comme des stations pérennes** lors des suivis ultérieurs. Les stations les plus proches du littoral ne sont cependant pas à négliger car elles restent les premières à être potentiellement impactées par les apports des bassins versants adjacents.

D'un point de vue taxonomique, les Annélides Polychètes, les Bivalves et les Cnidaires sont les plus fortement représentés. Les autres taxons (Crustacés, Mollusques, Némertiens, Sipunculides et Echinodermes) sont présents sur l'ensemble des stations mais généralement moins abondants.

Dans le cadre de cette étude, **les indices biotiques réglementaires « AMBI » et « M-AMBI »** adaptés au contexte de La Réunion, ont été calculés sur le jeu de données collectés en 2013.

Les indices AMBI calculés sont assez homogènes sur l'ensemble des stations, et correspondent généralement à des états de milieux, « non » à « très peu » perturbés. Les résultats obtenus attestent de l'efficacité de cet indice adapté au contexte des zones insulaires tropicales de l'Océan Indien.

**Les résultats du « M-AMBI », qui est un indice plus intégrateur de l'état des communautés benthiques et de la masse d'eau associée, confirment ce classement**

avec des stations DCE qualifiées en général de « bon état » et « d'état modéré » du point de vue écologique. Seule une station (St Louis « côte ») présente un état de santé plus perturbé, qui mériterait d'être surveillé dans le cadre d'un contrôle opérationnel.

**Tableau 7: Etat de santé pour la faune de substrat meuble CARTOMAR donné à titre indicatif (2008) et status DCE (2013) pour les stations "large" et complémentaires**

Stations "large"	ME	Code station CARTOMAR 2008	Mnémonique 2013	2008	2013
				Etat de santé CARTOMAR donné à titre indicatif	Status DCE
Nom	côtière				
La Possession (Large)	LC08	B133A	126-P-018	Bon Etat	Bon Etat
Saint Denis - Barchois (Large)		B155A	126-P-074	Bon Etat	Bon Etat
Saint Denis - Gillot	LC01	B172A	126-P-091	Très bon Etat	Très bon Etat
Saint André - Bois Rouge	LC02	B186A	126-P-076	Etat Moyen	Etat Moyen
Saint Benoit - Bourbier (Large)		B196A	126-P-077	Etat Moyen	Bon Etat
Sainte Rose - Bassin des Harengs	LC03	B214A	126-P-079	Très bon Etat	Bon Etat
Saint-Joseph	LC04		126-P-072	Etat Moyen	Etat Moyen
Grande Anse		B47A	126-P-014	Etat Moyen	Bon Etat
Saint Louis - Bel Air (Large)	LC05	B25A	126-P-082	Bon Etat	Bon Etat
Les Avirons - Bois Blanc		B37A	126-P-080	Etat Moyen	Bon Etat
Saint Leu (2008)	LC06	B8		Très bon Etat	
Saint Leu (2013)			126-P-084		Bon Etat
Saint Paul (Large)	LC07	B121A	126-P-020	Bon Etat	Bon Etat

Stations complémentaires	ME	Code station CARTOMAR 2008	Mnémonique 2013	2008	2013
				Etat de santé CARTOMAR donné à titre indicatif	Status DCE
Nom	côtière				
La Possession (Côte)	LC08		126-P-078		Très bon Etat
Saint Denis - Barchois (Côte)		B144	126-P-075	Bon Etat	Bon Etat
Saint Benoit - Bourbier (Côte)	LC02	B197	126-P-081	Etat Moyen	Etat Moyen
Saint Louis - Bel Air (Côte)	LC05	B26A	126-P-088		Etat médiocre
Saint Paul (Côte)	LC07		126-P-083		Bon Etat

L'état de « stabilité » de certains secteurs tels que St André (côte), Bourbier St Benoit (côte) ou St Joseph est à surveiller d'un point de vue environnemental. Ces zones sont soumises à des sources de pressions anthropiques croissantes dans le temps en rapport avec l'évolution

directe des zones côtières et des bassins versants adjacents (zones industrielles, agriculture, ...)

Dans le même ordre d'idée, le secteur de St Rose présente une évolution sensible à l'échelle des 5 dernières années (Très bon état & Bon état). Un envasement progressif de cette station a pu être observée entre 2008 et 2013 et pourrait être en rapport avec les pressions croissantes exercées (aménagement côtier, rejets, ...).

Pour St leu, la stations de 2013 étant différente de l'opération Cartomar, la tendance ne peut être commentée.

L'état de santé du secteur de St Louis (côte) est actuellement qualifié de « médiocre » au sens de la DCE. Il est fortement soumis à l'incidence des sources de perturbations directe de la zone littorale via l'étang du Gol (zones industrielles, ZAC, Centre d'enfouissement, ...) associé à l'incidence majeure de la rivière St Etienne.

L'acquisition de données qualitatives sur la nature et la contamination des sédiments pourrait être entreprise a posteriori afin de compléter l'approche actuelle (un échantillon complémentaire ayant été conservé au laboratoire).

**Cette étude confirme l'importance du « compartiment sédiment / macrofaune de substrat meuble » dans le suivi DCE à long terme de la qualité des masses d'eaux côtières de La Réunion. Cet indicateur est pertinent car il est à ce jour le seul élément de suivi biologique / écologique mobilisable pour les habitats sédimentaires qui restent spatialement majoritaires dans la plupart des Masses d'eaux côtières de la Réunion.**

**A la Réunion seules deux campagnes comparatives existent et demeurent les seuls éléments de qualité sur les sédiments littoraux de la Réunion. L'évolution de ces indicateurs sera visible sur le long terme.**

## 5 Références

ARVAM, IFREMER, UINIVERSITE DE LA REUNION, PARETO, UNIVERSITE BORDEAUX I, CEDRE (2010). Caractérisation de l'état de référence biologique des masses d'eaux côtières au regard de la Directive Cadre sur l'eau. Etude pilote. Rapport final. 40 p.

ARVAM, (2007). Programme CARTOMAR. Propriétés physiques, contamination et macrofaune benthique. Note d'expérience de la campagne de prélèvement. 17 pages + annexes.

AZTI (2010). Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1). <http://ambi.azti.es/index.php>.

BIGOT L. (2006). The soft-bottom macrobenthic communities from tropical non reefal area: Diversity and response to marine environmental changes at Reunion Island (Indian Ocean). PhD, University of Reunion island, 230 p.

BIGOT L., GREMARE, A., AMOUROUX JM., FROUIN P., MAIRE O., GAERTNER, JC. (2008). Assessment of the ecological quality status of soft-bottoms in Reunion Island (tropical Southwest Indian Ocean) using AZTI Marine Biotic Indices - Marine Pollution Bulletin 56 : 704-722

BORJA A, FRANCO J, PEREZ V (2000). A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. Marine Pollution Bulletin 40:1100-1114

BORJA A, MUXIKA I, FRANCO J (2003). The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. Marine Pollution Bulletin 46:835-845

BORJA A (2004). The biotic indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools. Marine Pollution Bulletin 48:405-408

BORJA A, JOSEFSON AB., MILES A., MUXIKA I, OLSGARD F., PHILLIPS G., RODRIGUEZ G., RYGG B. (2007). An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive. Marine Pollution

BRGM/DIREN/RP-56579-FR, 2008. CARTOMAR Cartographie morphosédimentologique des fonds marins côtiers de La Réunion. Rapport final. 41p + annexes.

CE, (2000). Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal officiel des Communautés européennes, 22/12/2000 : L327/1-L327/71.

CLARKE, KR, WARWICK RM (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth.

GUILLAUMONT B. et GAUTHIER E. (2005). Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE, recommandations concernant le benthos marin. Rapport Ifremer DYNECO, 27 pp + annexes.

GOUT B., THOMASSIN B.A. (1986). Peuplements macrobenthiques des sédiments du lagon et des récifs coralliens du secteur Mamoudzou-Nord Pamandzi, île de Mayotte. in : Thomassin B.A. (ed.) Rapport de la mission "Acanthaster" dans le complexe récifal de l'île de Mayotte (Canal de Mozambique, S.W. Océan Indien). Rapport CORDET, océanographie, M.R.T. & MEDETOM, Paris

GT DCE Réunion "Benthos Substrats Meubles". (2012). Fascicule technique pour la mise en oeuvre du réseau de contrôle de surveillance DCE "Benthos de Substrats Meubles " à La Réunion. Projet Bon Etat II, réactualisation de l'état des lieux du SDAGE Réunion. RST-DOI/2012-06, 61p.

IFREMER, (2005). Recommandations techniques pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Stratégie d'échantillonnages et protocoles. Volume 1 : contaminants chimiques, phytoplancton et hydrologie. Laboratoire DYNECO service VIGIES. 34 pp + annexes.

NF EN ISO 16 665, Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna).

# Annexes

**Annexe 1 : Fiche terrain de la campagne substrat meuble développée par l'ARVAM (mai 2013)**

Ordre de réalisation	
Date et heure	
Mnémonique	
Code station	
Code masse d'eau	
Positionnement GPS	
Profondeur au sondeur	

Noms et coordonnées des intervenants	
Noms et coordonnées du navire affrété	

Conditions météorologiques et état de la mer	Vent :	Courant :	Houle :
--	--------	-----------	---------

**ECHANTILLONNAGE**

Engins de prélèvements	
Nombre de coups de benne	

**DESCRIPTION ECHANTILLON**

Nature du sédiment	
Couleur de surface	
Typologie de l'habitat	
Profondeur de la couche oxydée/réduite	
Odeur	
Espèces dominantes	
Code photo associées	

**OBSERVATIONS**

## Annexe 2 : Résultats d'analyse des paramètres généraux des sédiments

Lieu_id				60005034	50137005	60005031	6E+08	60005110	60005130	60005037	60005170	60005190	60004830	50137001	60005044	60005192	60005191	60005040	60005039	50137007
Libellé Q²				La Possession (Côte)	La Possession (Large)	Saint Denis - Barachois (Côte)	Saint Denis - Barachois (Large)	Saint Denis - Gillot	Saint André - Bois Rouge	Saint Benoit - Bourbier (Côte)	Saint Benoit - Bourbier (Large)	Sainte Rose - Bassin des Harengs	Saint-Joseph	Grande Anse	Saint Louis - Bel Air (Côte)	Saint Louis - Bel Air (Large)	Les Avirons - Bois Blanc	Saint Leu	Saint Paul (Côte)	Saint Paul (Larage)
Mnémonique passage				126-P-078	126-P-018	126-P-075	126-P-074	126-P-091	126-P-076	126-P-081	126-P-077	126-P-079	126-P-072	126-P-014	126-P-088	126-P-082	126-P-080	126-P-084	126-P-083	126-P-020
Code prlvmt				078A	018A	075A	074A	091A	076A	081A	077A	079A	072A	014A	088A	082A	080A	084A bis	083A	020A
Observations																				
Libellé	Méthode	Code Sandre Méthode	Unité																	
Matière sèche	Pesée après séchage à 105°C (NF ISO 11465)	445	% m/m	83,4	78	75,5	74,9	72,7	80,6	74	76,7	71,3	75,3	72,4	77,9	64,5	79,8	62,7	75,8	68,8
Carbone Organique	NF ISO 14235	593	% m/m	<0,10	0,34	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,22	0,24	0,3	<0,10	0,36	<0,10	0,44	0,16	0,3	<0,10	0,32
Fraction < 2 µm	Granulométrie laser (NF ISO 13320-1)	565	%	0,05	1,96	0,21	1,07	0,88	0,35	0,14	0,37	0,59	0,06	0,06	0,07	5,88	<0,010	0,12	0,22	2,79
Fraction < 10 µm	Granulométrie laser (NF ISO 13320-1)	565	%	0,17	7,84	0,69	4,32	3,83	1,7	0,29	1,26	2,34	0,15	0,23	0,22	20,4	<0,010	0,48	0,82	9,94
Fraction < 63 µm	Granulométrie laser (NF ISO 13320-1)	565	%	0,42	26	3,72	14,8	8,61	5,07	1,6	5,14	10,6	0,79	0,65	0,84	53,4	<0,010	1,53	4,03	43,8
Fraction < 125 µm	Granulométrie laser (NF ISO 13320-1)	565	%	1,38	46,9	24,9	30,4	19,9	7,49	26,7	25,9	34,5	6,64	1,21	4,6	79	0,33	3,37	27,3	72,7
Fraction < 250 µm	Granulométrie laser (NF ISO 13320-1)	565	%	16,6	80,3	79,5	54,4	81	12,6	82,3	79,5	77,1	35,6	5,49	16,2	99,9	8,77	23,7	83,1	95,6
Fraction < 500 µm	Granulométrie laser (NF ISO 13320-1)	565	%	44,8	99,1	97,2	84,7	99,3	43,1	98	97,1	94,8	88,7	37,5	46,9	100	73,4	77,3	98,8	100
Fraction < 1000 µm	Granulométrie laser (NF ISO 13320-1)	565	%	78,6	100	100	94,3	100	87,5	100	99,3	98,4	99,5	84,5	87,1	100	93,5	93,7	100	100
Fraction < 2000 µm	Granulométrie laser (NF ISO 13320-1)	565	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Matière volatiles	Pesée après calcination à 550°C (NF EN 15169)	701	% m/m	0,8	1,9	1,5	1,7	1,6	1,1	0,8	1,2	1,5	0,3	5,5	1	2,1	1,6	7	1	2,6

### Annexe 3 : Positions des stations théoriques du suivi de substrat meuble

