

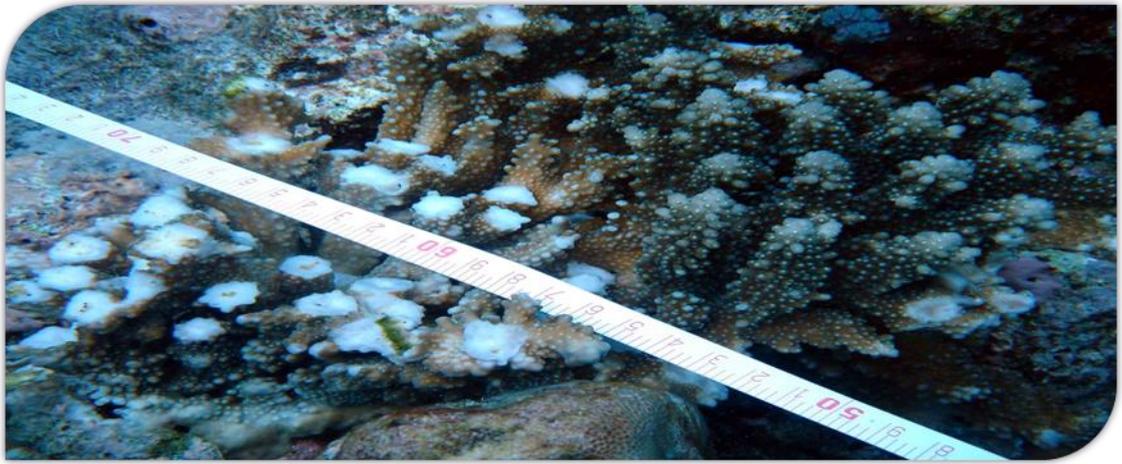
## Observatoire des récifs coralliens (ORC)

# Suivi 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de Mayotte

RAPPORT FINAL  
Octobre 2013

Evolution des peuplements benthiques 8 ans après l'état  
initial des stations « MSA » de l'ORC Mayotte.





A citer sous la forme :

**PARETO, 2013. Suivi 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de Mayotte. Evolution des peuplements benthiques 8 ans après l'état initial des stations « MSA » de l'ORC Mayotte. Rapport pour le compte du Parc naturel marin de Mayotte. 65 pages + annexes.**

Mission d'expertise pour le compte du Parc naturel marin de Mayotte  
Service du Patrimoine naturel



**PARETO Ecoconsult**, Agence Réunion,  
16 rue Albert Lougnon, Village Entreprises, 97490  
Sainte-Clotilde  
Tel : 0262 28 39 08 / Fax : 0262 29 70 68  
[alban.jamon@paretoec.fr](mailto:alban.jamon@paretoec.fr)  
*Expertise terrain et rédaction*



**Parc naturel marin de Mayotte**  
14 Lot Darine Montjoly Itoni - 97660 Dembeni Tél:  
0269 60 73 65 / Fax: 0269 60 73 66  
[parcmarin.mayotte@aires-marines.fr](mailto:parcmarin.mayotte@aires-marines.fr)  
*Expertise terrain*

**Expertise terrain :**

Alban JAMON – Pareto Ecoconsult  
Alexandra GIGOU – Parc naturel marin de Mayotte  
Julien WICKEL – Pareto Ecoconsult  
Jean benoît NICET – Pareto Ecoconsult

**Traitement et rédaction :**

Alban JAMON  
Jean benoît NICET  
Matthieu PINAULT – Pareto Ecoconsult  
Sébastien TOLLIS – Pareto Ecoconsult

## – Sommaire –

<b>1</b>	<b><u>CONTEXTE ET OBJECTIFS</u></b>	<b>1</b>
1.1	<b>CONTEXTE</b>	<b>1</b>
1.1.1	ORC ET PARC NATUREL MARIN DE MAYOTTE	1
1.1.2	ELEMENTS DE CONTEXTE DU SUIVI « MSA » DE L'ORC MAYOTTE	2
1.2	<b>OBJECTIFS</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b><u>MATERIEL ET METHODES</u></b>	<b>3</b>
2.1	<b>MODES OPERATOIRES : TERRAIN ET ANALYSE</b>	<b>3</b>
2.1.1	MEDIUM-SCALE APPROACH (MSA)	3
2.1.2	POSITIONNEMENT DES STATIONS	4
2.1.3	PARAMETRES ETUDIES	6
2.1.4	BANCARISATION ET ANALYSE DES INFORMATIONS	9
2.1.4.1	Bancarisation des données 2005 et 2013	9
2.1.4.2	Evaluation de la couverture corallienne et de l'état de santé des récifs	9
2.1.4.3	Analyse statistique des données 2005 et 2013	10
2.2	<b>STRATEGIE D'ÉCHANTILLONNAGE 2013</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b><u>EVOLUTION DES PEUPEMENTS BENTHIQUES DE RECIF BARRIERE</u></b>	<b>16</b>
3.1	<b>PRESENTATION GENERALE DU RECIF BARRIERE</b>	<b>16</b>
3.1.1	GEOMORPHOLOGIE ET HABITATS REMARQUABLES	16
3.1.2	PEUPEMENTS CORALLIENS DE LA PENTE EXTERNE	17
3.2	<b>EVOLUTION DU SUBSTRAT ENTRE 2005 ET 2013</b>	<b>18</b>
3.2.1	RECOUVREMENT DES CATEGORIES ABIOTIQUES	18
3.2.2	RECOUVREMENT BIOTIQUE DU SUBSTRAT	19
3.2.2.1	Couverture biotique en 2013	19
3.2.2.2	Evolution du recouvrement biotique entre 2005 et 2013	21
3.2.2.3	Evolution du recouvrement corallien entre 2005 et 2013	23
3.2.3	COMPOSITION DES PEUPEMENTS CORALLIENS	28
3.3	<b>ETAT DE SANTE DU RECIF BARRIERE EN 2013</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b><u>EVOLUTION DES PEUPEMENTS BENTHIQUES DES RECIFS INTERNES</u></b>	<b>35</b>
4.1	<b>PRESENTATION GENERALE DES RECIFS INTERNES</b>	<b>35</b>
4.1.1	GEOMORPHOLOGIE ET HABITATS REMARQUABLES	35
4.1.2	PEUPEMENTS CORALLIENS ET STRATEGIE D'ÉCHANTILLONNAGE	35
4.2	<b>EVOLUTION DU SUBSTRAT ENTRE 2005 ET 2013</b>	<b>37</b>
4.2.1	RECOUVREMENT ABIOTIQUE	37
4.2.2	RECOUVREMENT BIOTIQUE	38
4.2.2.1	Couverture biotique en 2013	38
4.2.2.2	Evolution de la couverture biotique entre 2005 et 2013	41
4.2.2.3	Evolution du recouvrement corallien entre 2005 et 2013	43
4.2.3	COMPOSITION DES PEUPEMENTS CORALLIENS EN 2005 ET 2013	45
4.3	<b>COUVERTURE CORALLIENNE DES RECIFS INTERNES EN 2013</b>	<b>48</b>
<b>5</b>	<b><u>SYNTHESES ET RECOMMANDATIONS</u></b>	<b>60</b>
5.1	<b>ETAT DES PEUPEMENTS BENTHIQUES DES RECIFS</b>	<b>60</b>
5.2	<b>PERSPECTIVES &amp; RECOMMANDATIONS</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b>	<b>64</b>
<b>7</b>	<b><u>ANNEXES</u></b>	<b>66</b>

## Sigles et abréviations

**AAMP** : Agence des Aires Marines Protégées  
**ARVAM** : Agence pour la Recherche et la Valorisation Marines  
**COI** : Commission de l'Océan Indien  
**DAF** : Direction de l'Agriculture et de la Forêt  
**DCE** : Directive Cadre sur l'Eau  
**DEAL** : Direction de l'Équipement, de l'Aménagement et du Logement  
**GCRMN** : Global Coral Reef Monitoring Network  
**ME** : Masse d'Eau (définies dans le cadre de la DCE)  
**ORC** : Observatoire des Récifs Coralliens  
**PNMM** : Parc naturel marin de Mayotte  
**RCS / RCO** : Réseaux de Contrôle de Surveillance et Opérationnel de la DCE  
**ZEE** : Zone Economique Exclusive

## Glossaire

**Anastomosé** : se dit de colonies coralliennes qui s'entrecroisent.  
**Benthique** : qualifie les organismes vivant dans les fonds marins : fixés (sessiles) ou mobiles (vagiles) ou près du substrat (organismes mobiles avec nage libre).  
**Bioindicateur(s)** : terme synonyme d'indicateurs biologiques, désignant des espèces végétales ou animales qui, par suite de leurs particularités écologiques, sont l'indice précoce (organismes sentinelles) de modifications abiotiques ou biotiques de l'environnement.  
**Coalescent** : réunion, fusion d'éléments qui sont en contact.  
**Hémisciophile** : organisme qui se développe avec peu de lumière.  
**Recrues coralliennes** : intégration d'un individu à une population préexistante  
**Résistance** : capacité d'un écosystème d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à maintenir ses attributs structuraux et fonctionnels face au stress et aux perturbations.  
**Résilience** : capacité d'un écosystème, à retrouver un fonctionnement et un développement normal après avoir subi un stress ou une perturbation importante.  
**Sessile** : désigne la faune incapable de se déplacer, vivant fixée à la surface d'un substrat inerte ou vivant.  
**Vagile** : se dit de l'aptitude qu'ont certaines espèces d'invertébrés peu mobiles de se déplacer en rampant à la surface de leur substrat. S'oppose à sessile.

## Illustrations

Figure 1 : illustration de la méthode Medium-Scale Approach (MSA) pour 1 station de suivi à 20 quadrats .....	3
Figure 2 : typologie des habitats marins côtiers de Mayotte (Andréfouet et al., 2008 – SAR/MVM, 2013) .....	5
Figure 3 : planche photographique des principales catégories coralliennes étudiée en 2005 et 2013 .....	8
Figure 4 : prise de vue paysagère de la station de récif interne Passi Keli 6 en 2013 .....	9
Figure 5 : localisation générale des 8 grands complexes récifaux et des 148 stations du suivi MSA de l'ORC.....	13
Figure 6 : localisation des stations MSA de la Double Barrière et des récifs internes Ouest, par type d'habitats ...	14
Figure 7 : localisation des stations MSA des récifs internes Nord-Est, par type d'habitat .....	15
Figure 8 : couverture des catégories abiotiques du récif barrière par complexes récifaux en 2005 et 2013 .....	20
Figure 9 : moyennes et écarts types du recouvrement corallien de la barrière par complexes récifaux en 2013 ..	20
Figure 10 : couverture biotique du récif barrière par complexes récifaux en 2005 et 2013 .....	20
Figure 11 : ACP par secteurs sur les catégories de substrat et de communauté benthique de récif barrière..	22
Figure 12 : dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des secteurs de récif barrière selon la structure du substrat et la communauté benthique. ....	22
Figure 13 : couverture en coraux durs (Scléactiniaires) du récif barrière par station et par secteur en 2013 .....	26
Figure 14 : différence de couverture en coraux durs (Scléactiniaires) du récif barrière par station et par secteur entre 2005 et 2013 .....	27
Figure 15 : composition des peuplements coralliens du récif barrière par complexes récifaux en 2005 et 2013 ...	28
Figure 16 : ACP par secteur sur les morphotypes du peuplement corallien de récif barrière .....	30
Figure 17 : dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des stations de récif barrière en fonction de la structure de leurs peuplements coralliens. ....	30
Figure 18 : état de santé des stations et des secteurs de récif barrière en 2013.....	34
Figure 19 : couverture des catégories abiotiques des récifs internes par complexes récifaux en 2005 et 2013 ....	40
Figure 20 : moyennes et écarts-types de la couverture corallienne des récifs internes en 2013 .....	40
Figure 21 : couverture biotique des récifs internes par complexes récifaux en 2005 et 2013 .....	40
Figure 22 : ACP par secteurs sur les catégories de substrat et de communauté benthique de récif interne .....	42
Figure 23 : dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des secteurs de récif interne selon la structure du substrat et la communauté benthique .....	42
Figure 24 : composition des peuplements coralliens des récifs internes par complexes récifaux en 2005 et 2013	45
Figure 25 : ACP par secteurs sur les morphotypes du peuplement corallien des stations de récif interne .....	47

Figure 26 : dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des stations de récif interne en fonction de la structure de leurs peuplements coralliens .....	47
Figure 27 : recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des stations des récifs internes Ouest et de la Double Barrière en 2013 .....	52
Figure 28 : différence de couverture corallienne des stations des récifs internes de la Double Barrière et Ouest entre 2005 et 2013 .....	53
Figure 29 : recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des secteurs des récifs internes de la Double Barrière et Ouest en 2013 .....	54
Figure 30 : différence de couverture corallienne des secteurs des récifs internes de la Double Barrière et Ouest entre 2005 et 2013 .....	55
Figure 31 : recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des stations des récifs internes Nord-Est en 2013 ....	56
Figure 32 : différence de couverture corallienne des stations des récifs internes Nord-Est entre 2005 et 2013 ....	57
Figure 33 : recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des secteurs des récifs internes Nord-Est en 2013....	58
Figure 34 : différence de couverture corallienne de secteurs des récifs internes Nord-Est entre 2005 et 2013.....	59
Figure 35 (Annexes) : détail du recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des stations de récifs internes des secteurs Double Barrière Sud et centre en 2013 .....	67
Figure 36 (Annexes) : détail du recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des stations des récifs internes du secteur Double Barrière Nord en 2013 .....	68
Figure 37(Annexes) : détail du recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des 2 stations du secteur récifs internes Ouest en 2013 .....	69

## Tableaux

Tableau 1 : typologie géomorphologique des différentes stations en 2005 et 2013.....	6
Tableau 2 : catégories et codes attribués au substrat et aux peuplements benthiques sous le logiciel CoReMo .....	7
Tableau 3 : cotations retenues pour le recouvrement en Scléactiniaires en fonction du type de récif.....	10
Tableau 4 : plan d'échantillonnage du suivi MSA de l'ORC en 2013 .....	11
Tableau 5 : plan d'échantillonnage des suivis MSA de l'ORC en 2005 et 2013 par complexes récifaux .....	12
Tableau 6 : nombre de stations sur les secteurs de récif interne par type d'habitat en 2005 et 2013.....	12
Tableau 7 : comparaison des moyennes de recouvrement en corail vivant par secteurs en 2013 .....	19
Tableau 8 : comparaison des moyennes de recouvrement corallien du récif barrière en 2005 et 2013 (ANOVA) .....	23
Tableau 9 : recouvrement corallien par types d'habitats de pente externe du récif barrière en 2013, et évolution depuis l'état initial de 2005.....	23
Tableau 10 : comparaison des moyennes de recouvrement corallien du récif barrière par secteurs en 2005 et en 2013 (ANOVA) .....	24
Tableau 11 : classement des stations du récif barrière suivant le recouvrement corallien en 2013 et 2005 .....	25
Tableau 12 : classement des secteurs du récif barrière suivant le recouvrement corallien en 2013 et en 2005 .....	25
Tableau 13 : typologie pour l'évaluation de l'état de santé des stations du récif barrière en 2005 et 2013 .....	31
Tableau 14 : classement des stations du récif barrière en fonction de l'état de santé des peuplements benthiques en 2013, et comparaison avec l'état initial en 2005 .....	33
Tableau 15 : classement de l'état de santé des secteurs barrière en 2013 d'après les peuplements benthiques.....	33
Tableau 16 : comparaison des moyennes de recouvrement en corail vivant par secteurs en 2013 .....	39
Tableau 17 : comparaison des moyennes de recouvrement corallien du récif barrière en 2005 et 2013 (ANOVA) .....	43
Tableau 18 : comparaison des moyennes en coraux vivants des récifs internes par secteurs en 2005 et en 2013 (ANOVA) .....	43
Tableau 19 : classement des 3 types d'habitats de récif interne en fonction de la couverture corallienne en 2013 .....	49
Tableau 20 : classement des secteurs et habitats du récif interne en fonction de la couverture corallienne en 2013 ...	49
Tableau 21 : classement des secteurs de récif interne en fonction de la couverture corallienne en 2013 et évolution depuis 2005.....	49
Tableau 22 : classement des stations de récif interne en fonction du type d'habitat et de la couverture en Scléactiniaires en 2013, et composition des peuplements benthiques associés (A : pente externe ; B : platier récifal ; C : pente interne) .....	50

# 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

---

## 1.1 CONTEXTE

### 1.1.1 ORC et Parc naturel marin de Mayotte

Devant l'augmentation des pressions anthropiques et de la fréquence des phénomènes de blanchissement, le suivi des récifs est devenu un outil majeur de gestion des écosystèmes coralliens à travers le monde (Wilkinson, 1998, 2000, 2002, 2004 et 2008).

Face à ce constat, et après le blanchissement massif observé en 1998 à Mayotte, la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (puis la DEAL Mayotte), a initié dès 1999 la mise en place d'un observatoire dédié au suivi scientifique régulier de l'état de santé des récifs coralliens de l'île : l'**Observatoire des Récifs Coralliens de Mayotte (ORC)**.

L'ORC Mayotte permet de suivre la dynamique de dégradation et/ou de régénération des récifs de l'île. Ce programme s'inscrit dans un réseau national (IFRECOR), régional (l'ancien programme CORDIO, dédié à la dégradation des récifs de l'océan Indien) et international (GCRMN, ICRI, Reef Check) de suivi des récifs coralliens. Il regroupe 6 grands types de suivis de la qualité des écosystèmes coralliens, de représentativité spatiale et temporelle variables :

Suivis de routine :

- « GCRMN » (12 sites),
- « Reef Check » (16 sites),
- « Température » de sub-surface (4 sites).

Suivis complémentaires :

- « Manta tow / Bathyscope » (ensemble des frangeants de Grande-Terre et des îlots),
- « **MSA** » (**148 stations sur l'ensemble de la barrière et des récifs internes**),
- « Ciguatera » (sites de pêche aléatoires).

Ces suivis ORC sont complétés par des programmes ponctuels thématiques : maladies coralliennes (ETIMARECO), prolifération algale (ARISTOCYA, SEAPROLIF), infestation biologique (Acanthasters) impacts des plongeurs, effets réserve, inventaires et cartographie des peuplements, etc.). Aujourd'hui, une synergie et une complémentarité restent encore à trouver avec les nombreux réseaux de référence, de surveillance et de contrôle qui vont se mettre en place dans le cadre de la **Directive Cadre sur l'Eau** (DCE) et qui concernent l'ensemble des compartiments constitutifs du milieu marin (eau, sédiment, peuplements biologiques).

Créé par le Décret n° 2010-71 du 18 janvier 2010, le **Parc naturel marin de Mayotte** (PNMM) s'étend sur toute la Zone Economique Exclusive (ZEE) et couvre une surface de 68 381 km<sup>2</sup>. Le **plan de gestion** du parc (validé à l'échelle nationale en juillet 2013) intègre notamment un bilan de l'état des connaissances sur le patrimoine naturel, les usages, et les fonctionnalités des écosystèmes de la zone. Sur cette base, il fixe les grands objectifs de développement durable des activités en rapport avec le milieu marin et les moyens d'y parvenir.

Le plan de gestion du parc fixe notamment les **indicateurs et protocoles de suivi** permettant l'évaluation des actions effectuées. Concernant l'évaluation de l'état de santé des récifs coralliens de Mayotte, il intègre l'ensemble des indicateurs et protocoles développés au sein de l'ORC depuis 1998.

**Le présent rapport concerne le suivi 2013 des stations « MSA » de l'ORC.**

### 1.1.2 Eléments de contexte du suivi « MSA » de l'ORC Mayotte

**En 1998**, suite à la mortalité massive constatée après le blanchissement majeur (Descamps et *al.*, 1998), 10 sites de suivi (type GCRMN) ont été implantés sur les 3 types de récif à Mayotte.

**En 2002**, la collecte d'informations scientifiques sur l'état de santé des récifs mahorais est renforcée par la mise en place de 3 autres sites de suivi (type REEF CHECK).

**En 2005**, suite aux premiers résultats de l'ORC Mayotte (*différence significative de régénération des coraux suite au blanchissement en fonction du type de récif*), des données complémentaires sont recherchées sur l'ensemble des récifs de Mayotte, à l'initiative de la DAF. Les recherches portaient simultanément sur (i) les récifs côtiers de Grande-Terre (actualisation du suivi 1997), (ii) les frangeants d'îlots (état initial), ainsi que (iii) le suivi « MSA » de la barrière récifale et des récifs internes (état initial).

**En 2010**, le réchauffement des eaux de surface (couplés à d'autres pressions environnementales) provoque un nouveau phénomène majeur de blanchissement à l'échelle de l'île (de janvier à juin 2010), et entraîne la mortalité massive des colonies coralliennes. Les premières observations (Thomassin, Wickel, Jamon et Gigou com. pers. ; expédition Tara océan) mettent en évidence un impact important notamment pour les colonies de récif barrière.

**En 2011**, suite au dernier blanchissement massif, l'ensemble des sites GCRMN (N=12) et REEF CHECK (N=16) du lagon de Mayotte a été échantillonné à l'initiative de la DEAL et du PNMM afin de caractériser l'impact du phénomène et la résistance/résilience des récifs face aux épisodes de 1998 et 2010. Les peuplements benthiques des récifs barrières et internes semblaient présenter des différences significatives en termes de réponse au blanchissement.

**En 2013**, à l'initiative du PNMM, les stations « MSA » du récif barrière et des récifs internes ont été à nouveau échantillonnées, 8 ans après l'état initial. Parallèlement l'ensemble des récifs frangeants de Grande-Terre et des îlots, ainsi que les 3 sites GCRMN de référence (Passe en S, Saziley et Surprise) ont également été étudiés à la même période (Pareto, 2013).

## 1.2 OBJECTIFS

**L'objectif principal** de la présente expertise est de fournir au PNMM un bilan actualisé en 2013 de l'état de santé des écosystèmes coralliens de la barrière et des récifs internes (suivi MSA de l'ORC), intégrant une description de l'évolution temporelle de données. Il contribuera notamment à la mise en œuvre opérationnelle d'actions de suivi et de conservation par l'équipe du PNMM à moyen terme.

**Les objectifs spécifiques** sont, conformément à la proposition technique validée :

- réaliser l'ensemble des relevés de terrain,
- saisir et traiter les données récoltées,
- intégrer l'ensemble des résultats à un système d'information géographique,
- rendre compte de la vitalité corallienne en 2013 et interpréter les évolutions constatées depuis les années antérieures,
- délimiter les secteurs selon leur état de santé à partir de la couverture corallienne,
- caractériser les différents sites selon l'ensemble des paramètres,
- estimer la résistance/résilience des différents secteurs précédemment délimités,
- prendre des clichés photographiques géoréférencés des paysages sous-marins remarquables (de caractéristiques géomorphologique, vitalité corallienne, ...) sur un échantillon de sites représentatifs.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MODES OPERATOIRES : TERRAIN ET ANALYSE

#### 2.1.1 Medium-Scale Approach (MSA)

Conformément au CCTP, les relevés sous-marins ont été réalisés par observations visuelles directes (*Underwater Visual Census*) par la méthode dite **Medium-Scale Approach (MSA)**, pour garantir l'homogénéité des informations collectées en 2005 et 2012 (Figure 1).

Conformément aux recommandations du suivi précédent (Pareto, 2006), pour chaque **station**, dans la grande majorité des cas, 10 quadrats de 5 m de côté (25 m<sup>2</sup>) ont été échantillonnés le long d'un transect de 25 m linéaire (soit 250 m<sup>2</sup> étudiés par station) par une équipe de plongeur professionnel. Pour chaque **quadrat**, une estimation visuelle du substrat biotique et abiotique est réalisée. Cette méthode présente une variance plus faible que la méthode des transects linéaires (LIT) pour un effort d'observation similaire (Clua et al., 2005). Pour l'estimation de la couverture et de la composition des peuplements coralliens à une échelle moyenne, la méthode MSA est un meilleur estimateur statistique que la méthode LIT (Pareto, 2006).

Les paramètres ont donc été relevés de manière semi-quantitative, par 2 plongeurs en scaphandre autonome, répartis sur chaque côté du transect. Une équipe de 4 observateurs a été mobilisée pour la phase terrain de l'étude : Alban Jamon (Pareto), Alexandra Gigou (PNMM), Julien Wickel (Pareto) et Jean-Benoît Nicet (Pareto). L'équipe travaille déjà régulièrement ensemble dans le cadre de l'ORC Mayotte pour effectuer ce type de relevés sous-marins. Afin de renforcer l'homogénéité des informations collectées, un calage préalable dans l'estimation des couvertures benthiques a été réalisé lors des 3 premiers jours d'échantillonnage, avec l'observateur déjà mobilisé en 2005 (Pareto, 2006 : J.B. Nicet).

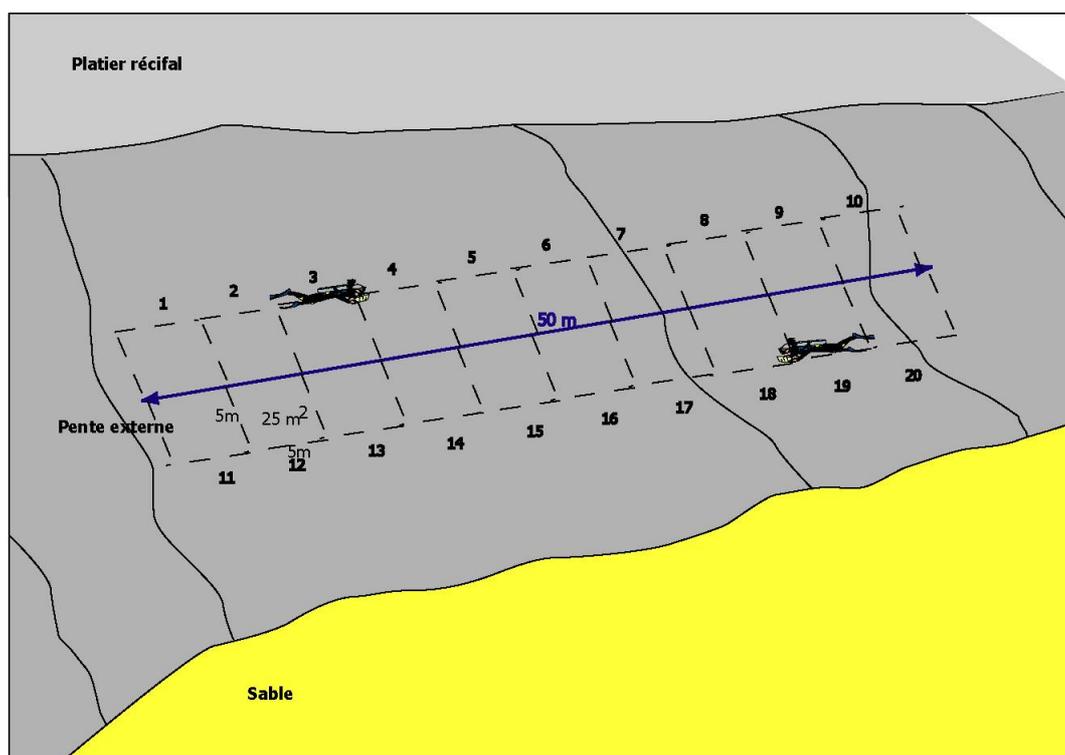


Figure 1 : illustration de la méthode Medium-Scale Approach (MSA) pour 1 station de suivi à 20 quadrats

### 2.1.2 Positionnement des stations

Parmi les **récifs coralliens de Mayotte (342 km<sup>2</sup>)**, 3 principales unités géomorphologiques peuvent être distinguées (Andréfouet et *al.*, 2008) : barrière récifale (275 km<sup>2</sup>), frangeants de lagon et diffus (54 km<sup>2</sup>) et massifs coralliens lagonaires (14 km<sup>2</sup>). Au sein du récif barrière et des récifs internes, la typologie des habitats récifaux à Mayotte a récemment été détaillée (Figure 2).

Afin de renforcer l'homogénéité des informations collectées, les observateurs ont recherché tant que possible à implanter les stations de 2013 sur des habitats relativement homogènes, et similaires à ceux étudiés en 2005. A l'arrivée sur zone, une première mise en l'eau rapide a permis de vérifier en surface la correspondance des types d'habitats et l'homogénéité du site. Néanmoins, pour quelques stations (sites Pamandzi et Grand Récif Nord-Est), la précision GPS des observations de 2005 et la reconnaissance en surface en 2013 n'ont pu permettre de retrouver les habitats décrits lors de l'état initial pour quelques stations (ex : absence de contreforts et vallons).

Concernant l'**unité géomorphologique « récif barrière »** elle comprend notamment, en fonction de la profondeur, 4 principaux habitats coralliens de pente externe :

- Zone du front récifal (0-8 m),
- Rebord du tombant ou pente moyenne (8-14 m),
- Tombant ou pente moyenne (14-26m),
- Bas de pente corallienne (>26 m).

Dans le cadre de cette étude, les stations de récif barrière sont implantées au niveau de la pente externe à une profondeur, la plus constante possible<sup>1</sup>, d'environ 8 m à marée basse de vives eaux. Cette profondeur correspond soit (i) à la bordure du tombant de pente externe, soit (ii) à la bordure des contreforts et vallons, ou (iii) aux éperons en l'absence de tombant. Au final 5 principaux types d'habitats peuvent être distingués au niveau géomorphologique (Tableau 1).

Comme en 2005, pour conserver une relative homogénéité des habitats prospectés et ne pas accroître le nombre de stations (n=148), les bordures de passes ainsi que la barrière submergée à l'ouest n'ont pas été échantillonnées. Ces secteurs, remarquables à bien des égards (spécificité géomorphologique, richesse des peuplements, usages/activités, etc.), pourraient être étudiés ultérieurement suivant le même protocole.

Considérant l'**unité géomorphologique « récif interne »**, les stations de suivi MSA sont implantées entre 0 m (platier intertidal) et 8 m de profondeurs (pentes récifales) aux marées basses de vives eaux (BMVE). Comme en 2005, 3 principaux types d'habitats ont été prospectés : pente externe, platier récifal et pente interne (Tableau 1).

Les stations de platier sont positionnées de manière équidistante de la pente exposée et de la pente interne abritée. Les stations de pente externe sont situées sur la bordure du tombant (quand celui-ci existe) ou sur le haut de la pente. Enfin, 4 stations d'échantillonnage sur les récifs internes du Récif Sud (Matré 1 et 2), et du Récif Nord-Est (RINT 1 et 2) présentent des habitats plus profonds (platier récifal immergé aux épisodes de BMVE). Ces massifs coralliens lagonaires (Andréfouet et *al.*, 2008) sont considérés à part dans l'analyse.

---

<sup>1</sup> A moindre profondeur dans le cas où la bordure du tombant de pente externe est située avant 8 m BMVE

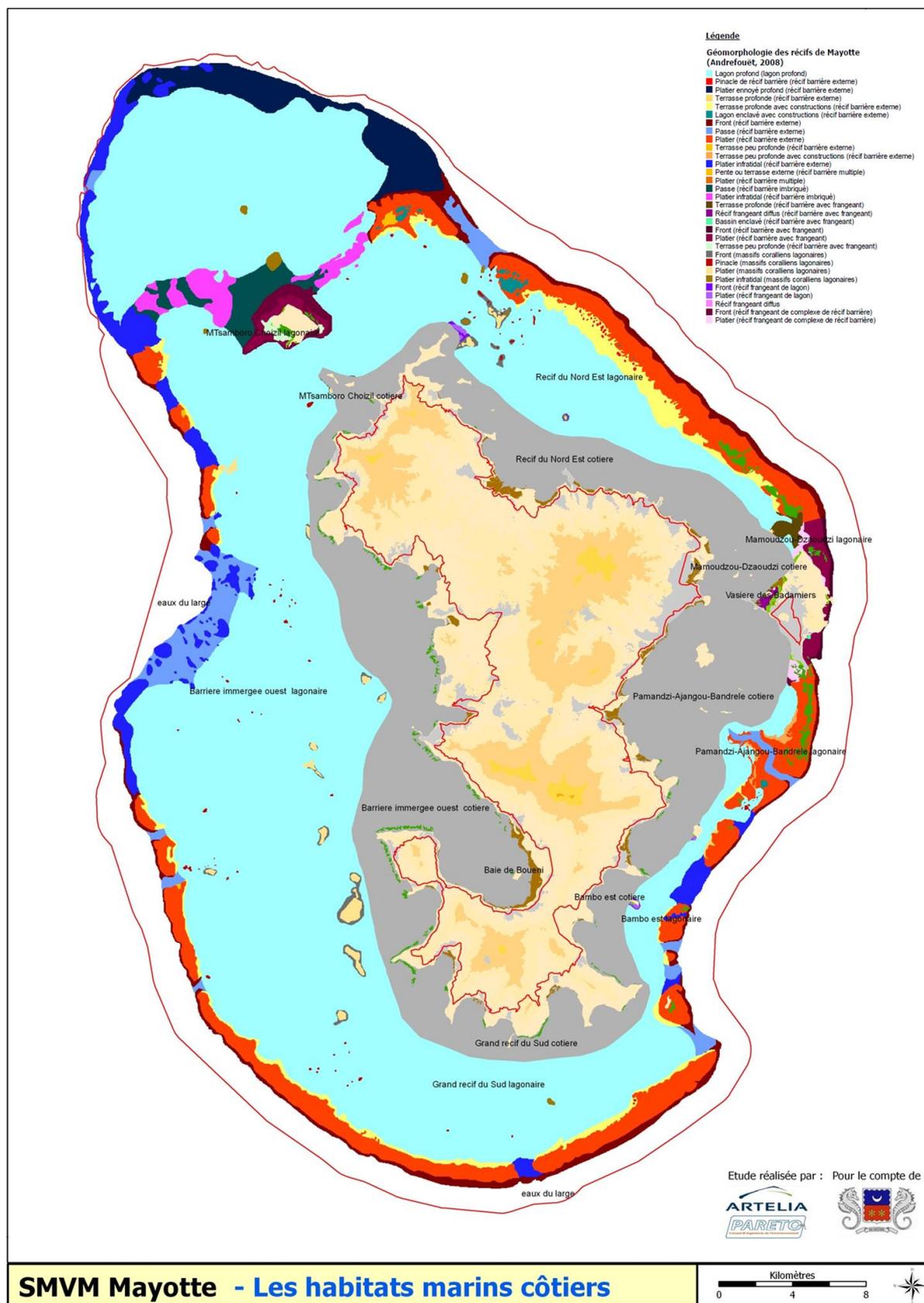


Figure 2 : typologie des habitats marins côtiers de Mayotte (Andréfouët et al., 2008 – SAR/MVM, 2013)

Tableau 1 : typologie géomorphologique des différentes stations en 2005 et 2013

Type récif	Code	Géomorphologie générale
<b>Récif Barrière</b>	1	Pente de déclivité 45° environ, à petit éperons sillons, se prolongeant aux alentours de 10 m par un tombant vertical jusqu'à 25-30 m)
	2	Large pente de déclivité de 10° à 45° à petits éperons et sillons
	3	Glacis de pente externe à pâtés coralliens
	4	Pente à éperons et sillons de tailles importantes
	5	Pente à contreforts (h = 5-10 m) et vallons
<b>Récif Interne</b>	A	Pente externe (exposée)
	B	Platier récifal
	C	Pente interne (abritée)

### 2.1.3 Paramètres étudiés

Au cours de l'échantillonnage des stations en 2013, les observateurs ont relevés successivement les paramètres biotiques et abiotiques suivants :

- La description générale du site (géomorphologie, déclivité, taille des colonies...)
- Pour chaque quadrat (25 m<sup>2</sup>) :
  - Le recouvrement des catégories abiotiques du substrat (% relatifs),
  - La couverture biotique en coraux et algues (% absolus),
  - Le recouvrement des catégories coralliennes et algales (% relatifs).

**Le substrat** a été divisé en **4 grandes catégories** : vase, sable, débris (substrat meuble) et dur. Pour une plus grande facilité et rapidité de collecte de données, ces trois grandes catégories n'ont pas été subdivisées en sous parties comme dans la méthode appliquée initiale (Clua et *al.*, 2005). Elles correspondent néanmoins aux catégories issues de la base de données CoReMo. Après normalisation des données, la somme de ces 4 catégories est égale à 100%<sup>2</sup>.

**La couverture corallienne vivante totale** (Scléactiniaires et coraux mous) est estimée pour chaque quadrat. Elle est donc strictement inférieure ou égale à la couverture totale en substrat dur estimée préalablement.

Les coraux vivants ont été divisés en **11 catégories**, 7 catégories conformément à la méthodologie GCRMN et à la base de données figurant dans le logiciel « Coremo » (Tableau 2) et 4 catégories

<sup>2</sup> Les couvertures étant semi quantitatives (classement ordinal) le total peut être légèrement plus faible ou plus élevé que 100 %. Les données ont donc ensuite été normalisées pour être égales à 100 %.

supplémentaires ajoutées en 2013 : coraux submassifs (ex : *Porites rus*), *Millepora* spp, *Fungia* spp et *Seriatopora* spp. Les données ont été normalisées pour atteindre 100 % (

Figure 3).

Pour l'analyse de la composition des peuplements, les coraux sont divisés en deux grands groupes, les coraux Acropores (CAC) et les coraux non Acropores (NAC). Parmi les NAC, l'analyse différencie en particulier les coraux Massifs Encroûtants Foliacés (MEF), les coraux mous (CMO), les coraux Pocillopores (POC) et les autres NAC.

**La couverture algale totale** est estimée à partir des données précédentes. Si l'on considère le recouvrement algal « systématique » du substrat potentiellement colonisable (substrat dur et débris), la somme des couvertures en vase, sable, coraux vivants et algue est théoriquement égale à 100%. Les données ont été normalisées pour atteindre 100%.

Les algues ont été divisées en **3 catégories** : (i) les algues dressées comme *Turbinaria* spp, *Dyctiota* spp, *Padina* spp, *Asparagopsis* spp, (ii) le turf algal ou assemblages algaux et enfin (iii) les algues calcaires. Les données ont ensuite été normalisées pour atteindre 100%.

Tableau 2 : catégories et codes attribués au substrat et aux peuplements benthiques sous le logiciel CoReMo

		Catégorie	Code	
<b>ABIOTIQUE</b>	SUBSTRAT	Vase	VA	
		Sable	SA	
		Débris	DEB	
		Dur	DUR	
<b>BIOTIQUE</b>	CORAIL CV : Couverture corallienne vivante	Acropore	Acropore tabulaire	ACT
			Acropore branchu	ACB
			Acropore digité	ACD
			Acropore submassif	ACS
			-----	-----
	Non Acropore	Massif/Encroûtant/Foliacé	MEF	
		Pocillopore	POC	
		Alcyonaire	CMO	
	ALGUE AV : Couverture algale	Algue dressé	AD	
		Assemblage algaux	AA	
Algue calcaire		AC		

En 2013, des **photographies géoréférencées des paysages sous-marins** ont été réalisées sur la majorité des stations (cf. CCTP : échantillon représentatif). La matérialisation des stations (marquage fixé au substrat) n'a pas été retenue au regard de l'ampleur des informations à collecter en un minimum de temps (15 sorties en mer). Les prises de vues paysagères des stations MSA ont été réalisées sur le point de départ du transect. Ces clichés photographiques contribueront à alimenter la base de données photographique du projet actuel d'élaboration de l'Atlas des paysages sous-marins de Mayotte (AAMP/PNMM).

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte



Figure 3 : planche photographique des principales catégories coralliennes étudiée en 2005 et 2013

## 2.1.4 Bancarisation et analyse des informations

### 2.1.4.1 Bancarisation des données 2005 et 2013

En accord avec le PNMM, l'ensemble des données collectées en 2013 n'a pu être bancarisé sous le **logiciel CoReMo 3.6.4** (cf. note technique de début de mission). Les données actualisées en 2013, ainsi que l'ensemble des données collectées lors de l'état initial (Pareto, 2006) ont été harmonisées et centralisées sous Excel dans un seul et unique fichier, pour optimiser l'analyse et l'archivage futur des informations.

Parallèlement, les prises de vues paysagères effectuées au départ du transect (Figure 4) ont été bancarisées sous la forme « *1 station = 1 dossier photos* ». Elles permettront d'obtenir à terme une série temporelle de photographies et de caractériser l'évolution des paysages sous-marins.

La bancarisation 2005/2013 pour les sites MSA est jointe au présent rapport sous la forme suivante :

- 1 banque de données Excel centralisant les paramètres pour chaque quadrat (N=2979),
- 1 banque de données photographiques pour les stations MSA (N=145).



Figure 4 : prise de vue paysagère de la station de récif interne Passi Keli 6 en 2013

### 2.1.4.2 Evaluation de la couverture corallienne et de l'état de santé des récifs

Globalement, l'ensemble des paramètres étudiés (substrat abiotique, peuplements benthiques) sont des descripteurs de l'état de santé du récif. Ils permettent de diagnostiquer une régénération ou au contraire une déstructuration d'un milieu récifal, et d'en identifier les causes probables ou possibles. Pour le traitement des données collectées en 2013, il est proposé en particulier d'évaluer la résistance des sites de barrière récifale et des récifs internes suite au dernier phénomène majeur de blanchissement en 2010.

Dans la méthode MSA, les différents recouvrements sont regroupés dans les 5 classes suivantes : 0 % ; 1-10 % ; 11-30 % ; 31-50% ; 51-75 % ; 76-100 %. Dans cette étude, les cotations de **recouvrement en corail dur** (Scléactiniaires) ont été affinées en fonction du type de récif, et attribuées suivant 2 systèmes d'évaluation (Tableau 3). Pour les stations de récif barrière, les cotations sont similaires au suivi MSA précédent (Pareto, 2006). Pour les récifs internes, les cotations attribuées aux récifs frangeants de Grande-Terre ont été considérées, notamment pour les très faibles recouvrements coralliens (Wickel et Thomassin, 2005 ; Pareto, 2013).

Pour caractériser l'**état de santé** des stations du récif barrière à partir des peuplements benthiques, la grille d'évaluation multi-critères a été adaptée à partir du précédent suivi (cf. Partie 3. §3.3). Pour les récifs internes, seule la couverture en Scléactiniaires a pu être considérée (cf. Partie 4 §4.3).

Tableau 3 : cotations retenues pour le recouvrement en Scléactiniaires en fonction du type de récif

Cotation	Couverture benthique corallienne			
	BIBLIO		SUIVI 2013	
	Dahl	MSA	Récif interne	Récif barrière
1	< 10%	0%	0%	< 10%
2	11-30%	1-10%	1-5%	11-20%
3	31-50%	11-30%	6-20%	21-30%
4	51-75%	31-50%	21-50%	31-50%
5	76-100%	51-75%	51-80%	51-75%
6		76-100%	81-100%	76-100%
Principales références	Dahl, 1981	Clua, 2005	Thomassin, 1997	Pareto, 2006

#### 2.1.4.3 Analyse statistique des données 2005 et 2013

Deux familles d'analyses statistiques ont été réalisées dans cette étude. **Lors de la comparaison des moyennes de recouvrement en coraux vivants** une analyse de variance paramétrique à un facteur (one-way ANOVA) est mise en œuvre (Fisher, 1935). La normalité de distribution statistique des taux de recouvrement coralliens mesurés est contrôlée par un test robuste de Jarque-Bera (Jarque et Bera, 1980). L'hypothèse d'homogénéité des variances des données (homoscédasticité) entre « secteur » et « année » est analysée par un test de Levene (Levene, 1960). Lorsque les conditions de normalité et/ou d'homoscédasticité sont réfutées (tests Jarque-Bera et/ou Levene  $P < 0,05$ ), les données sont soumises à une transformée de Box-Cox (Box & Cox, 1964). Afin de différencier et de classer les groupes (secteurs ou années) comparés, un test de comparaisons multiples (post-hoc) est réalisé. Le test de Student-Newman-Keul (SNK) est choisi pour son bon compromis entre puissance du test et contrôle d'un risque faible de détecter des différences qui n'existent pas (Zar, 1984).

**Lors de la comparaison des structures des peuplements benthiques** entre secteurs et entre années, une analyse en composantes principales est réalisée (Hotelling, 1933). Cette analyse a pour objet de mettre en évidence les catégories benthiques qui participent le plus à la différenciation des stations étudiées. Les années et les secteurs peuvent alors être projetés au centre de gravité des stations qui les représentent afin de visualiser l'effet ségréatif de ces facteurs. Les caractéristiques benthiques de chaque année et de chaque secteur peuvent alors être déterminées graphiquement par correspondance des points stations avec les caractéristiques benthiques du cercle des corrélations. La significativité des différences de structure benthique entre secteurs et entre années est testée par analyse de variance multivariée par permutation PERMANOVA (Anderson, 2001). Cette analyse non paramétrique ne nécessite pas de transformation préalable des données, mais ne fournit pas de test de comparaison multiple permettant de distinguer et de classer les groupes de secteurs ou d'années comparés (Oksanen, 2013). Cette distinction est donc réalisée par analyse de l'ACP. Les catégories benthiques représentant en moyenne moins de 1% de recouvrement ont été extraites des analyses. Enfin, un dendrogramme de classification ascendante hiérarchique est réalisé a posteriori afin de confirmer les tendances émises par les précédentes analyses. La distance mesurée entre secteurs est la distance euclidienne en raison d'une correspondance avec le repère de projection de l'ACP. La méthode de classification de Ward consiste à regrouper les classes pour lesquelles la perte d'inertie est la plus faible.

**Le seuil de significativité des tests est fixé à 0,05.** Toutes les analyses statistiques ont été réalisées sous le logiciel d'analyse R (R Development Core Team, 2008) et les packages vegan (Oksanen et al., 2008) et Mass (Venables et Ripley, 2002).

**Remarque :** l'interprétation des données sera, tant que possible, effectuée en lien avec l'évolution de l'état de santé des récifs frangeants (Poste 1), et des sites GCRMN (Poste 3) étudiés simultanément.

## 2.2 STRATEGIE D'ÉCHANTILLONNAGE 2013

La phase terrain s'est déroulée du 30 janvier au 20 février 2013. Une sortie supplémentaire a été nécessaire pour l'échantillonnage du secteur Nord (Mtsamboro – Récif Nord), réalisée le 08 juillet en fonction des conditions météorologiques et des disponibilités des experts. Au total **1339 quadrats** de 25 m<sup>2</sup> répartis sur **145 stations** distinctes ont été échantillonnés, soit plus de **3 hectares** de récifs internes et barrières étudiés en 15 sorties en mer (Tableau 4).

En conformité avec le cahier des charges de l'étude, et le suivi précédent (Pareto, 2006), les observations de terrain en 2013 ont permis d'adapter la méthodologie (variances peu élevées entre les quadrats d'une même station). Plusieurs stations d'échantillonnage, situées essentiellement sur le platier des récifs internes, ont présenté des recouvrements coralliens inférieurs à 1% du substrat. Dans ce cas de figure, une estimation globale a été effectuée pour l'ensemble de la station.

Tableau 4 : plan d'échantillonnage du suivi MSA de l'ORC en 2013

Jour	Date	Observateurs				Zones échantillonnées	Nb station	Nb Quadrat	Surface étudiée (ha)
		AGI	AJA	JBN	JWI				
1	30/01/13	X	X	X		Est (Passe en S - Bambo)	8	79	0,2
2	31/01/13	X	X	X		Sud (Grand récif Sud)	10	100	0,3
3	01/02/13	X	X	X		Nord ( Surprise - Prévoyante)	12	120	0,3
4	06/02/13	X	X		X	Est (Grand Récif Nord Est)	9	90	0,2
5	07/02/13	X	X			Est (Pamandzi - GRNE)	10	100	0,3
6	08/02/13	X	X		X	Sud (Double Barrière)	12	110	0,3
7	11/02/13	X	X		X	Sud (Passe Bouéni)	8	80	0,2
8	12/02/13	X	X		X	Sud (Double Barrière)	15	123	0,3
9	13/02/13	X	X		X	Sud (Double Barrière)	20	137	0,3
10	14/02/13	X	X		X	Barrière Nord (Acoua - Choazil)	8	80	0,2
11	15/02/13		X		X	Sud (Barrière - récifs internes)	8	80	0,2
12	18/02/13	X	X		X	Est (Grand Récif Nord Est)	7	70	0,2
13	19/02/13	X	X		X	Sud (Grand récif Sud)	6	50	0,1
14	20/02/13		X		X	Sud (Passes - Double Barrière)	6	60	0,2
15	08/07/13	X	X			Nord (Mtsamboro - Récif Nord)	6	60	0,2
<b>TOTAL</b>							<b>145</b>	<b>1339</b>	<b>3,3</b>

Sur les 148 stations prospectées lors de l'état initial, 3 d'entre-elles n'ont pu être étudiées en 2013 : Passi Keli 7, 8 et 9. Considérant les 2 unités géomorphologiques étudiées (récifs barrières et internes), les 145 stations échantillonnées en 2013 sont réparties de la manière suivante :

- **Récif Barrière (RB)** : 78 stations,
- **Récif Interne (RI)** : 67 stations.

En 2005, les stations de récif barrière et des récifs internes ont été regroupées en plusieurs secteurs homogènes en fonction des relevés de terrain. Afin de pouvoir comparer statistiquement l'évolution temporelle des paramètres (comparaisons intra et inter secteurs), le nombre de stations par secteur avait été calculé à partir des premiers résultats : test de puissance statistique et test « t » ou tests non paramétriques (Pareto, 2006).

Lors de l'état initial, 10 secteurs de récif barrière et 4 secteurs de récif interne avaient ainsi été identifiés. En 2013, le secteur « Récif Interne Ouest » a été ajouté, afin de considérer les 2 stations de pentes externe et interne du massif corallien lagunaire plus profond de Matré, exclues de l'analyse en 2005 (Tableau 5 et 6).

Le géoréférencement de l'ensemble des stations MSA de 2005 et 2013 est précisé dans les cartes de localisation ci-dessous (Figure 5 à 7).

Tableau 5 : plan d'échantillonnage des suivis MSA de l'ORC en 2005 et 2013 par complexes récifaux

Récif	Complexes récifaux	Secteurs	Nb station		Nb quadrat	
			2005	2013	2005	2013
RB	Bambo-Est	Saziley	3	3	40	30
	Choa / Petite Terre	Petite-Terre	6	6	60	60
	Mtsamboro-Choizil	Choazil	8	8	80	80
		GRNE	3	3	30	30
		Mtsamboro	3	3	30	30
	Pamandzi / Ajangoua / Bandrélé	Bandrélé-Ajangoua	6	6	60	59
		Petite-Terre	4	4	40	40
	Récif du Sud	Bouéni	7	7	140	70
		Récif Sud	16	16	160	160
		Récif Sud-Est	6	6	60	60
		Saziley	3	3	30	30
	Récif Nord-Est	GRNE	9	9	80	90
		GRNE Centre	3	3	30	30
Petite-Terre		1	1	10	10	
RI	Barrière Submergée Ouest	Récif Interne Ouest	2	2	20	20
	Récif du Sud	Double Barrière Centre	18	18	180	144
		Double Barrière Nord	16	16	160	97
		Double Barrière Sud	19	16	240	150
	Récif Nord-Est	Récif Interne Nord-Est	15	15	190	149
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>148</b>	<b>145</b>	<b>1640</b>	<b>1339</b>

Tableau 6 : nombre de stations sur les secteurs de récif interne par type d'habitat en 2005 et 2013

Récif	Complexes récifaux	Secteurs	Stations					
			Pente externe		Platier		Pente interne	
			2005	2013	2005	2013	2005	2013
RI	Barrière Submergée Ouest	Récif Interne Ouest	1	1	0	0	1	1
	Récif du Sud	Double Barrière Centre	8	8	5	5	5	5
		Double Barrière Nord	8	8	4	4	4	4
		Double Barrière Sud	10	7	4	4	5	5
	Récif Nord-Est	Récif Interne Nord-Est	4	4	7	7	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>19</b>

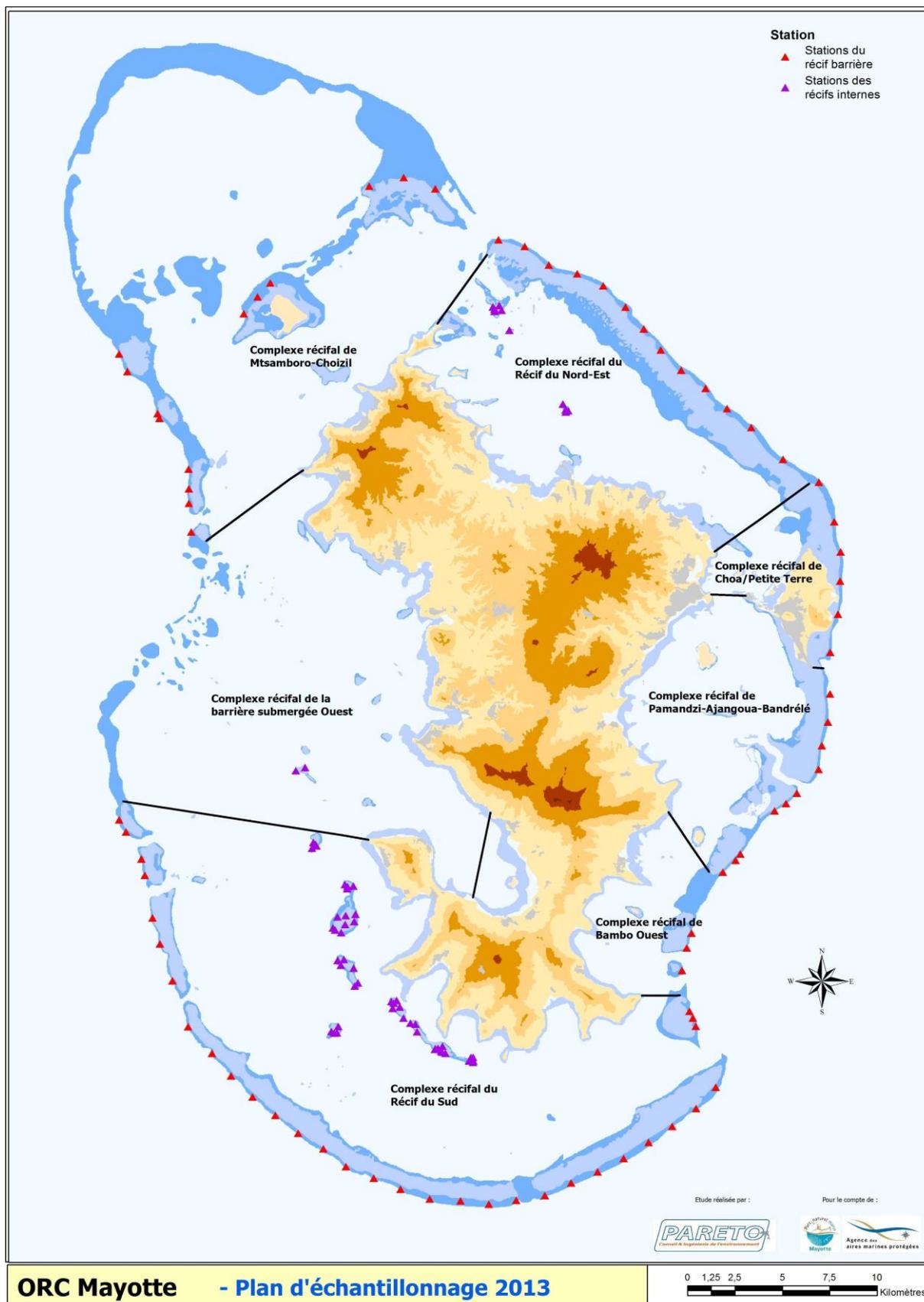


Figure 5 : localisation générale des 8 grands complexes récifaux et des 148 stations du suivi MSA de l'ORC

## Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

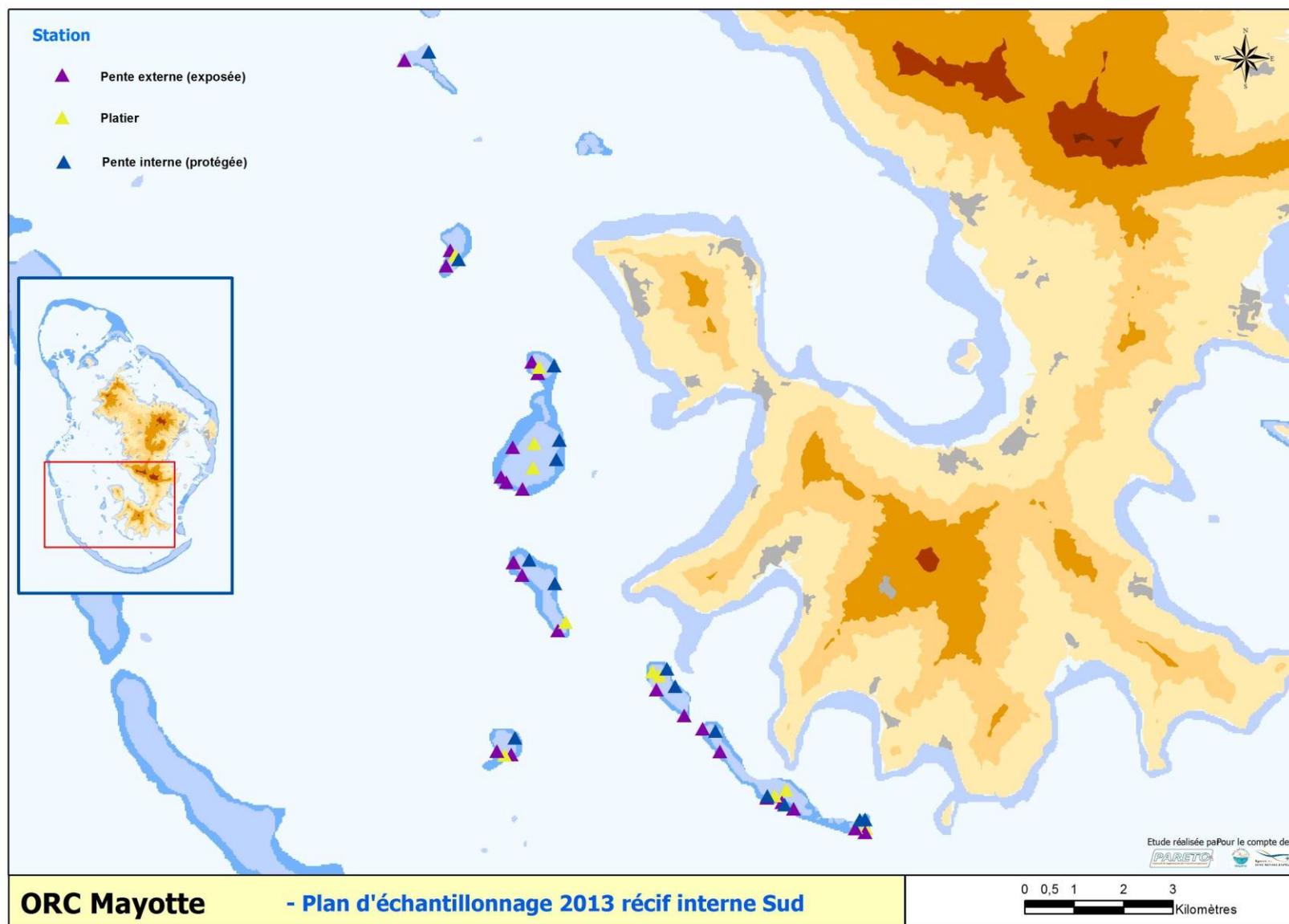


Figure 6 : localisation des stations MSA de la Double Barrière et des récifs internes Ouest, par type d'habitats

# Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

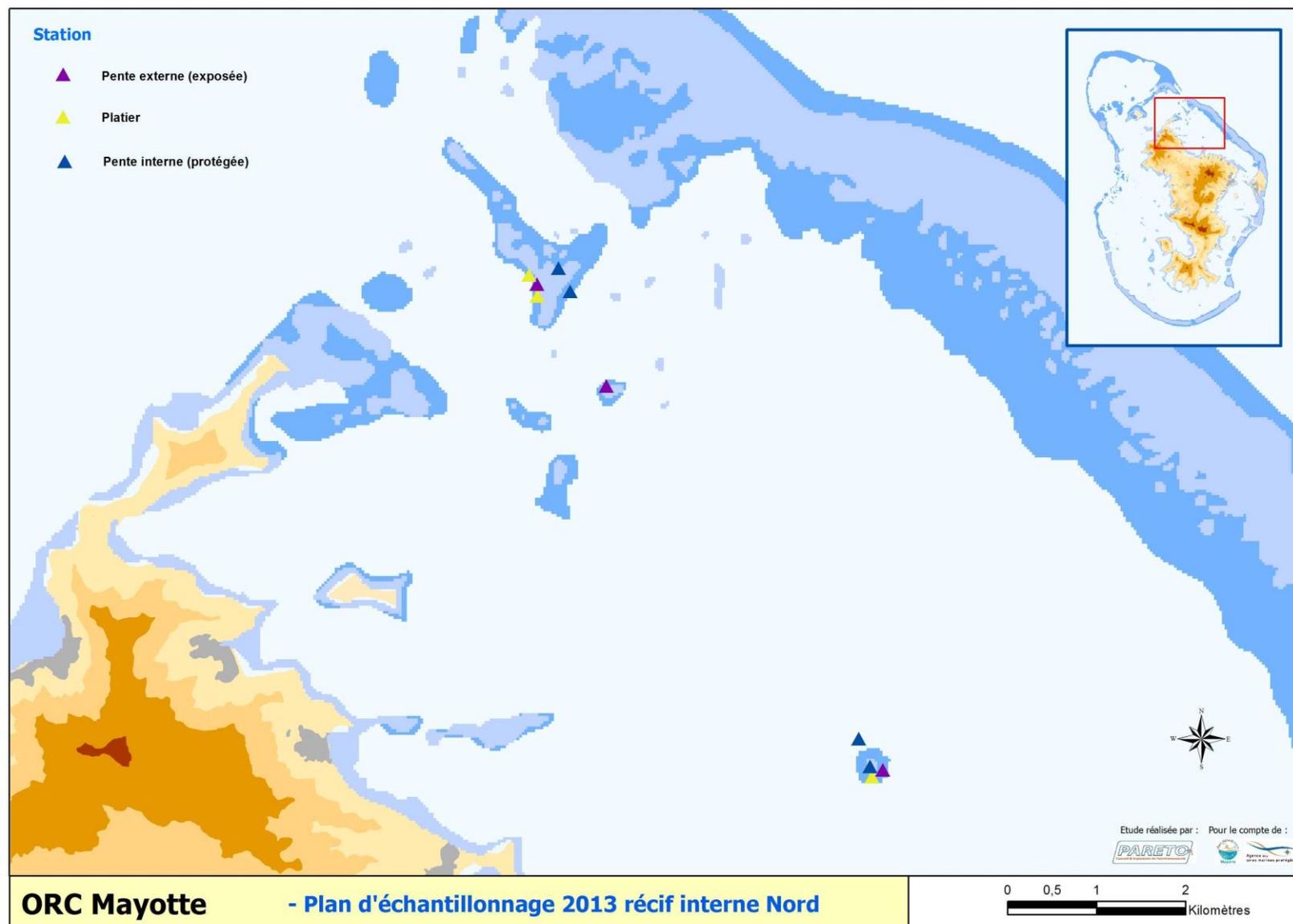


Figure 7 : localisation des stations MSA des récifs internes Nord-Est, par type d'habitat

## 3 EVOLUTION DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DE RECIF BARRIERE

---

### 3.1 PRESENTATION GENERALE DU RECIF BARRIERE

#### 3.1.1 Géomorphologie et habitats remarquables

L'unité géomorphologique « récif barrière » est principalement composée d'un récif barrière classique, associé par endroit à des récifs frangeants (Petit-Terre, Mtsamboro), et d'une barrière submergée plus profonde à l'Ouest (Andréfouet, 2002). La barrière récifale s'étend sur près de 200 km et est entrecoupée d'une douzaine de passes. Parmi les récifs du complexe récifo-lagonaire de l'île (342 km<sup>2</sup>), la superficie de la barrière peut être estimée à 275 km<sup>2</sup> (récifs frangeants compris). D'après l'Atlas des récifs du Sud-Ouest de l'océan Indien (Andréfouet, 2008), le récif barrière de Mayotte se décompose en 5 principaux complexes :

- Complexe de récif barrière avec frangeant (14 km<sup>2</sup>)
- Complexe de récif barrière imbriqué (22 km<sup>2</sup>),
- Complexe de récif barrière multiple (2 km<sup>2</sup>),
- Complexe de récif barrière externe (228 km<sup>2</sup>),
- Récif frangeant de complexe de récif barrière (9 km<sup>2</sup>).

A l'interface océan/lagon, ces habitats naturels de récif barrière peuvent être qualifiés de remarquables pour Mayotte et sa région, notamment en considérant que :

- La **protection physique** apportée par l'édification de ces grands massifs calcaires par la faune et flore coralliennes tout autour de l'île, contribue à la protection littorale des biens et des personnes, et constitue un abri naturel providentiel pour la pratique des activités,
- La **diversité des habitats** (Andréfouet, 2008) associée aux discontinuités du récif barrière telles que les passes aux Bateaux, Bandrélé, Longoni, Saziley ou les grandes passes de l'Ouest, constituent des sites fonctionnels essentiels à l'alimentation, la reproduction et le développement de la faune marine,
- La **diversité biologique** y est plus élevée que sur les autres unités géomorphologiques pour certains peuplements tels que l'ichtyofaune, notamment les poissons d'intérêt commercial,
- Les **activités socioprofessionnelles** telles que la petite pêche embarquée, et l'encadrement professionnel pour l'observation de la faune sont étroitement liées à ces habitats naturels,
- Certaines **spécificités géomorphologiques**, paysagères ou bien encore archéologiques sont également remarquables, telles que la barrière effondrée à l'Ouest ou bien encore l'Aire Marine Protégée de la Passe Longogori dont la forme sinueuse, témoin du tracé de l'ancien lit d'une rivière, lui vaut le surnom de Passe en S.

Dans le cadre du **plan de gestion du Parc naturel marin de Mayotte (2013)**, la majorité du récif barrière présente un intérêt important à très important pour le patrimoine naturel. D'après les orientations et la vocation des zones, la majorité de la barrière constitue une zone importante pour la pêche récifale, et dans une moindre mesure pour les activités nautiques. Au regard des enjeux liés à ces habitats coralliens, la majorité du récif barrière à vocation à être protégée en limitant les impacts anthropiques. Une grande partie du récif barrière est également classée zone de protection forte au sein du chapitre individualisé valant **Schéma de Mise en valeur de la Mer (SMVM)** du Schéma d'Aménagement Régional (SAR) de Mayotte (en cours d'élaboration).

### 3.1.2 Peuplements coralliens de la pente externe

Les peuplements coralliens classiques des pentes externes du récif barrière à Mayotte ont pu être étudiés notamment dans le cadre de l'ORC Mayotte (1998/2013). Leur composition dépend de plusieurs facteurs environnementaux tels que la profondeur, l'exposition aux courants et à la houle, la nature du substrat, la déclivité, la turbidité de l'eau, la présence de prédateurs, etc.

Concernant l'**unité géomorphologique « récif barrière »**, les pentes externes comprennent 4 principales zones coralliennes en fonction de la profondeur (GIS Lag May, 2005) :

- Zone du front récifal (0-8 m),
- Rebord du tombant ou pente moyenne (8-14 m),
- Tombant ou pente moyenne (14-26m),
- Bas de pente corallienne (>26 m).

Dans le cadre de cette étude, les stations de récif barrière sont implantées au niveau de la pente externe à une profondeur, la plus constante possible<sup>3</sup>, d'environ 8 m à marée basse de vives eaux. Cette profondeur correspond soit (i) à la bordure du tombant de pente externe, soit (ii) au sommet des contreforts et vallons, ou (iii) au sommet des éperons en l'absence de tombant.

Les peuplements associés au rebord du tombant sont typiquement les **Acropores tabulaires** (*Acropora hyacinthus* et *A. clathrata*) dont le recouvrement peut dépasser 80 %. Les autres espèces en présence appartiennent essentiellement aux Pocilloporidae, Poritidae et aux Favidae (GIS LAg May, 2005). Sur les éperons et sillons échantillonnés soumis à de fortes houles, les colonies massives sont plus représentées : *Acropora palifera*, Poritidae, Favidae. ). Les coraux mous et les algues dressées ne devant être que très faiblement représentés dans ce type de biotope (Mc Clanahan, 2002 ; Fabricius, 2005).

Les habitats coralliens de récif barrière à Mayotte sont remarquables, tant au niveau écologique qu'au niveau socio-économique. L'expertise réalisée en 2005 puis en 2013 concerne les habitats de pente externe à environ 8 m de profondeur : bordures de tombant, sommet des contreforts et vallons, ou sommet des éperons. La bonne connaissance de l'état de santé du récif barrière avant le dernier épisode de blanchissement (suite à l'état initial par MSA en 2005) permet d'identifier les secteurs où les peuplements ont été potentiellement destructurés suite au dernier phénomène majeur de 2010.

D'après l'état initial de 2005, les observations de terrain de 2013, et les réflexions actuelles sur les indicateurs écologiques récifaux pour la DCE à Mayotte (en cours), les paramètres retenus pour l'évaluation de l'état de santé de la barrière sont le recouvrement moyen en (i) coraux durs Scléactiniaires, (ii) coraux mous, (iii) algues dressées, et les proportions relatives en (iv) Acropores tabulaires et (v) massifs encroûtants ou foliacés (cf. Partie 3. - §3.3).

<sup>3</sup> A moindre profondeur dans le cas où la bordure du tombant de pente externe est située avant 8 m aux BMVE

## 3.2 EVOLUTION DU SUBSTRAT ENTRE 2005 ET 2013

### 3.2.1 Recouvrement des catégories abiotiques

En 2013, pour l'ensemble des 78 stations échantillonnées sur le récif barrière, les moyennes de recouvrement des catégories abiotiques mettent en évidence un **substrat dur<sup>4</sup> dominant avec 86,5% ( $\pm 13\%$ )**. Ce type de substrat est colonisé ou potentiellement colonisable par la faune benthique corallienne. Les débris coralliens et les fonds sableux représentent respectivement 10% ( $\pm 12\%$ ) et moins de 3,5% ( $\pm 5\%$ ) du substrat. Sur cet habitat de pente externe de récif barrière la présence de fonds vaseux n'a pas été détectée.

Entre 2005 et 2013, ces résultats démontrent une relative stabilité des catégories abiotiques depuis l'état initial pour le substrat dur (86%), les débris coralliens (10 à 12%), les fonds sableux (1 à 3%) et vaseux (0%). Trois ans après le blanchissement de 2010, les débris coralliens ne sont pas plus denses, et présentent même une légère diminution au profit des fonds sableux.

A l'échelle des grands complexes récifaux (Thomassin, 1986 et 2007), l'analyse graphique de la couverture benthique pour les différentes catégories abiotiques entre 2005 et 2013 met en évidence une évolution relativement distincte (Figure 8) :

- **Groupe 1** - Complexe Mtsamboro-Choazil : progression du substrat dur (+10%) au détriment des débris coralliens (-11%),
- **Groupe 2** - Complexes Choa/Petite-Terre, Récif du Sud et Récif Nord-Est : stabilité des catégories abiotiques entre 2005 et 2013 (0 à -2%),
- **Groupe 3** - Complexes Pamandzi-Ajangoua-Bandrélé et Bambo-Est : relative diminution du substrat dur en 2013 (-5 à -8%).

En 2013, d'après ces premiers résultats, 3 ans après le dernier épisode de blanchissement majeur, la couverture abiotique du récif barrière semble relativement stable par rapport à 2005. La stabilité du recouvrement moyen en débris coralliens pourrait témoigner soit (i) de la résistance des colonies vivantes du récif barrière au phénomène de blanchissement de 2010, soit (ii) de la présence de colonies mortes encore sur pied et/ou d'un remaniement du substrat post blanchissement et post mortalité massive des colonies, laissant apparaître la dalle corallienne nue.

La relative progression du substrat dur enregistrée depuis 2005 pour le complexe Mtsamboro-Choazil (+10%), pourraient hypothétiquement témoigner de la croissance corallienne totale sur la zone depuis 2005, contrairement aux complexes de Bambo-Est et Pamandzi-Ajangoua-Bandrélé.

Cette hypothèse implique d'être vérifiée par l'analyse de l'évolution de la couverture corallienne entre 2005 et 2013. En effet une progression du substrat dur peut également résulter d'une mortalité massive des colonies, laissant place aux débris coralliens dans un premier temps, puis à la dalle corallienne nue après remaniement du substrat (hydrodynamisme). De plus, les colonies coralliennes mortes encore sur pied ou déjà colmatées sont considérées également dans la catégorie « substrat dur » de la couverture abiotique. Enfin, l'analyse du substrat met en évidence des évolutions distinctes entre les secteurs d'étude avec une relative stabilité du substrat dur pour Choazil qui ne semblerait donc pas confirmer l'hypothèse d'une régénération corallienne pour tous les secteurs.

---

<sup>4</sup> Le substrat dur correspond aux Scléactiniaires vivants ou morts ainsi qu'à la dalle corallienne nue

### 3.2.2 Recouvrement biotique du substrat

#### 3.2.2.1 Couverture biotique en 2013

Si l'on considère que l'ensemble des débris coralliens et de la dalle corallienne nue est à minima colonisé par des algues calcaires, dressées ou des assemblages algaux (turf), les proportions relatives des couvertures en coraux vivants, algues totales, sable et vase sont égales à 100%.

Partant de ce postulat, en 2013, pour l'ensemble des 78 stations du récif barrière, les moyennes de recouvrement biotique et abiotique mettent en évidence une **couverture algale dominante avec 74%** ( $\pm 19\%$ ) de recouvrement du substrat composée essentiellement par du turf. La couverture corallienne vivante totale (Scléactiniaires et coraux mous) ne représente en moyenne que 23% ( $\pm 19\%$ ) du substrat. Les couvertures sableuse (3%  $\pm 5\%$ ) et vaseuse (0%) sont minoritaires.

A l'échelle des grands complexes récifaux, l'analyse graphique des **moyennes par catégories biotiques** met en évidence des couvertures coralliennes (CV) les plus faibles, et algues (AT) les plus élevées, pour le complexe du Récif Nord-Est (Figure 9). Ces résultats permettent d'identifier 3 groupes distincts :

- **Groupe 1** - Récif du Sud, Mtsamboro-Choazil et Bambo Est (CV 25-29% / AT 68-73%).
- **Groupe 2** - Pamandzi-Ajangoua-Bandrélé et Choa-Petite Terre (CV 17% / AT 76-78%)
- **Groupe 3** - Récif Nord-Est (CV 9% / AT 87%)

A l'échelle des 10 secteurs d'étude, l'analyse statistique des **moyennes de recouvrement en coraux vivants** (Scléactiniaires et coraux mous) en 2013 permet d'affiner les résultats précédents. La comparaison des moyennes pour les secteurs de récif barrière en 2013 rejette l'hypothèse d'égalité (ANOVA,  $F_{9,769} = 19,46$ ,  $P < 0,001$ ). Le test de comparaisons multiples de Student-Newman-Keul (SNK), permet de distinguer trois groupes de valeurs distincts (Tableau 7) :

- **Groupe 1** : Saziley (SAZ), Récif Sud (RSU) et Mtsamboro (MTS) - valeurs maximales,
- **Groupe 2** : Récif Sud-Est (RSE), Petite-Terre (PTE), Bouéni (BOU), Choizil (CHO), GRNE (GRN) et Ajangoua-Bandrélé (AJA) - valeurs moyennes,
- **Groupe 3** : Grand Récif Nord-Est Centre (GRC) - valeurs minimales.

Tableau 7 : comparaison des moyennes de recouvrement en corail vivant par secteurs en 2013 (ANOVA suivi du test Post Hoc SNK)

Année	Type de récif	ddl	F	P	Post Hoc (secteurs)
2013	Récif Barrière	9,769	19,46	$< 2,2e^{-16}$	SAZ=RSU=MTS $\geq$ RSE=PTE=BOU=CHO=GRN=AN=AJA > GRC

En 2013, les secteurs SAZ, RSU et MTS peuvent être qualifiés de remarquables pour la couverture corallienne vivante, par rapport aux autres secteurs de récif barrière. D'après les résultats précédents, pour le complexe récifal Mtsamboro-Choazil la progression du substrat dur en 2013 (+10%) associée aux couvertures coralliennes maximales, notamment pour le secteur Mtsamboro pourraient donc témoigner d'une relative progression des peuplements coralliens sur la zone depuis l'état initial par rapport aux autres complexes. Ce résultat reste néanmoins toujours à confirmer par l'évolution 2005/2013 des coraux vivants, et semble à nuancer en considérant le secteur Choazil (stagnation du substrat dur et couverture corallienne moyenne en 2013).

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

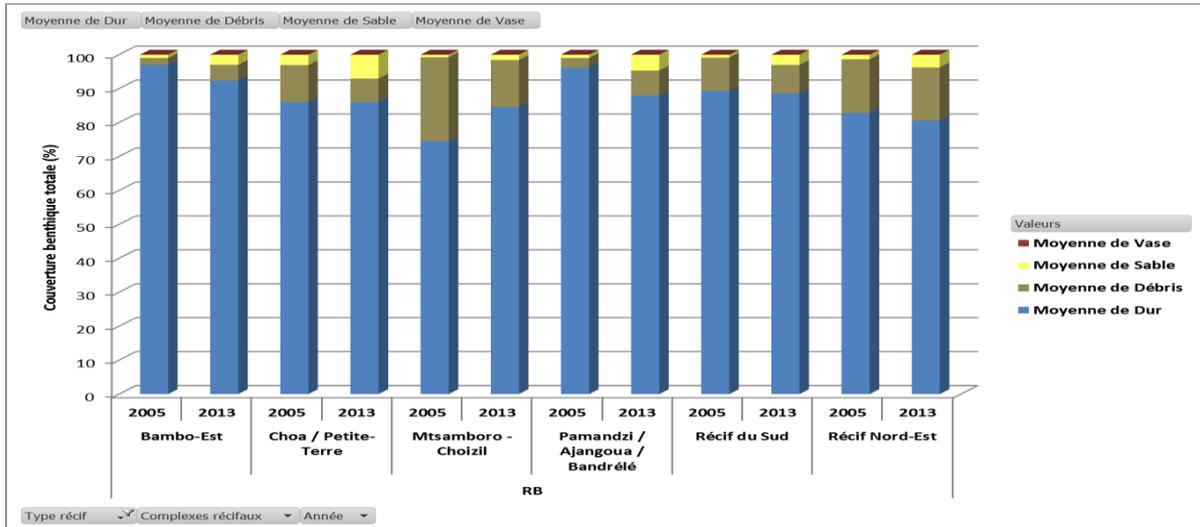


Figure 8 : couverture des catégories abiotiques du récif barrière par complexes récifaux en 2005 et 2013

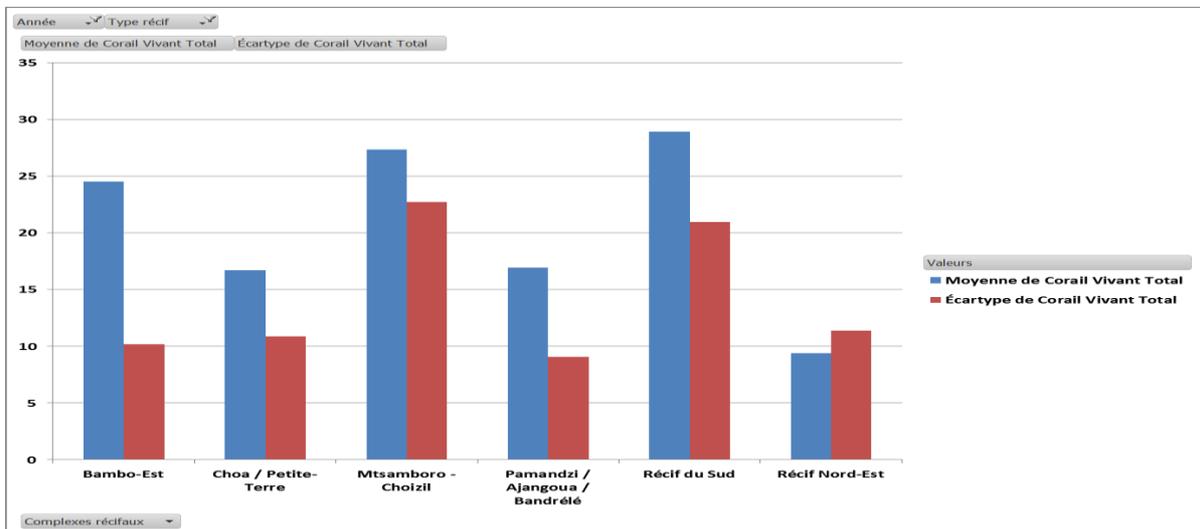


Figure 9 : moyennes et écarts types du recouvrement corallien de la barrière par complexes récifaux en 2013

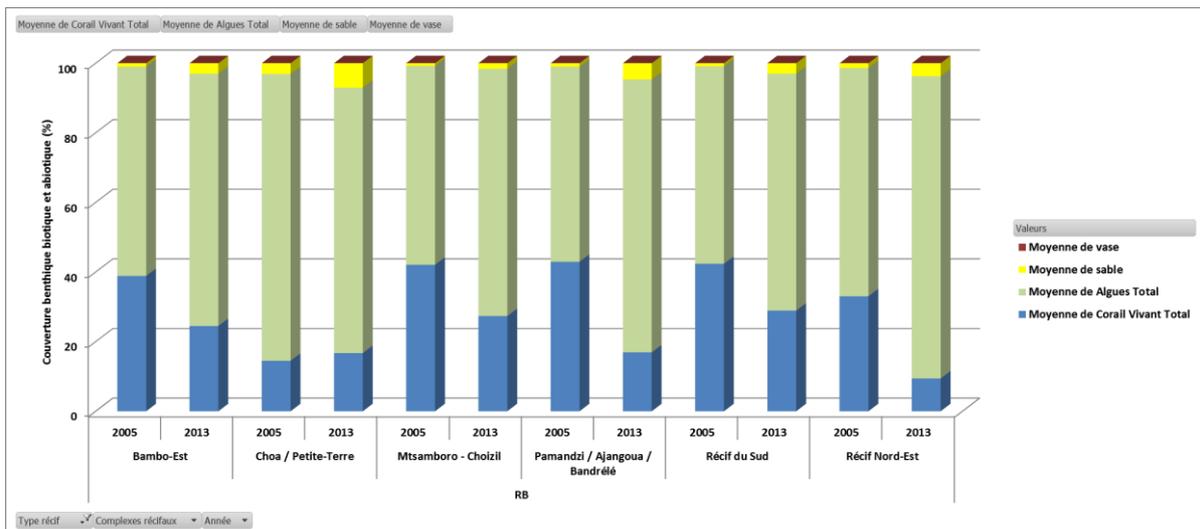


Figure 10 : couverture biotique du récif barrière par complexes récifaux en 2005 et 2013

### 3.2.2.2 Evolution du recouvrement biotique entre 2005 et 2013

Pour l'ensemble des 78 stations, l'analyse de la couverture biotique du récif barrière met principalement en évidence une diminution globale de la couverture en coraux vivants (CV -16%) au profit de la couverture algale totale (AT), essentiellement composée de turf (+14 %),

Les tendances évolutives 2005/2013 sont néanmoins différentes en fonction des 5 types d'habitats prospectés pour le récif barrière :

- La progression des algues au détriment des coraux vivants est la plus élevée sur les pentes à petits éperons et sillons (Codes 1 et 2),
- La régression des coraux vivants est moins élevée pour les pentes externes à grands éperons et sillons, ou à contreforts et vallons (Codes 4 et 5),
- Les glacis de pente externe à pâté coralliens présentent une évolution distincte, avec une régression des algues (-12%) au profit des coraux (+8%).

A l'échelle des grands complexes récifaux, l'analyse graphique de la couverture biotique entre 2005 et 2013 met principalement en évidence (Figure 10) :

- Une relative stabilité pour Choia/Petite-Terre (CV +2% / AT -6%),
- Une régression des coraux la plus importante pour les complexes Pamandzi-Aangoua-Bandrélié (CV -26%) et du Récif Nord-Est (CV -23%),
- Une régression des coraux (CV -13 à 15%) et une progression du turf algal (AT +11 à 14%) pour les autres complexes.

Ces premiers résultats témoigneraient donc d'une modification du recouvrement biotique entre 2005 et 2013. **Les Scléactiniaires et les coraux mous régressent au profit de la couverture algale (essentiellement composée de turf), qui colonise la dalle corallienne nue, les colonies mortes et les débris coralliens.** Cette dégradation des peuplements biologiques pourrait ainsi traduire les impacts du phénomène majeur de blanchissement en 2010, et une résistance faible des stations de récif barrière face au phénomène.

Pour le complexe récifal Mtsamboro-Choazil (CV -15%), ce premier résultat infirmerait donc les hypothèses précédentes sur la régénération potentielle des coraux entre 2005 et 2013 (progression du substrat dur, en parallèle aux couvertures coralliennes parmi les plus élevées en 2013). Trois ans après le blanchissement, la mortalité des colonies calcaires a provoqué la baisse de la couverture corallienne au profit du substrat dur abiotique colonisé par le turf algal à l'échelle du complexe récifal. L'analyse des coraux par secteur (Choazil, Mtsamboro) entre 2005 et 2013 apportera des informations complémentaires sur cette relative dégradation du complexe récifal (cf. §3.2.2.3).

A l'échelle des secteurs d'étude, l'analyse statistique de la structure du substrat et de la communauté benthique de récif barrière permet d'affiner les résultats précédents. L'analyse de variance multivariée par permutation réalisée entre les 2 suivis révèle **des structures du substrat et de la communauté benthique significativement différentes entre 2005 et 2013** (PERMANOVA,  $F_{1,19} = 5,90$ ,  $P < 0,01$ ). En revanche, l'analyse réalisée entre secteurs ne révèle aucune différence de structure pour les 10 groupes échantillonnés (PERMANOVA,  $F_{9,19} = 1,40$ ,  $P > 0,05$ ).

L'analyse en composantes principales vient appuyer ces résultats : les secteurs échantillonnés en 2005 sont projetés dans les valeurs négatives de l'axe horizontal du plan factoriel, tandis que les secteurs échantillonnés en 2013 sont projetés dans les valeurs positives de l'axe. L'axe vertical ne semble en revanche pas participer à la distinction entre années (Figure 11 - B). La bonne représentation de l'ACP permet la correspondance entre projections des stations, regroupées par années, et caractéristiques de substrat et de benthos représentées dans le cercle des corrélations (Figure 11 - D). Il apparaît ainsi que l'axe horizontal du cercle est principalement une combinaison linéaire des caractéristiques de benthos, avec des recouvrements en coraux et en algues calcaires (corallines) négativement corrélés à l'axe et des recouvrements en gazon algal (turf) positivement corrélés à l'axe. Parmi les caractéristiques de substrat, seul le taux de sédiment meuble (sable) est fortement corrélé positivement à l'axe.

Les secteurs représentés par le dendrogramme tendent globalement à confirmer les tendances émises par l'interprétation des précédentes analyses, au moins au cours d'une des deux années échantillonnées. Seul le secteur Grand récif du Nord-Est (GRNE) semble présenter en 2005 comme en 2013 des structures intermédiaires (Figure 12).

Il ressort ainsi de ces analyses qu'aucune structure spécifique de substrat ni de benthos n'apparaît entre les différents secteurs. En revanche, l'année 2005 s'identifie par de forts taux de recouvrement par les algues calcaires et les coraux, tandis que l'année 2013 montre de forts taux de recouvrements par le gazon algal et les sédiments meubles (sable). Ce résultat tendrait donc à démontrer un impact élevé du blanchissement de 2010 sur les communautés benthiques du récif barrière.

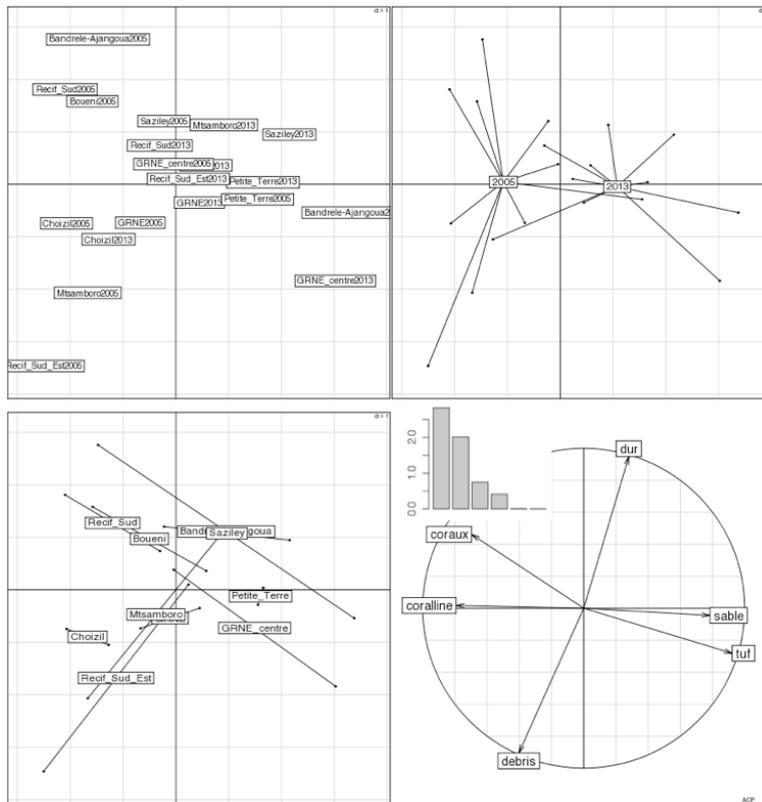


Figure 11 : ACP réalisée par secteurs sur les catégories de substrat et de communauté sessile benthique de récif barrière. Les deux axes dont l'inertie est  $> 1$  sont conservés. Les axes du plan factoriel représentent respectivement 47% (horizontal) et 34% (vertical) de la variance. A : stations projetées sans regroupement ; B : stations regroupées par années ; C : stations regroupées par secteur ; D : cercle des corrélations.

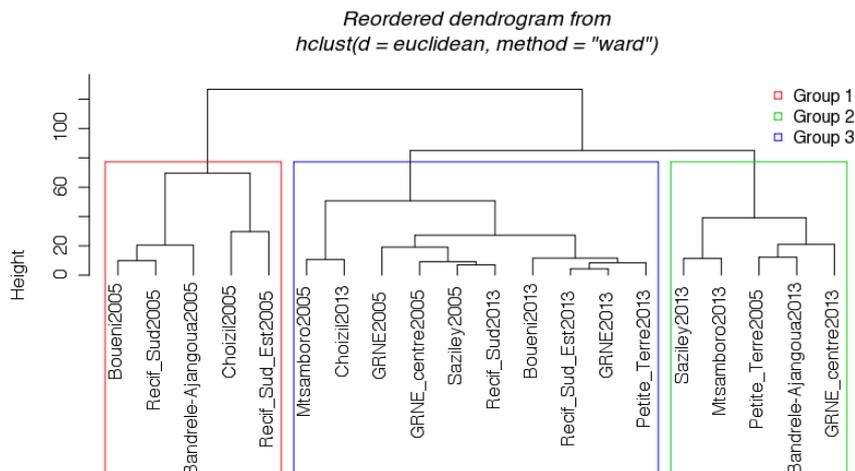


Figure 12 : dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des secteurs de récif barrière selon la structure du substrat et la communauté benthique (distance euclidienne, méthode de variance minimum de Ward).

## 3.2.2.3 Evolution du recouvrement corallien entre 2005 et 2013

Pour l'ensemble des stations, à l'échelle de l'unité géomorphologique « récif barrière », l'analyse statistique de comparaison des moyennes du recouvrement corallien pour les 2 suivis rejette l'hypothèse d'égalité (ANOVA,  $F_{1,1657} = 297,9$ ,  $P < 0,001$ ). La couverture moyenne en corail vivant total (Scléactiniaires et coraux mous) est significativement plus faible en 2013 (Tableau 8).

Tableau 8 : comparaison des moyennes de recouvrement corallien du récif barrière en 2005 et 2013 (ANOVA)

Type de récif	ddl	F	P	Couverture corail vivant
Récif Barrière	1,1657	297,9	$< 2,2e^{-16}$	2005 > 2013

A l'échelle des 5 catégories d'habitats, les moyennes de recouvrement en coraux vivants Scléactiniaires en 2013 et en 2005 mettent principalement en évidence (Tableau 9) :

- Des couvertures maximales en 2013 pour les glacis de pente externe à pâtés coralliens (41%) et une tendance évolutive pour ce type d'habitat depuis 2005 (+14%),
- Une relative stabilité de la couverture corallienne pour la pente à éperons et sillons de tailles importantes (-2%),
- Une tendance régressive de la couverture corallienne pour les autres types d'habitats, en particulier pour la pente à petits éperons/sillons et tombant vertical (-25%).

Tableau 9 : recouvrement corallien par types d'habitats de pente externe du récif barrière en 2013, et évolution depuis l'état initial de 2005

Habitats du récif barrière		2005		2013		2013 vs 2005 (%)
		Coraux Durs (%)	Code CD	Coraux Durs (%)	Code CD	
1	Pente à petits éperons sillons et tombant vertical	46 (±16)	4	21 (±15)	3	-25
2	Pente douce à petits éperons et sillons	38 (±10)	4	27 (±13)	3	-11
3	Glacis de pente externe à pâtés coralliens	27 (±9)	3	41 (±23)	4	14
4	Pente à éperons et sillons de tailles importantes	19 (±12)	2	17 (±14)	2	-2
5	Pente à contreforts et vallons	23 (±15)	3	16 (±10)	2	-8

A l'échelle des secteurs d'étude, l'analyse statistique pour la comparaison des moyennes de recouvrement corallien total du récif barrière en 2013 rejette l'hypothèse d'égalité pour la très grande majorité des secteurs, avec des couvertures en coraux vivants plus faibles en 2013. Elle met en évidence 3 groupes distincts (Tableau 10) :

- **Groupe 1** - Mtsamboro présente une couverture corallienne significativement plus élevée en 2013 (ANOVA,  $F_{1,58} = 5,211$ ,  $P = 0,026$ ). Cette progression depuis 2005 (+10%) pour ce secteur s'oppose donc à la tendance régressive détectée précédemment à l'échelle du complexe récifal (cf. 3.2.2.2).
- **Groupe 2** - Saziley et Petite-Terre montrent une couverture corallienne relativement similaire en 2005 et 2013 ( $\Delta < 1\%$ ). Cette relative stagnation en coraux vivants par rapport au secteur Mtsamboro, témoignerait d'un impact potentiel du blanchissement de 2010, mais plus faible que les secteurs de groupe 3, et/ou de couvertures coralliennes faibles dès 2005.
- **Groupe 3** - tous les autres secteurs présentent des couvertures significativement plus faibles en 2013, par rapport à 2005, avec des régressions en corail vivant jusqu'à 53%.

Tableau 10 : comparaison des moyennes de recouvrement corallien du récif barrière par secteurs en 2005 et en 2013 (ANOVA)

Type de récif	Complexes récifaux	Secteurs	ddl	F	P	Couverture corail vivant
Récif Barrière	Pamandzi-Ajangoua-Bandrélé	Ajangoua - Bandrélé	1,117	347,1	< 2,2e <sup>-16</sup>	2013 < 2005
	Récif du Sud	Bouéni	1,238	55,25	1,901e <sup>-12</sup>	
	Mtsamboro-Choazil	Choazil	1,158	149,3	< 2,2e <sup>-16</sup>	
	Récif Nord-Est / Mtsamboro-Choazil	GRNE	1,228	31,87	4,873e <sup>-08</sup>	
	Récif Nord-Est	GRNE Centre	1,58	234,8	< 2,2e <sup>-16</sup>	
	Récif du Sud	Récif Sud	1,338	83,73	< 2,2e <sup>-16</sup>	
	Récif du Sud	Récif Sud-Est	1,98	18,91	3,359e <sup>-05</sup>	2005 = 2013
	Choa-Petite Terre / Pamandzi-Ajangoua Bandrélé / Récif Nord-Est	Petite-Terre	1,218	3E-04	0,9866	
	Récif du Sud / Bambo-Est	Saziley	1,128	0,055	0,8145	2013 > 2005
	Mtsamboro-Choazil	Mtsamboro	1,58	5,211	0,02612	

A l'échelle du complexe récifal Mtsamboro-Choazil, parallèlement à la progression du recouvrement corallien sur le secteur Mtsamboro (stations MTZ 1 à 3 : +10%), les stations à proximité appartenant au secteur Grand Récif Nord-Est présentent également une couverture plus élevée en 2013 (MTZ 4 à 6 : +22%). La tendance régressive enregistrée à l'échelle du complexe récifal serait donc induite par le secteur Choazil nettement dégradé en 2013 (-38%).

Pour les 78 stations d'étude, les moyennes de recouvrement en corail dur (Scléactiniaires) en 2013 permettent d'attribuer les 6 cotations de recouvrement retenues dans le précédent suivi : <10% ; 11-20% ; 21-30% ; 31-50% ; 51-75% et 76-100% (Pareto, 2006). L'ensemble des résultats par station (Tableau 11) et par secteur (Tableau 12) sont synthétisés dans les Figure 13 et 14.

### Etat du substrat en 2013

En 2013, la couverture corallienne des stations de récif barrière est faible (23%), et le substrat est majoritairement recouvert par le turf algal. Dans ce contexte, les secteurs de « Saziley », « Récif Sud » et « Mtsamboro » présentent des couvertures coralliennes significativement plus élevées que les autres secteurs, notamment pour les habitats de pente à éperons et sillons. Ils peuvent donc être considérés comme remarquables.

### Evolution du substrat sur la période 2005-2013

L'analyse statistique de la structure du substrat et de la communauté benthique de récif barrière révèle des structures significativement différentes entre les 2 suivis. L'année 2005 s'identifie par de forts taux de recouvrement par les algues calcaires et les coraux, tandis que l'année 2013 montre de forts taux de recouvrement par le gazon algal et les sédiments meubles (sable). Les Scléactiniaires et les algues calcaires régressent au profit du turf algal, qui colonise la dalle corallienne nue, les colonies mortes et les débris coralliens.

Le recouvrement en coraux vivants (Scléactiniaires et coraux mous) est significativement plus faible en 2013, en particulier pour les stations de pente à petits éperons et sillons, et tombant vertical. Si les secteurs « Saziley » et « Petite-Terre » semble moins touchés, la grande majorité des secteurs semble avoir été impactée par le blanchissement de 2010. Seul le secteur « Mtsamboro », où les coraux sont significativement plus élevés en 2013, présenterait une relative résistance au phénomène (contrairement au secteur Choazil au sein du même grand complexe récifal). Ce résultat pourrait donc traduire un impact élevé du blanchissement de 2010 sur les communautés benthiques du récif barrière et une résistance faible face au phénomène.

Tableau 11 : classement des stations du récif barrière suivant le recouvrement corallien en 2013 et 2005

Station	2005		2013		2013 vs 2005 (%)	Station	2005		2013		2013 vs 2005 (%)
	Coraux Durs (%)	Code CD	Coraux Durs (%)	Code CD			Coraux Durs (%)	Code CD	Coraux Durs (%)	Code CD	
Rsud 8	57	5	56	5	-1	GRNE 1	25	3	17	2	-8
MTZ4	29	3	56	5	27	Rsud 20	29	3	17	2	-12
Rsud 1	71	5	54	5	-16	Acoua 2	48	4	17	2	-31
Acoua 1	21	3	52	5	30	MTZ3	8	1	16	2	8
MTZ5	35	4	52	5	17	Ajang 3	42	4	15	2	-27
Rsud 5	48	4	52	5	5	Rsud 22	17	2	14	2	-3
Rsud 4	69	5	44	4	-25	Pam 1	18	2	14	2	-4
MTZ1	30	3	42	4	12	Rsud 17	39	4	13	2	-26
Boueni 3	32	4	41	4	9	Pterre 2	5	1	12	2	7
Rsud 6	39	4	41	4	2	GRNE 4	26	3	12	2	-14
Saz 2	12	2	40	4	28	Boueni 5	46	4	12	2	-34
Boueni 6	62	5	39	4	-23	Band 3	54	5	12	2	-42
Rsud 7	43	4	38	4	-5	Rsud 12	56	5	12	2	-44
GRNE 5	23	3	37	4	13	Rsud 10	52	5	11	2	-41
Rsud 3	31	4	37	4	6	GRNE 15	7	1	10	1	3
MTZ6	14	2	35	4	21	Ajang 2	57	5	10	1	-48
Saz 3	19	2	34	4	16	GRNE 3	24	3	9	1	-15
Saz 1	20	2	31	4	12	GRNE 12	15	2	8	1	-7
Boueni 4	38	4	31	4	-7	Ajang 1	47	4	8	1	-39
Rsud 9	50	4	31	4	-19	Choazil 1	69	5	8	1	-61
Acoua 4	52	5	31	4	-20	Pterre 4	15	2	7	1	-8
Rsud 19	49	4	29	3	-20	GRNE 9	48	4	7	1	-40
Rsud 14	33	4	28	3	-4	Rsud 16	48	4	7	1	-41
Rsud 21	27	3	27	3	0	Band 2	67	5	7	1	-60
Pam 4	11	2	26	3	15	GRNE 13	20	2	6	1	-14
Rsud 2	29	3	24	3	-5	Rsud 13	42	4	6	1	-35
Band 1	68	5	24	3	-44	GRNE 14	7	1	5	1	-2
MTZ2	9	1	23	3	14	Rsud 15	45	4	5	1	-40
Boueni 7	25	3	23	3	-2	Rsud 11	47	4	5	1	-42
Saz 4	34	4	23	3	-10	Choazil 2	60	5	5	1	-54
Bambo 1	53	5	22	3	-30	GRNE 11	67	5	5	1	-62
Bambo 2	23	3	21	3	-2	Choazil 3	72	5	5	1	-67
Rsud 18	30	3	21	3	-9	Choazil 4	68	5	4	1	-63
Pterre 3	11	2	20	2	9	Boueni 1	25	3	2	1	-23
Pterre 1	5	1	19	2	15	GRNE 6	30	3	2	1	-28
Pam 2	27	3	19	2	-8	GRNE 8	32	4	2	1	-30
Pam 3	29	3	19	2	-9	Boueni 2	46	4	2	1	-44
Acoua 3	56	5	18	2	-37	GRNE 10	54	5	2	1	-51
GRNE 2	13	2	17	2	4	GRNE 7	25	3	1	1	-24

Tableau 12 : classement des secteurs du récif barrière suivant le recouvrement corallien en 2013 et en 2005

Secteurs récif barrière	2005		2013		2013 vs 2005 (%)
	Coraux Durs (%)	Code CD	Coraux Durs (%)	Code CD	
Saziley	27	3	29	3	2
Mtsamboro	16	2	27	3	12
Récif Sud	45	4	26	3	-19
Recif Sud Est	32	4	20	2	-12
GRNE	22	3	19	2	-3
Choizil	56	5	18	2	-38
Petite Terre	17	2	16	2	0
Bandrélé-Ajangoua	56	5	13	2	-43
GRNE Centre	56	5	5	1	-51

# Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

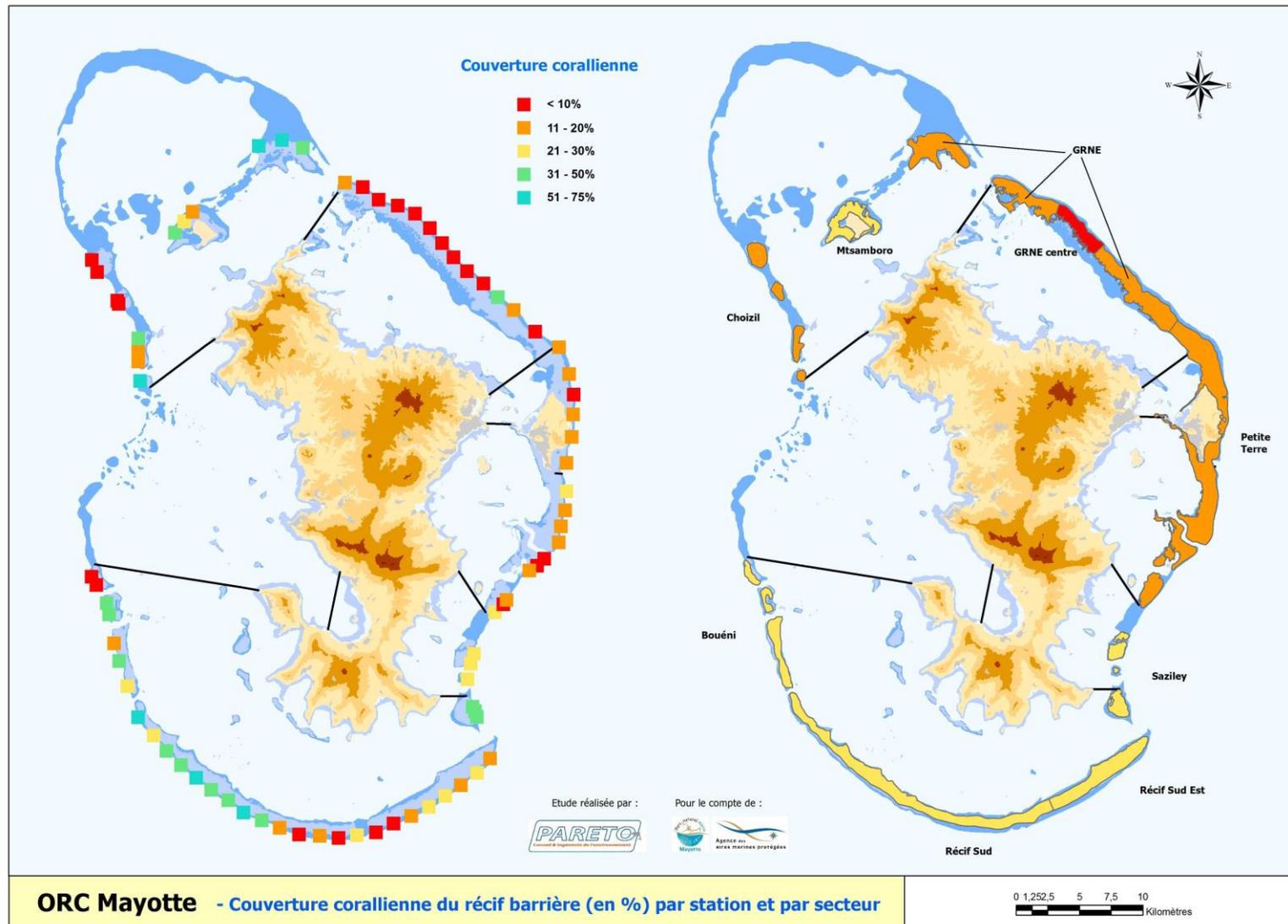


Figure 13 : couverture en coraux durs (Scléactiniaires) du récif barrière par station et par secteur en 2013

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

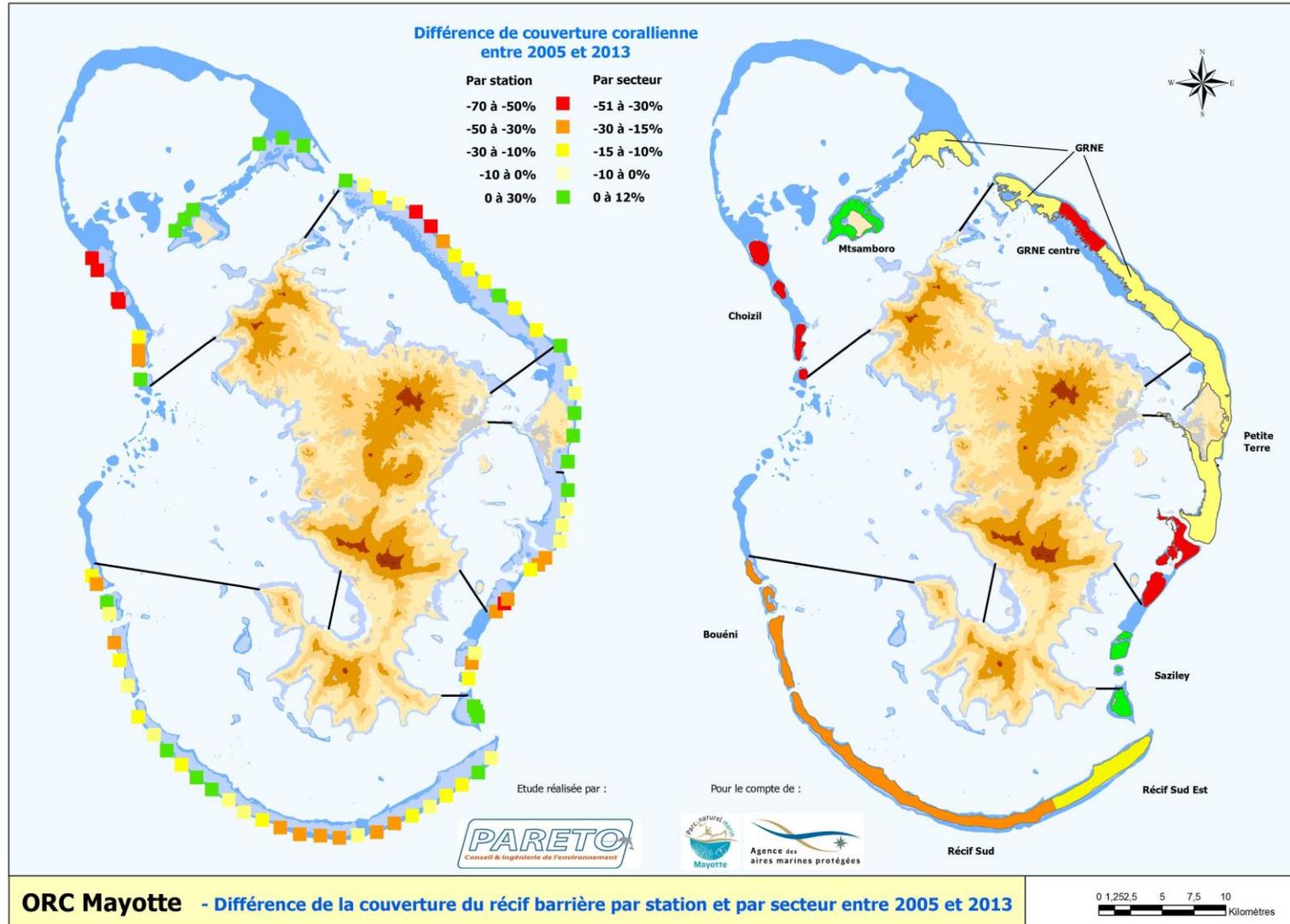


Figure 14 : différence de couverture en coraux durs (Scléractiniaires) du récif barrière par station et par secteur entre 2005 et 2013

### 3.2.3 Composition des peuplements coralliens

Pour l'ensemble des stations, l'analyse des proportions relatives (100%) des couvertures moyennes en coraux vivants du récif barrière, en termes de composition des 11 catégories de peuplements, mettent principalement en évidence :

- En 2013 - Des peuplements de coraux Acropores (CAC) dominants avec plus de 52% de recouvrement par rapport aux autres catégories coralliennes. Les coraux Massifs Encroûtants ou Foliacés (MEF) et les coraux mous (CMO) représentent respectivement 30% et 12% des peuplements. Les autres catégories (NAC, POC) sont minoritaires (<3%),
- Depuis 2005 - Une nette progression de la couverture en MEF depuis 2005 (+19%), et dans une moindre en CMO (+5%) et NAC (+3%). Cette modification de la composition des peuplements s'effectue au détriment des espèces pionnières POC (-17%), et des CAC (-9%), de haute sensibilité environnementale.

A l'échelle des grands complexes récifaux, l'analyse graphique des proportions relatives (100%) des peuplements coralliens révèle (Figure 15) :

- Une progression des CAC pour Choa/Petite-Terre (+27%), Bambo-Est (+23%) contrairement aux autres complexes, principalement au détriment des POC,
- Une relative stabilité de la couverture en CAC pour le complexe du récif Nord-Est (-2%),
- Une régression des CAC au profit des colonies plus robustes de type MEF pour les autres complexes récifaux avec un maximum enregistré pour Mtsamboro-Choazil (-21% / +27%),
- Une diminution globale des POC pour tous les complexes récifaux (-14 à -29%).

Ces premiers résultats pourraient ainsi, soit (i) témoigner d'un impact plus faible du blanchissement 2010 sur les peuplements des complexes Choa/Petite-Terre, Bambo-Est, et du Récif Nord-Est, soit (ii) s'expliquer par les couvertures coralliennes faibles (44 à 48%) à moyennes (56%) enregistrées sur ces complexes lors de l'état initial en 2005. L'analyse statistique de l'évolution de la composition des peuplements coralliens par secteurs permettra de confirmer ou d'infirmer ces différences interannuelles et/ou spatiales.

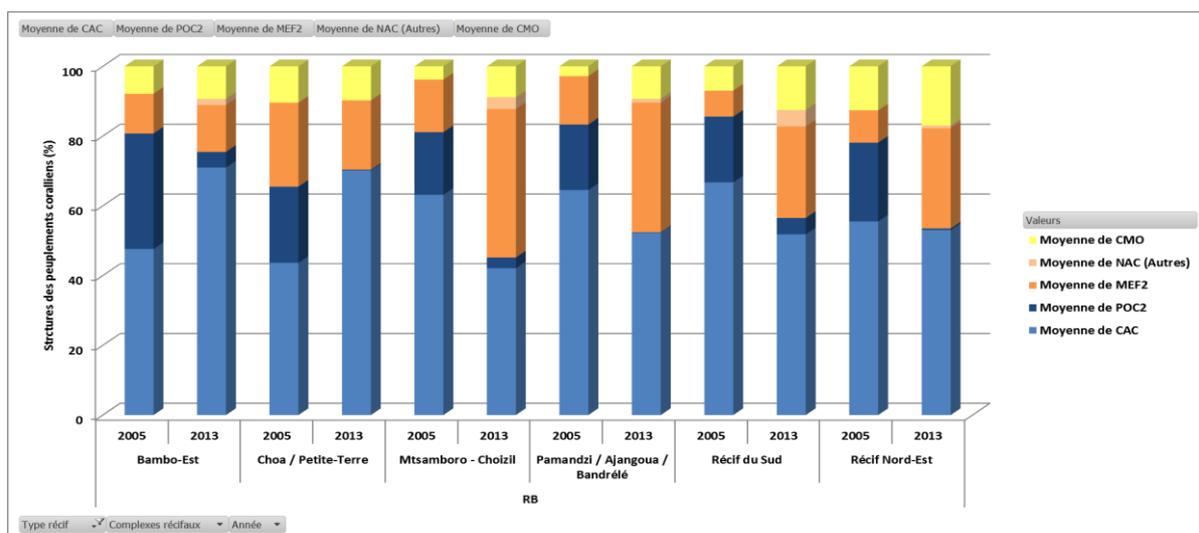


Figure 15 : composition des peuplements coralliens du récif barrière par complexes récifaux en 2005 et 2013

A l'échelle des 10 secteurs d'étude, l'analyse statistique de la structure des morphotypes du peuplement corallien de récif barrière permet d'affiner les résultats précédents. L'analyse de variance multivariée par permutation réalisée entre les 2 suivis révèle des **structures des morphotypes du peuplement corallien significativement différentes entre 2005 et 2013** (PERMANOVA,  $F_{1,19} = 15,97$ ,  $P < 0,001$ ). En revanche, l'analyse réalisée entre secteurs ne révèle aucune différence de structure pour les 10 secteurs échantillonnés (PERMANOVA,  $F_{9,19} = 0,82$ ,  $P > 0,05$ ).

L'analyse en composantes principales vient appuyer ces résultats : les stations échantillonnées en 2005 sont projetées dans les valeurs négatives de l'axe horizontal du plan factoriel, tandis que les stations échantillonnées en 2013 sont projetées dans les valeurs positives de ce même axe (Figure 16-B). L'axe vertical ne semble en revanche pas participer à la distinction entre années. La bonne représentation de l'ACP permet la correspondance entre projection des secteurs, regroupés par années, et morphotypes du peuplement corallien, représentés dans le cercle des corrélations (Figure 16-D). Il apparaît ainsi que l'axe horizontal du cercle est principalement une combinaison linéaire des morphotypes "Acropores tabulaires" (ACT) et "Pocillopores sub-massifs" (POC), négativement corrélés à l'axe et "Coraux massifs, encroûtants ou foliacés" (MEF), positivement corrélés à l'axe.

A l'exception de Petite-Terre, qui présente en 2005 comme en 2013 de forts taux de recouvrement par les "Acropores tabulaires" (ACT) et les "Pocillopores" (POC), les secteurs représentés par le dendrogramme confirment tous les tendances émises par les précédentes analyses (Figure 17).

Ces analyses ne laissent donc apparaître aucune structure spécifique des morphotypes du peuplement corallien entre les différents secteurs d'étude. En revanche, l'année 2005 s'identifie par des taux significativement plus élevés de recouvrement en colonies sensibles notamment au blanchissement (Acropores tabulaires et Pocillopores), tandis que l'année 2013 montre de forts taux de recouvrement par les colonies plus robustes (Massifs, encroûtants ou foliacés).

### Evolution de la structure des peuplements coralliens sur la période 2005-2013

Entre 2005 et 2013, l'analyse statistique met en évidence une structure des morphotypes du peuplement corallien significativement différente entre les 2 suivis. L'année 2005 s'identifie par des couvertures significativement plus élevées en Acropores tabulaires et Pocillopores, tandis que l'année 2013 montre de forts taux de recouvrement en colonies massives, encroûtantes ou foliacées. Le phénomène majeur de blanchissement en 2010 a donc largement modifié la composition des peuplements coralliens du récif barrière à haute sensibilité environnementale, au profit de colonies plus robustes. Néanmoins, les Acropores demeurent dominants en 2013 en terme de couverture moyenne, suivis des massifs encroûtants ou foliacés, puis des coraux mous.

Un tel changement des peuplements sensibles au profit des espèces robustes et/ou opportunistes est également supposé pour les récifs côtiers frangeants de Grande-Terre, suite aux épisodes majeurs de blanchissement (1983, 1998, 2010), et en réponse aux pressions anthropiques (bassins versants et littoraux). Néanmoins, cette modification de la composition des peuplements coralliens, relativement brutale pour le récif barrière, semble plus progressive (irréversible ?) pour les récifs côtiers en lien avec les pressions d'origine humaine.

Au regard des capacités de résilience enregistrées sur les stations GCRMN de récif barrière après le blanchissement de 1998 (Nicet et *al.*, 2012), un relatif état d'équilibre pourrait être atteint dès 2015/2017, avec la croissance « rapide » de colonies d'Acropores tabulaires et digitées.

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

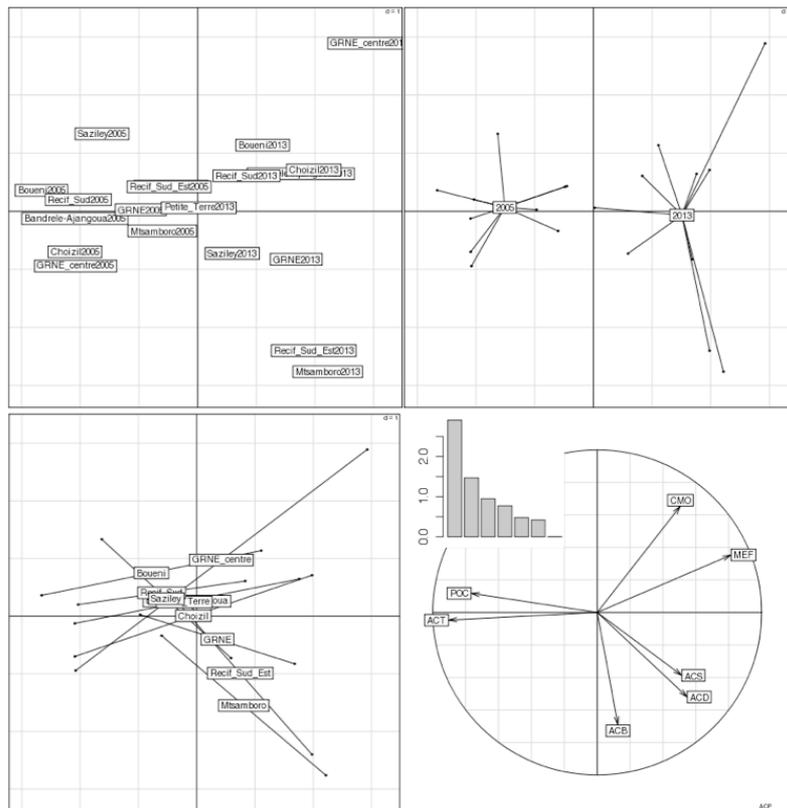


Figure 16 : ACP réalisée par secteur sur les morphotypes du peuplement corallien de récif barrière. Les deux axes dont l'inertie est > 1 sont conservés. Les axes du plan factoriel représentent respectivement 47% (horizontal) et 34 (vertical) de la variance. A : stations projetées sans facteur de regroupement ; B : stations regroupées par années ; C : stations regroupées par secteur ; D : cercle des corrélations.

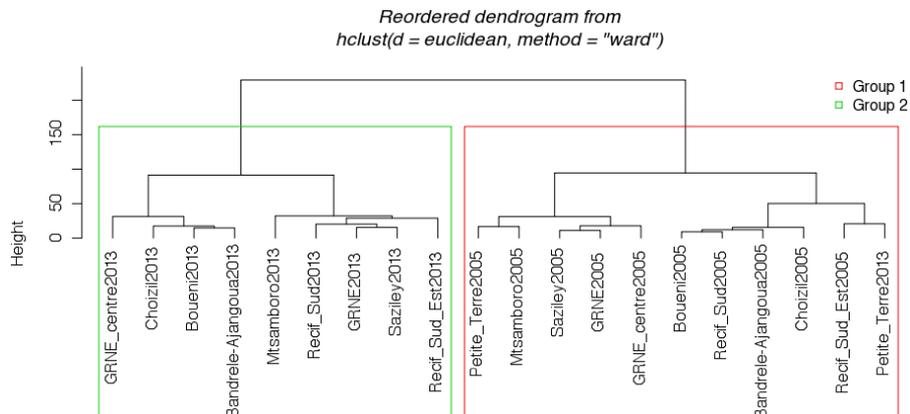


Figure 17 : dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des stations de récif barrière en fonction de la structure de leurs peuplements coralliens (distance euclidienne ; méthode de variance minimum de Ward).

### 3.3 ETAT DE SANTE DU RECIF BARRIERE EN 2013

Suite à l'état initial en 2005, plusieurs paramètres biotiques avaient été retenus afin de caractériser **l'état de santé des stations du récif barrière à Mayotte**. Les premiers résultats mettaient en évidence des corrélations (positives ou négatives) entre les différents paramètres étudiés permettant d'identifier des indicateurs d'un bon état de santé ou au contraire d'une dégradation des peuplements benthiques. Ainsi, une part importante d'Acropores tabulaires (ACT) dans le peuplement corallien correspond à un bon état de la pente externe. A contrario une part importante en algues dressées (AD), en coraux mous (CMO) ou en massifs, encroûtants ou foliacés (MEF) témoignent plutôt d'un mauvais état de santé et/ou de conditions atypiques du milieu (Pareto, 2006).

En 2013, la grille d'évaluation multi-critères pour l'estimation de l'état de santé des stations de pente externe du récif barrière a été adaptée (Tableau 13 **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**). Les indicateurs et seuils retenus<sup>5</sup> ont été affinés en fonction des données relevées en 2013 (présente étude), des résultats récents des autres suivis de l'ORC entre 1998 et 2013 (Nicet et *al.*, 2012 ; Jamon et *al.*, 2012), et de l'expérience des observateurs sur les peuplements coralliens de Mayotte (>10 ans).

Néanmoins, en l'état des connaissances actuelles plusieurs limites peuvent être identifiées pour la définition de l'état de santé des stations de la barrière récifale :

- Faute de référentiel à Mayotte suffisant, l'état de santé "très bon" (cotation 1) est probablement sous-évalué, notamment pour le critère de la couverture corallienne en Scléactiniaires dont la limite inférieure est probablement plus élevée.
- La typologie utilisée (6 états) devra à terme être mise en cohérence avec la typologie de l'état des masses d'eaux superficielles littorales dans le cadre de la mise en place de la DCE à Mayotte, qui définit 5 catégories d'état : très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais.

Un indicateur DCE compatible utilisant ces variables, mais possiblement d'autres paramètres, ainsi qu'une pondération, devra être mis au point dans le cadre du groupe de travail DCE Mayotte. Il devra prioritairement s'attacher à définir le très bon état.

Tableau 13 : typologie pour l'évaluation de l'état de santé des stations du récif barrière en 2005 et 2013

Couverture absolue en coraux durs	Type	Composition relative des Scléactiniaires	Couverture absolue en coraux mous	Couverture absolue en algues dressées	Etat de santé
51-100%	Type 1	ACT>50% et MEF<20%	<10%	<10%	Très bon
	Type 2	Ne remplit pas une des conditions du type 1			Bon
31-50%	Type 3	ACT>50% et MEF<20%	<20%	<20%	Moyen
	Type 4				Moyen à dégradé
21-30%	Type 5				Dégradé
0-20%	Type 6				Très dégradé

<sup>5</sup> Ces paramètres ont été choisis en fonction de leur corrélation entre eux et en fonction de leur signification écologique.

Le classement des stations (Tableau 14) et des secteurs (Tableau 15) du récif barrière à partir du recouvrement corallien (Scléactiniaires), et de la composition des peuplements (proportions relatives ACT/MEF, et couvertures absolues CMO/AD), en 2005 et en 2013, met en évidence (Figure 18) :

- **Le groupe 1** (très bonne couverture corallienne et ACT dominant), rassemblait 16 stations en 2005 notamment les stations du récif Choizil et quelques stations d'Ajangoua-Bandrélé, du Récif Sud et du Grand Récif Nord-Est (GRNE Centre n°10-11). En 2013, aucune station du récif barrière ne présente un très bon état de santé.
- **Le groupe 2** (bonne couverture corallienne et peuplements atypiques), rassemblait 3 stations en 2005 (Rsud 8, Bambo 1 et Acoua 3). En 2013, seules 6 stations (au Nord et au Sud de l'île) présentent un bon état de santé.
- **Le groupe 3** (couverture corallienne moyenne et ACT dominant) rassemblait 11 stations en 2005 notamment sur les sites de Bouéni, Ajangoua et du Récif Sud. En 2013, aucune station ne présente un état de santé moyen.
- **Le groupe 4** (couverture corallienne moyenne et peuplements atypiques) regroupe 15 stations en 2013 essentiellement au sein de la barrière Sud (Rsud, Saz, Boueni) et quelques stations plus au Nord (Acoua, MTZ). Ces stations présentent un état de santé moyen à dégradé.
- **Le groupe 5** (couverture corallienne faible) regroupe 12 stations en 2013. Ces stations dégradées sont réparties de manière plus hétérogène autour de l'île (Acoua, Bambo, Band, Pam, Saz). La moitié de secteurs d'étude présente un état dégradé en 2013.
- **Le groupe 6** (très faible couverture corallienne) est très largement majoritaire en 2013 et regroupe 45 stations d'échantillonnage. La moitié des secteurs d'étude présente un état très dégradé en 2013.

### Etat de santé en 2013

L'évaluation de l'état de santé du récif barrière en 2013 met en évidence 1 très grande majorité de stations dégradées, voire fortement dégradées, 8 ans après l'état initial et 3 ans après le dernier épisode de blanchissement (2010). Dans ce contexte, la vingtaine de stations comportant plus de 30% de recouvrement du substrat par les coraux durs (groupes 1 à 4), principalement au sein des secteurs « Récif Sud », « Saziley » et « Mtsamboro » apparaissent prioritaires en termes de conservation et d'exploitation raisonnée. En 2013, à l'image des autres types de récifs (interne et frangeants), ces stations de barrière les moins perturbées (état de santé bon, ou moyen à dégradé) pourraient constituer des zones « sources » en termes de larves coralliennes, contribuant ainsi à la colonisation et à la résilience des autres secteurs dégradés par autorecrutement.

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

Tableau 14 : classement des stations du récif barrière en fonction de l'état de santé des peuplements benthiques en 2013, et comparaison avec l'état initial en 2005

Station	Coraux Durs (%)	Composition relative (%)		Couvertures absolues (%)		Etat de santé		Station	Coraux Durs (%)	Composition relative (%)		Couvertures absolues (%)		Etat de santé	
		ACT	MEF	CMO	AD	2013	2005			ACT	MEF	CMO	AD	2013	2005
Acoua 1	52	3	15	0	0	2	5	Band 3	12	11	46	2	0	6	1
MTZ 4	56	14	39	2	0	2	5	Boueni 1	2	0	83	0	0	6	5
MTZ 5	52	21	30	1	0	2	4	Boueni 2	2	0	89	0	0	6	3
Rsud 1	54	30	23	1	0	2	1	Boueni 5	12	0	40	0	3	6	3
Rsud 5	52	23	19	6	0	2	4	Choazil 1	8	1	60	1	0	6	1
Rsud 8	56	49	14	1	0	2	2	Choazil 2	5	0	46	4	0	6	1
Acoua 4	31	4	29	4	1	4	1	Choazil 3	5	0	67	2	0	6	1
Boueni 3	41	28	36	0	2	4	4	Choazil 4	4	1	70	1	0	6	1
Boueni 4	31	27	35	2	0	4	3	GRNE 1	17	47	18	1	0	6	5
Boueni 6	39	19	26	11	0	4	1	GRNE 10	2	3	48	0	23	6	1
GRNE 5	37	61	5	1	29	4	5	GRNE 11	5	3	42	1	22	6	1
MTZ 1	42	9	27	1	15	4	5	GRNE 12	8	3	29	0	0	6	6
MTZ 6	35	10	31	1	0	4	6	GRNE 13	6	1	13	3	0	6	6
Rsud 3	37	39	11	6	0	4	4	GRNE 14	5	12	18	0	0	6	6
Rsud 4	44	35	10	6	0	4	1	GRNE 15	10	8	25	2	0	6	6
Rsud 6	41	31	16	0	0	4	3	GRNE 2	17	59	16	1	25	6	6
Rsud 7	38	16	15	0	1	4	4	GRNE 3	9	22	21	2	0	6	5
Rsud 9	31	39	13	3	0	4	3	GRNE 4	12	28	11	1	30	6	5
Saz 1	31	37	30	1	26	4	6	GRNE 6	2	3	8	2	14	6	5
Saz 2	40	48	17	3	19	4	6	GRNE 7	1	0	70	0	0	6	5
Saz 3	34	30	9	5	0	4	6	GRNE 8	2	0	66	1	37	6	4
Bambo 1	22	7	13	1	0	5	2	GRNE 9	7	7	20	1	19	6	3
Bambo 2	21	11	6	2	1	5	5	MTZ 3	16	4	34	0	52	6	6
Band 1	24	18	11	1	0	5	1	Pam 1	14	37	32	0	0	6	6
Boueni 7	23	12	34	2	0	5	5	Pam 2	19	39	38	1	17	6	5
MTZ 2	23	12	27	0	59	5	6	Pam 3	19	31	32	1	17	6	5
Pam 4	26	55	16	0	10	5	6	Pterre 1	19	49	21	0	11	6	6
Rsud 14	28	11	27	8	0	5	4	Pterre 2	12	32	23	0	1	6	6
Rsud 18	21	11	13	1	0	5	5	Pterre 3	20	41	21	3	24	6	6
Rsud 19	29	5	11	2	0	5	3	Pterre 4	7	34	20	3	6	6	6
Rsud 2	24	10	38	0	0	5	5	Rsud 10	11	13	23	1	0	6	1
Rsud 21	27	2	11	9	0	5	5	Rsud 11	5	0	39	2	0	6	3
Saz 4	23	12	21	4	27	5	4	Rsud 12	12	1	17	10	0	6	1
Acoua 2	17	1	78	1	0	6	3	Rsud 13	6	10	15	3	0	6	4
Acoua 3	18	2	46	0	0	6	2	Rsud 15	5	2	18	8	0	6	4
Ajang 1	8	4	85	0	36	6	3	Rsud 16	7	1	29	1	0	6	4
Ajang 2	10	13	52	1	29	6	1	Rsud 17	13	1	18	0	0	6	3
Ajang 3	15	12	24	6	1	6	3	Rsud 20	17	4	20	4	2	6	5
Band 2	7	6	36	2	0	6	1	Rsud 22	14	4	45	0	0	6	6

Tableau 15 : classement de l'état de santé des secteurs barrière en 2013 d'après les peuplements benthiques

Secteurs du récif barrière	Coraux Durs (%)	Composition relative (%)		Couvertures absolues (%)		Etat de santé	
		ACT	MEF	CMO	AD	2013	2005
Saziley	29	24	16	3	12	5	5
Recif Sud	28	19	20	4	0	5	3
Mtsamboro	27	8	29	0	42	5	6
Boueni	21	12	49	2	1	5	3
Recif Sud Est	20	4	20	3	0	5	4
GRNE	19	13	29	1	9	6	5
Choizil	18	1	51	2	0	6	1
Petite Terre	16	41	23	1	10	6	6
Bandrélé-Ajangoua	13	11	42	2	11	6	1
GRNE Centre	5	4	36	1	22	6	1

# Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

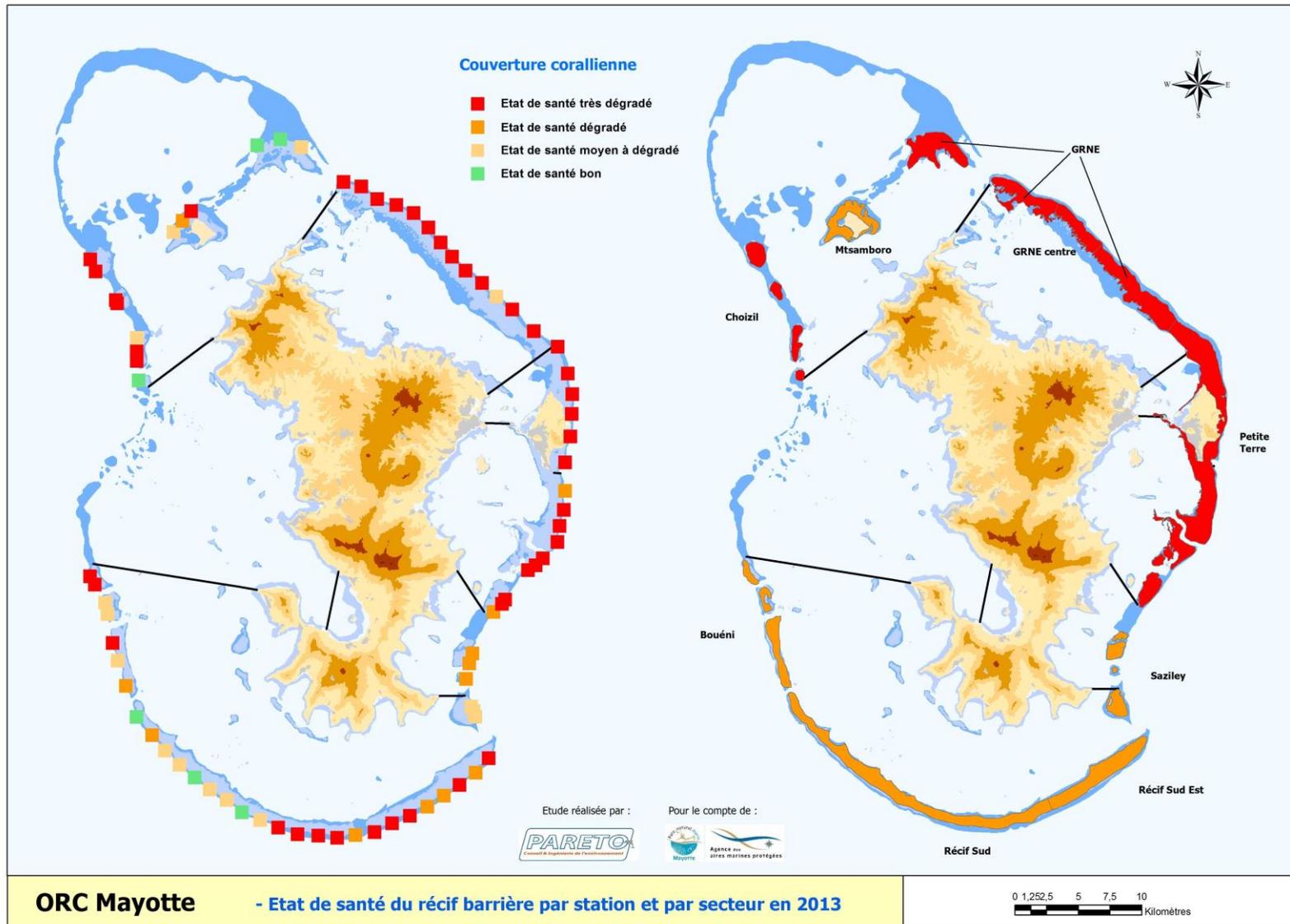


Figure 18 : état de santé des stations et des secteurs de récif barrière en 2013

## 4 EVOLUTION DES PEUPEMENTS BENTHIQUES DES RECIFS INTERNES

---

### 4.1 PRESENTATION GENERALE DES RECIFS INTERNES

#### 4.1.1 Géomorphologie et habitats remarquables

Parmi les 342 km<sup>2</sup> de récifs coralliens décrits à Mayotte, le complexe de massifs coralliens lagonaires, communément appelé **récifs internes**, s'étend sur plus de 14 km<sup>2</sup>. Ces massifs coralliens situés entre les frangeants et la barrière, affleurent en surface ou sont présents plus en profondeur (pâtes coralliennes profondes).

D'après les précédentes études (BarMay 2 - GIS Lag May 2005), considérant l'unité géomorphologique « massifs coralliens lagonaires », et la typologie des récifs internes (Andréfouet, 2008), 4 principaux habitats peuvent être distingués : fronts récifaux, pinacle, platier et platier infratidal (Andréfouet, 2008). Ils sont principalement regroupés au sein de la double barrière au Sud-Ouest, et au Nord-Est de l'île (Figure 2).

La Double Barrière (18 km), formation géomorphologique rare à l'échelle mondiale, peut être qualifiée de remarquable. Discontinue, elle serait due à une subsidence de l'île en deux temps. Elle est constituée d'une pente externe exposée modérément aux courants et aux houles, d'une pente interne plus abritée et souvent détritique, et enfin d'un platier majoritairement détritique. La pente externe de type lobée présente généralement un tombant. La pente interne se caractérise le plus souvent par une pente douce à moyenne (45° maximum) avec des pâtes coralliennes épars (GIS Lag May, 2005).

Concernant les récifs internes du Nord-Est, principalement Prévoyante et Surprise, les façades exposées (pente externe) présentent également un tombant, avec le plus souvent une bonne couverture corallienne. La façade abritée (pente interne) présente généralement une pente de déclivité moyenne. D'après la localisation des sites et stations du secteur Récif Nord-Est, la pente externe de la Prévoyante (exposée aux courants dominants) ne fait pas face au large, mais est dirigée vers l'Ouest. Enfin, le récif interne de la Surprise est en réalité un complexe de massifs coralliens subdivisé en trois gros massifs (Pareto, 2006).

Dans le cadre des autres suivis de l'ORC Mayotte (GCRMN, Reef Check), les peuplements coralliens des récifs internes et la faune marine associée présentent de bonne capacité de résilience depuis 1998, et de meilleures capacités de résistance au dernier blanchissement de 2010 par rapport au récif barrière (Nicet et *al.*, 2012 ; Jamon et *al.*, 2012). Ces sites relativement préservés des phénomènes climatiques et des pressions humaines sont donc remarquables, et pourraient participer activement à la régénération des écosystèmes coralliens à l'échelle de l'île (dynamique de colonisation corallienne).

#### 4.1.2 Peuplements coralliens et stratégie d'échantillonnage

Conformément au suivi précédent (Pareto, 2006), l'échantillonnage des récifs internes en 2013 a considéré trois principaux habitats : rebord du tombant de pente externe (Code A : 0-8 m), platier récifal (Code B : 0-4 m) et pente interne (Code C : 0-6 m). Les peuplements coralliens dominants associés seront donc en grande partie différents (exposition à la houle, exondation, déclivité de la pente, profondeur, etc.).

Les peuplements coralliens dominants au rebord du tombant de pentes externes des récifs internes sont typiquement les **Acropores tabulaires et branchus** dont le recouvrement peut dépasser 80 %. Sur le platier, souvent de type infratidal<sup>6</sup> (Andréfouet, 2008), les colonies vivantes sont moins denses et plus massives (Poritidae, Faviidae). Sur la pente interne, de déclivité plus faible que la pente externe, les peuplements d'Acropores tabulaires peuvent également dominer et dépasser les 50% de recouvrement du substrat dur, mais les sillons sableux et les zones détritiques sont mieux représentés, en particulier sur la double barrière au Sud, Sud-Ouest de l'île.

Ainsi, l'analyse des peuplements coralliens dominants observés en 2005 peut servir de référence pré-blanchissement (7 ans après le phénomène de 1998). L'actualisation en 2013 permettra donc de distinguer les secteurs où les peuplements sont déstructurés dès 2005, ou à la suite du blanchissement de 2010, ou bien encore ceux présentant les meilleures résistances post 2010.

Conformément au précédent suivi (Pareto, 2006), les paramètres à retenir pour évaluer l'état de santé des stations MSA des récifs internes de Mayotte sont délicats à appréhender. Dans le cadre de cette étude, une première réflexion a été menée sur l'état de santé du récif barrière, sur la base du suivi 2005 et des travaux récents effectués à La Réunion (cf. §3.3). Cette évaluation provisoire, devra être affinée dans le cadre des groupes de travail pour la mise en place de la DCE à Mayotte (en cours - A. Gigou com. pers.). A ce stade, les connaissances actuelles ne permettent pas d'évaluer qualitativement l'état de santé des récifs internes (seuils des proportions relatives et absolues des différents paramètres). Parallèlement, le paramètre « vitalité corallienne » (proportions des coraux vivants par rapport au substrat dur potentiellement colonisable) ne semble pas adapté à l'évaluation de l'état de santé des récifs internes, notamment pour les stations de platier récifal où les couvertures sablo-détritiques élevées peuvent surestimer la colonisation du substrat dur par les coraux.

A cet égard, comme en 2005, il est donc proposé de considérer uniquement le taux de recouvrement corallien vivant pour caractériser l'état des stations et secteurs de récifs internes par type d'habitat (pente externe, platier, pente interne).

Pour conserver au maximum une homogénéité géomorphologique entre les différentes stations, le massif corallien profond de Matré (2 stations) situé au sein du complexe récifal de la Barrière Submergée Ouest (Thomassin, 1986) a été considéré à part dans l'analyse (secteur Récif Interne Ouest). Avec une superficie modeste, une profondeur plus importante, et seulement 2 stations échantillonnées (pentes externe et interne), ce secteur devrait donc présenter une variance élevée par rapport aux autres secteurs d'étude. Enfin, concernant le secteur Récif Interne Nord-Est (RINE), les stations RINT 1 et 2, plus profondes (immergées à marée basse de vives eaux), ont tout de même été considérées dans l'analyse en 2013. Pour optimiser la lecture des représentations cartographiques ce secteur RINE sera décomposé en 3 sites : Prévoyante (Prev), Surprise (Surp) et récifs internes (RINT).

Les habitats coralliens des récifs internes présentent de bonnes capacités de résilience depuis 1998, et de meilleures capacités de résistance face au dernier blanchissement de 2010, par rapport aux récifs barrières (Nicet et *al.*, 2012). L'expertise réalisée en 2005 puis en 2013 concerne 3 grands types d'habitats (platier, pentes externe et interne) entre 0 et 8 m de profondeur, caractérisés par des peuplements coralliens différents. L'analyse de l'évolution du recouvrement du substrat entre l'état initial (Pareto, 2006) et 2013 permet notamment d'identifier les secteurs où les peuplements sont les plus résistants aux phénomènes de blanchissement, et qui constituent donc des sites prioritaires en termes de gestion.

D'après (i) l'état initial de 2005, (ii) les observations de terrain de 2013, et (iii) les réflexions actuelles sur les indicateurs écologiques récifaux pour la DCE à Mayotte (en cours), la variable retenue pour l'évaluation de l'état des récifs internes en 2013 est le taux de recouvrement en Scléactiniaires. Parallèlement, les proportions relatives des différentes catégories de peuplements benthiques ont également été détaillées par station (cf. Partie 4. - §4.3).

<sup>6</sup> A l'exception des massifs coralliens plus profonds (Matré, RINT, Boa Sadia, Peitro, etc.)

## 4.2 EVOLUTION DU SUBSTRAT ENTRE 2005 ET 2013

### 4.2.1 Recouvrement abiotique

En 2013, pour l'ensemble des 67 stations échantillonnées sur les récifs internes, les moyennes de recouvrement des catégories abiotiques mettent en évidence un **substrat dur dominant (59%  $\pm$ 34%)**. Ce type de substrat est colonisé ou potentiellement colonisable par la faune benthique corallienne. Les débris coralliens et les fonds sableux représentent respectivement 29% ( $\pm$ 29%) et moins de 12% ( $\pm$ 18%) du substrat, les fonds à dominante vaseuse sont quasi absents (<1%). Les écarts types élevés témoigneraient des différences significatives entre les stations prospectées. Ainsi, l'analyse des catégories benthiques permet de distinguer les 3 types d'habitats étudiés :

- **Groupe A** - Pentas externes : substrat dur très majoritaire (73%),
- **Groupe B** - Platier récifal : débris coralliens (40%) et substrat dur (36%) dominants,
- **Groupe C** - Pentas internes : substrat dur dominant (55%) et débris bien représentés (37%).

Entre 2005 et 2013, pour l'ensemble des stations des récifs internes étudiées, les analyses mettent en évidence une nette augmentation de la couverture du substrat dur colonisé ou potentiellement colonisable par les peuplements coralliens (+24%) au détriment des débris coralliens.

A l'échelle des grands complexes récifaux, l'analyse graphique de la couverture benthique entre 2005 et 2013 met en évidence une évolution relativement distincte (Figure 19) :

- **Groupe 1** - Complexe Barrière Submergée Ouest (2 stations) : régression moyenne du substrat dur (-11%) au profit des débris coralliens, essentiellement sur la station de pente interne de ce massif lagunaire profond,
- **Groupe 2** - Complexe Récif Nord-Est : progression moyenne du substrat dur (+13%) au détriment des débris coralliens, principalement sur les stations de pente interne (+29%),
- **Groupe 3** - Complexe Récif du Sud : progression significative du substrat dur (+28%), pour l'ensemble des 3 habitats, notamment pour les stations de pente externe (+32%).

En 2013, d'après ces premiers résultats, huit ans après l'état initial (Pareto, 2006), et trois ans après le dernier épisode de blanchissement majeur (2010), la couverture abiotique des récifs internes met en évidence une nette progression du substrat dur au détriment des débris par rapport à 2005. Cette modification du substrat pourrait donc témoigner soit (i) de la résistance des colonies coralliennes des récifs internes au blanchissement de 2010 et d'une dynamique évolutive en termes de recouvrement depuis 2005, soit (ii) de colonies mortes encore sur pied ou colmatées, associées au remaniement du substrat post blanchissement, chassant les débris coralliens et laissant apparaître la dalle calcaire nue. L'analyse des couvertures coralliennes entre 2005 et 2013 apportera des informations complémentaires.

## 4.2.2 Recouvrement biotique

### 4.2.2.1 Couverture biotique en 2013

Si l'on considère que l'ensemble des débris coralliens et de la dalle corallienne nue est à minima colonisé par des algues calcaire, dressées ou des assemblages algaux (turf), les proportions relatives des couvertures en coraux vivants, algues totales, sable et vase sont égales à 100%.

Partant de ce postulat, en 2013, pour l'ensemble des 67 stations des récifs internes, les moyennes de recouvrement biotique et abiotique mettent en évidence une couverture corallienne vivante totale (Sclérentiniales et coraux mous) qui atteint 40% ( $\pm 34\%$ ) du substrat.

La couverture algale majoritaire 48% ( $\pm 30\%$ ) est composée essentiellement par du turf (38%), suivi des algues calcaires encroûtantes (9%). Les algues dressées représentent moins de 1% de la couverture moyenne totale. Les couvertures sableuses (12%  $\pm 18\%$ ) et vaseuses (<1%) sont minoritaires (cf. 4.2.1). Les écarts types élevés attesteraient des différences importantes intra et/ou inter-secteurs. L'analyse du substrat biotique permet en effet de distinguer les 3 habitats étudiés :

- **Groupe A** - Pentas externes : couverture en coraux vivants maximale (56%),
- **Groupe B** - Platier récifal : couverture algale majoritaire (61%). Les fonds sableux sont bien représentés par rapport aux autres habitats (24%) et la couverture corallienne est relativement faible (15%),
- **Groupe C** - Pentas internes : couverture algale dominante (58%) mais peuplements coralliens vivants mieux représentés que sur les platiers (33%).

A l'échelle des grands complexes récifaux, l'analyse graphique des **moyennes par catégories biotiques** met en évidence des couvertures coralliennes totales (CV) relativement homogènes, comprises entre 38 et 41% du substrat, pour les 3 complexes : Récif Nord-Est, Récif du Sud et Barrière Submergée Ouest (Figure 20). La couverture algale (essentiellement du turf) est comprise entre 45 et 49%, à l'exception du complexe Ouest (61%). Les résultats pour ce complexe Ouest sont à considérer avec précaution au regard des limites d'échantillonnage (superficie, profondeur, nombre de stations).

L'analyse des couvertures biotiques par grands complexes récifaux confirme les différences observées précédemment par type d'habitat pour l'ensemble des stations. Au-delà des 3 groupes distincts, elle permet également d'identifier 2 sous-groupes pour les stations de pente interne :

- **Groupe A** - Pentas externes : couverture en coraux vivants élevées (48 à 60%),
- **Groupe B** - Platier récifal : couverture algale majoritaire (56 à 66%). Les fonds sableux sont bien représentés par rapport aux autres habitats (21 à 27%) et la couverture corallienne est faible (13 à 17%),
- **Groupe C** - Pentas internes :
  - **Sous-groupe 1** - Complexes Barrière Submergée Ouest et Récif Sud : couverture algale dominante (68 à 70%) mais coraux vivants mieux représentés que les stations de platier du Groupe B (19 à 28%).
  - **Sous-groupe 2** - Complexe Récif Nord-Est : couverture corallienne très majoritaire (64%) et même supérieure aux stations de pente externe des récifs internes.

Les couvertures coralliennes maximales pour les stations de pente interne du complexe du Récif Nord-Est par rapport au Récif du Sud s'expliquent en grande partie par les configurations différentes des sites. En effet les stations internes de la Double Barrière présentent des discontinuités importantes, avec de larges fonds sablo-détritiques entrecoupés de secteurs coralliens vivants denses. A contrario, les stations internes de Prévoyante et de Surprise sont plus compactes, et le substrat dur colonisé de manière plus uniforme. Ainsi malgré la progression significative du substrat dur sur le Récif Sud en 2013 (cf. 4.2.1), les stations de pente interne semblent par nature moins riches en colonies coralliennes que celle des récifs internes Nord-Est.

A l'échelle des secteurs d'étude, pour les 3 types d'habitats prospectés, l'analyse statistique des **moyennes de recouvrement en coraux vivants** (Scléactiniaires et coraux mous) en 2013 permet d'affiner les résultats précédents. La comparaison des moyennes pour les secteurs des récifs internes en 2013 rejette l'hypothèse d'égalité (ANOVA,  $F_{4,555} = 3,50$ ,  $P < 0,001$ ). Le test de comparaisons multiples de Student-Newman-Keul (SNK), permet d'identifier deux groupes de valeurs distincts (Tableau 16) :

- **Groupe 1** - Double barrière Nord (DBN) et Récif Interne Ouest (RIO) : valeurs maximales,
- **Groupe 2** - Récif Interne Nord-Est (RINE), Double Barrière Sud (DBS) et Double barrière Centre (DBC) : couvertures coralliennes significativement plus faibles.

Tableau 16 : comparaison des moyennes de recouvrement en corail vivant par secteurs en 2013 (ANOVA suivi du test Post Hoc SNK)

Année	Type de récif	ddl	F	P	Post Hoc (secteurs)
2013	Récif Interne	4, 555	3,502	0,008	DBN=RIO $\geq$ RINE=DBS=DBC

Le secteur DBN présenterait donc une couverture corallienne moyenne significativement plus élevée que les autres secteurs de récifs internes, et peut être qualifié de remarquable en 2013. Ce premier résultat pourrait suggérer une régression des peuplements algaux et/ou une résistance plus élevée pour ce secteur face au dernier épisode de blanchissement en 2010. D'après les résultats précédents, les stations de pente externe devraient présenter les recouvrements les plus élevés sur le secteur. Les couvertures significativement plus élevées pour le secteur RIO sont à considérer avec précaution au regard des limites d'échantillonnage déjà décrites (exiguïté, profondeur, nombre stations).

D'après la couverture biotique moyenne étudiée en 2013, les stations de pente externe des récifs internes présenteraient donc un recouvrement corallien plus élevé que les pentes externes de récif barrière. Les proportions en coraux vivants les plus fortes observées pour les complexes récifaux sur la barrière (CV 25-29% : complexes Récif Sud, Mtsamboro-Choazil et Bambo-Est) correspondent à un recouvrement moyen de stations de pente interne (Groupe C / sous-groupe 1). Ce résultat confirmerait une meilleure résistance des colonies de récifs internes au blanchissement de 2010 déjà décrites dans le cadre des campagnes GCRMN de l'ORC post 1998 (Nicet *al.*, 2012).

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

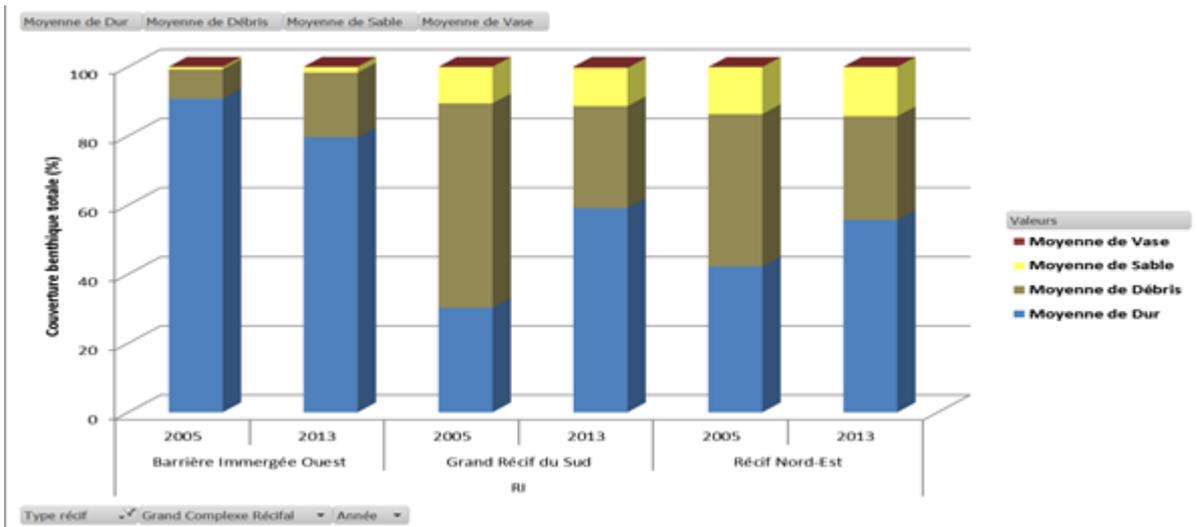


Figure 19 : couverture des catégories abiotiques des récifs internes par complexes récifaux en 2005 et 2013

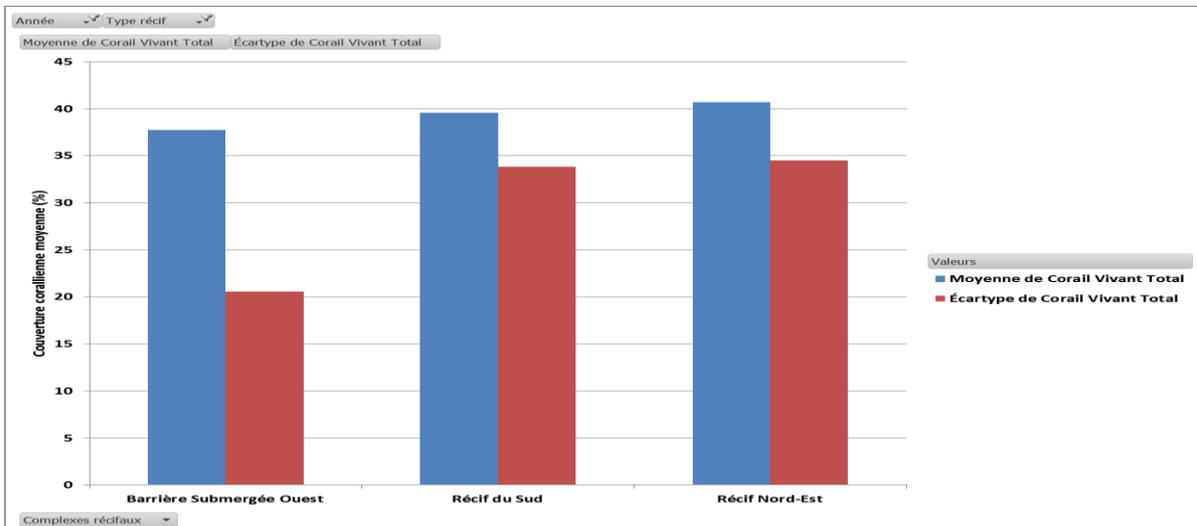


Figure 20 : moyennes et écarts-types de la couverture corallienne des récifs internes en 2013

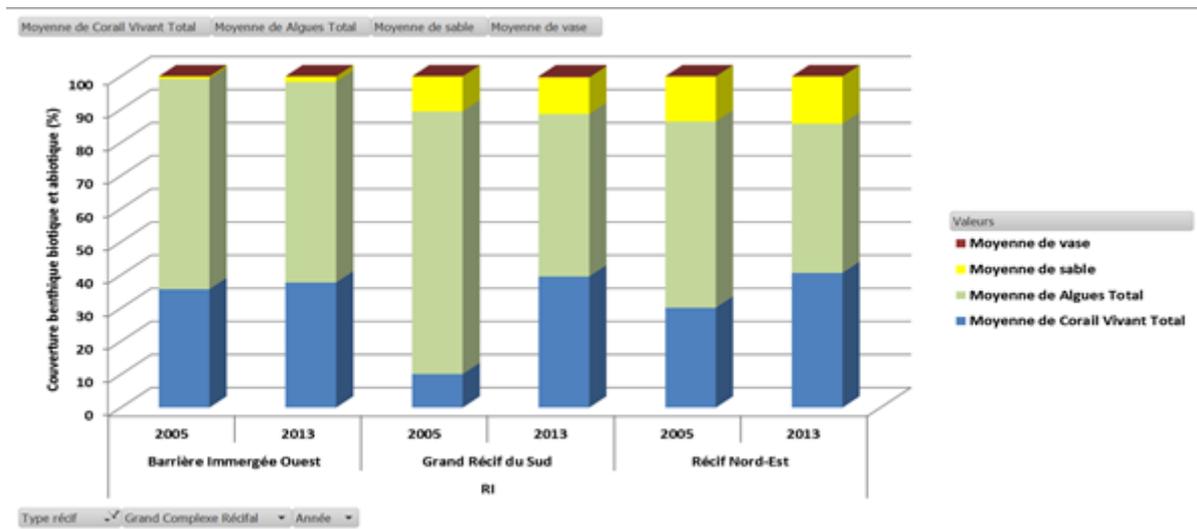


Figure 21 : couverture biotique des récifs internes par complexes récifaux en 2005 et 2013

#### 4.2.2.2 Evolution de la couverture biotique entre 2005 et 2013

Pour l'ensemble des 67 stations, l'analyse de la couverture biotique des récifs internes met principalement en évidence une augmentation globale de la couverture corallienne totale (+24%) en 2013 au détriment de la couverture algale très majoritairement composée de turf lors de l'état initial.

Les tendances évolutives 2005/2013 sont néanmoins différentes en fonction des 3 types d'habitats prospectés pour les récifs internes :

- Une relative stabilité du substrat biotique des platiers (CV +2% / AT -9%),
- Une nette progression des coraux vivants pour les pentes externe (+36%) et interne (+21%).

A l'échelle des grands complexes récifaux, l'analyse graphique des couvertures biotiques moyennes révèle une évolution distincte entre les complexes (Figure 21) :

- Une relative stabilité de la couverture biotique de la Barrière Submergée Ouest (CV+2%, AT-3%), avec néanmoins des évolutions distinctes entre les 2 stations (externe et interne),
- Une progression globale des coraux estimée moyenne à l'échelle du Récif Nord-Est (CV +10%), mais particulièrement élevée sur les stations de pente interne (+32%),
- Une progression plus nette enregistrée pour la Double Barrière du Récif Sud (CV +29%) en particulier pour les stations de pentes externes (+41 à 44%),

Ces premiers résultats témoigneraient donc d'une modification du recouvrement biotique entre 2005 et 2013 en particulier pour les stations de pentes externe et interne des récifs internes. Les Scléactiniaires et les coraux mous progressent au détriment des débris coralliens et de la couverture algale (essentiellement composée de turf). Les tendances évolutives semblent également différentes entre les 2 principaux groupes de massifs coralliens lagunaires de Mayotte (Double Barrière et récifs Nord-Est). L'analyse statistique par secteur entre 2005 et 2013 permet d'affiner ces différences décelées à l'échelle des complexes récifaux.

A l'échelle des secteurs d'étude, l'analyse de variance multivariée par permutation réalisée entre les 2 suivis révèle des **structures du substrat et de la communauté sessile benthique significativement différentes entre 2005 et 2013** (PERMANOVA,  $F_{1,9} = 4,10$ ,  $P < 0,05$ ). L'analyse réalisée entre stations ne révèle aucune différence de structure pour les 5 secteurs (PERMANOVA,  $F_{4,9} = 1,81$ ,  $P > 0,05$ ).

L'analyse en composantes principales complète ces résultats : les secteurs échantillonnés en 2005 sont projetés dans les valeurs négatives de l'axe horizontal, tandis que ceux échantillonnés en 2013 sont projetés dans les valeurs positives de ce même axe (Figure 22-B). L'axe vertical ne semble pas participer à la distinction entre années. L'ACP permet la correspondance entre projection des secteurs, regroupés par années, et caractéristiques de substrat et de benthos représentées dans le cercle des corrélations (Figure 22-D). Il apparaît que l'axe horizontal du cercle est principalement une combinaison linéaire des pourcentages de débris, corrélés négativement à l'axe, et des pourcentages de substrats durs abiotiques, de recouvrement par les coraux vivants et de recouvrement par les algues calcaires, corrélés positivement à l'axe.

Les secteurs représentés par le dendrogramme confirment globalement cette tendance. Seuls le Récif Interne Nord-Est et le Récif Interne Ouest présentent des structures identiques lors des deux années de mesure, caractérisées par de forts pourcentages de substrats durs abiotiques, de recouvrement par les coraux vivants et de recouvrement par les algues calcaires (Figure 23).

Enfin, concernant plus particulièrement le secteur Double Barrière Nord, où les coraux vivants (50% en moyenne pour les 3 types d'habitats prospectés) sont significativement plus élevés que les autres secteurs (cf. 4.2.2.1), la nette progression des coraux entre 2005 et 2013 (+41%) semble s'effectuer au détriment du turf algal (-23%), mais également de la couverture en algues dressées observées en 2005 (-9%) contrairement aux autres secteurs.

Aucune structure spécifique de substrat ni de benthos n'apparaît entre les différents secteurs. En revanche, l'année 2005 s'identifie par de forts pourcentages de débris, tandis que l'année 2013 montre de forts pourcentages de substrats durs abiotiques, de recouvrement par les coraux vivants et de recouvrement par les algues calcaires.

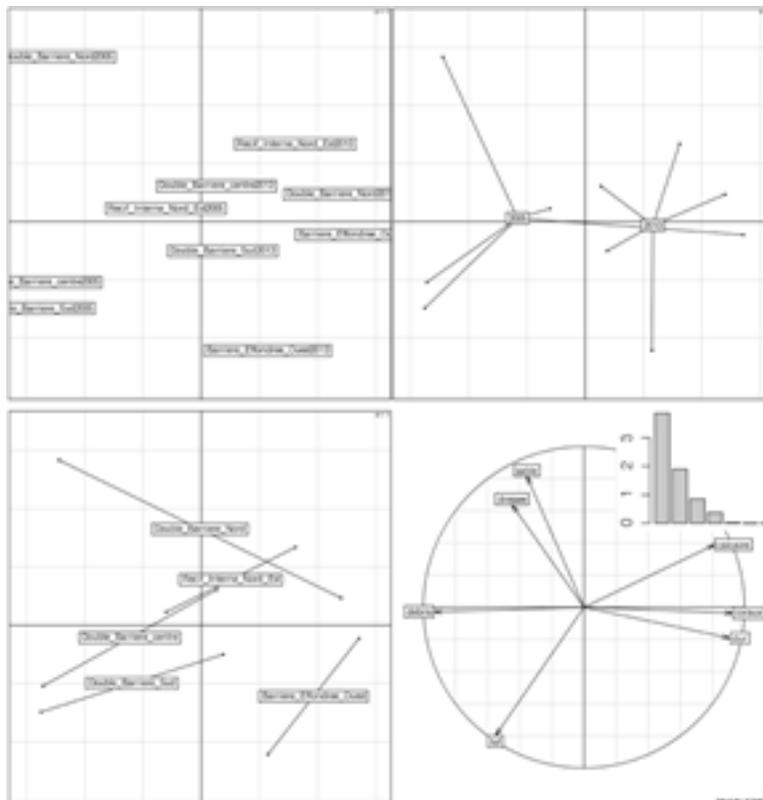


Figure 22 : ACP réalisée sur les catégories de substrat et de communauté benthique de récif interne. Les deux axes dont l'inertie est > 1 sont conservés. Les axes du plan factoriel représentent respectivement 55% (horizontal) et 27% (vertical) de la variance. A : stations projetées sans facteur de regroupement ; B : stations regroupées par années ; C : stations regroupées par secteur ; D : cercle des corrélations.

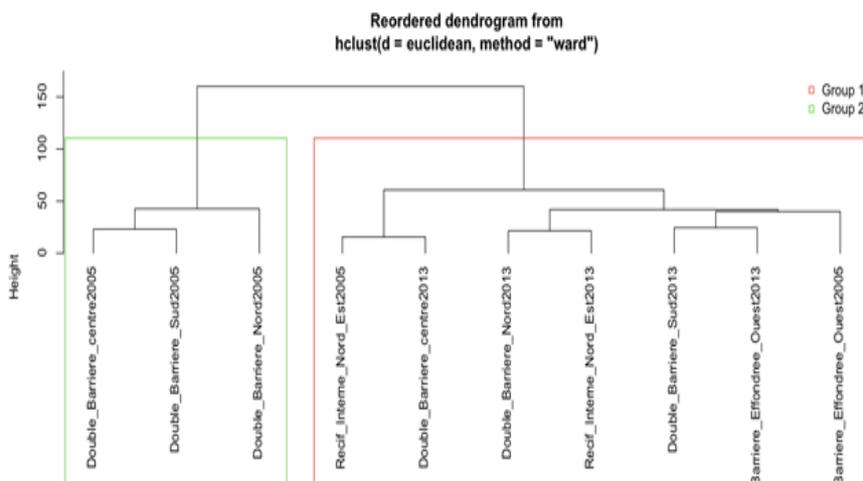


Figure 23 : dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des secteurs de récif interne selon la structure du substrat et la communauté benthique (distance euclidienne ; méthode de variance minimum de Ward).

#### 4.2.2.3 Evolution du recouvrement corallien entre 2005 et 2013

Pour l'ensemble des stations, à l'échelle de l'unité géomorphologique « récifs internes », l'analyse statistique de comparaison des moyennes du recouvrement corallien pour les 2 suivis rejette l'hypothèse d'égalité (ANOVA,  $F_{1,1348} = 70,48$ ,  $P < 0,001$ ). La couverture moyenne en corail vivant total (Scléactiniaires et coraux mous) est significativement plus élevée en 2013 (Tableau 17).

Tableau 17 : comparaison des moyennes de recouvrement corallien du récif barrière en 2005 et 2013 (ANOVA)

Type de récif	ddl	F	P	Couverture corail vivant
Récif Interne	1,1348	70,48	$< 2,2e^{-16}$	2013 > 2005

A l'échelle des secteurs d'étude, la comparaison des moyennes de recouvrement corallien des récifs internes rejette l'hypothèse d'égalité pour la très grande majorité des secteurs, avec des couvertures en coraux vivants plus élevées en 2013, par rapport à 2005. Elle met en évidence 2 groupes distincts (Tableau 18) :

- **Groupe 1** - Les secteurs de la Double Barrière et des récifs internes du Nord-Est présentent une couverture en Scléactiniaires et en coraux mous significativement plus élevée en 2013. Cette progression corallienne semble plus significative pour les secteurs de Double Barrière (+25 à +41%) par rapport au secteur Nord-Est (+10% : ANOVA,  $F_{1,337} = 7,99$ ,  $P = 0,005$ ).
- **Groupe 2** - Le secteur Récif Interne Ouest montre une couverture corallienne significativement similaire en 2005 et 2013 (+2%). En considérant les limites liées à l'échantillonnage décrites précédemment, la tendance serait relativement différente entre la station de pente externe (+14%) et celle de pente interne (-10%).

Tableau 18 : comparaison des moyennes en coraux vivants des récifs internes par secteurs en 2005 et en 2013 (ANOVA)

Type de récif	Complexes récifaux	Secteurs	ddl	F	P	Couverture corail vivant
<b>Récif Interne</b>	Barrière Submergée Ouest	Récif Interne Ouest	1,38	0,044	0,8352	2013 = 2005
		Récif du Sud	Double Barrière Nord	1,255	196,7	$< 2,2e^{-16}$
	Double Barrière Centre		1,322	110,1	$< 2,2e^{-16}$	
	Double Barrière Sud		1,388	87,27	$< 2,2e^{-16}$	
	Récif Nord-Est	Récif Interne Nord-Est	1,337	7,999	0.004961	

### Etat du substrat en 2013

En 2013, la couverture corallienne sur les récifs internes est moyenne (40%), et variable sur les 3 types d'habitats prospectés. Elle est élevée sur la pente externe (56%), faible sur le platier (15%), et moyenne sur la pente interne (33%). Les pentes externes des secteurs « Double Barrière Nord » et « Récif Interne Ouest » présentent des couvertures coralliennes significativement plus élevées que les autres secteurs. Parallèlement, les stations de pente interne du secteur « Récif Nord-Est », en particulier pour le récif interne « Surprise », présentent les valeurs les plus élevées. Ces sites peuvent donc être qualifiés de remarquables en termes de couverture corallienne. Ce résultat pour le secteur « Récif Interne Ouest » est à considérer avec précaution au regard des limites d'échantillonnage déjà décrites (exiguïté, profondeur, nombre de stations).

### Evolution du substrat sur la période 2005-2013

L'analyse statistique met en évidence une couverture corallienne significativement plus élevée sur les récifs internes en 2013, en particulier sur les stations de pentes externe et internes. L'analyse de la structure du substrat et de la communauté benthique révèle des structures significativement différentes entre les 2 suivis. L'année 2005 s'identifie par de forts taux de recouvrement en débris coralliens, alors que 2013 présente des couvertures en coraux durs et en algues calcaires élevées.

Parallèlement, l'analyse par secteur du recouvrement en coraux vivants (Scléactiniaires + coraux mous) met en évidence des couvertures significativement plus élevées en 2013 par rapport à 2005, en particulier sur les stations de pente externe de la « Double Barrière », et pour les « Récifs Internes Nord-Est ». Les couvertures coralliennes significativement similaires entre 2005 et 2013 sur le « Récif Interne Ouest » pourraient s'expliquer par les limites d'échantillonnage.

Considérant les impacts avérés, imputables au dernier blanchissement, sur les peuplements benthiques des récifs barrières, la nette progression de la proportion en colonies coralliennes sur les récifs internes depuis 2005 pourrait mettre en évidence une plus grande résistance au phénomène climatique de 2010. Les résultats de 2013, couplés aux couvertures relativement faibles enregistrées en 2005 (16%) y témoigneraient également (i) d'un impact plus important suite au blanchissement de 1998, et (ii) d'une résilience plus marquée des récifs internes après 1998. Ce constat est confirmé par les suivis GCRMN précédents menés dans le cadre de l'ORC Mayotte, après les blanchissements de 1998 et de 2010 (Nicet et *al.*, 2012).

### 4.2.3 Composition des peuplements coralliens en 2005 et 2013

Pour l'ensemble des stations, l'analyse des proportions relatives (100%) des couvertures moyennes en coraux vivants des récifs internes, en termes de composition des 11 catégories de peuplements, mettent principalement en évidence :

- En 2013 - Des peuplements de coraux Acropores (CAC) dominants avec 61% de recouvrement par rapport aux autres catégories coralliennes. Les types Massifs Encroûtants ou Foliacés (MEF) sont également bien représentés (27%). Les coraux mous (CMO : 7%), les autres coraux non Acropores (NAC : 3%), et les Pocillopores (POC <2%) sont minoritaires.
- Depuis 2005 - Une très nette progression de la couverture en colonies à croissance rapide et à haute sensibilité environnementale telles que les CAC (+31%) principalement au détriment des colonies robustes de type MEF (-20%), et des coraux mous (-10%).
- Une évolution et une composition des peuplements coralliens relativement distincte entre les types d'habitats prospectés :
  - Pentes externe et interne : couverture moyenne en CAC les plus élevées en 2013 (66 à 68%), avec une nette progression depuis 2005 (+31 à 35%) au détriment des MEF, et des CMO en particulier pour la pente externe (-14%),
  - Platier récifal et platier infratidal : CAC moins représentés (42%) mais également en nette progression depuis 2005 (+18%).

A l'échelle des grands complexes récifaux, l'analyse graphique des proportions relatives (100%) des peuplements coralliens révèle (Figure 24) :

- Une progression des CAC maximale pour les stations de pentes externe et interne du Récif Sud (+36%) principalement au détriment des MEF (-22%) et des CMO (-12%),
- Une progression moins nette des CAC pour le complexe Nord-Est (+17%), en particulier pour les stations de pente interne (+9%), par rapport au Récif Sud.
- Pour les 2 stations de la Barrière Submergée Ouest, la progression des CAC (+26%), notamment pour la station de pente interne (+38%), s'effectue principalement au détriment des espèces pionnières POC (-41%). Considérant les limites d'échantillonnage précédemment décrites, l'évolution des peuplements se distinguerait donc des autres complexes (baisse significative des colonies de type MEF).

Ces premiers résultats pourraient ainsi, soit (i) témoigner d'une dynamique de résistance/résilience (face au blanchissement) meilleure pour le complexe du Récif Sud, soit (ii) s'expliquer par les taux élevés en CAC observés dès 2005 au Nord-Est (56 à 59%), qui ont donc limité la croissance des colonies. L'analyse statistique de la composition des peuplements coralliens par secteurs en 2005 et 2013 permettra de confirmer ou d'infirmer ces différences interannuelles et/ou spatiales.

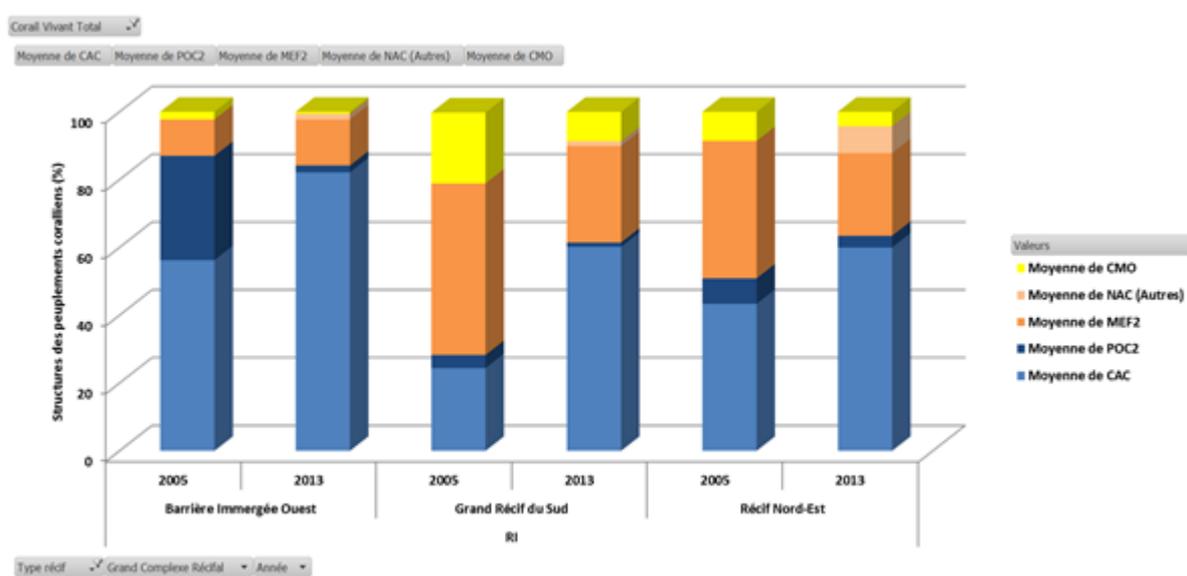


Figure 24 : composition des peuplements coralliens des récifs internes par complexes récifaux en 2005 et 2013

A l'échelle des secteurs d'étude, l'analyse de variance multivariée par permutation réalisée entre années révèle des structures de **morphotypes du peuplement corallien significativement différentes entre 2005 et 2013** (PERMANOVA,  $F_{1,9} = 5,52$ ,  $P < 0,05$ ). En revanche, l'analyse réalisée entre secteurs ne révèle aucune différence de structure pour les 5 secteurs échantillonnés (PERMANOVA,  $F_{4,9} = 2,51$ ,  $P > 0,05$ ).

L'analyse en composantes principales permet d'affiner ces résultats : les secteurs échantillonnés en 2005 sont projetés dans les valeurs positives de l'axe horizontal, tandis que les secteurs échantillonnés en 2013 sont projetés dans les valeurs négatives de ce même axe (Figure 25-B).

L'ACP permet la correspondance entre projection des secteurs, regroupés par années, et morphotypes du peuplement corallien, représentés dans le cercle des corrélations (Figure 25-D). Il apparaît que l'axe horizontal du cercle est principalement une combinaison linéaire des morphotypes "Acropores tabulaires" (ACT), "Acropores submassifs" (ACS), négativement corrélés à l'axe, "Coraux massifs, encroûtants ou foliacés" (MEF) et "Coraux mous" (CMO), positivement corrélés à l'axe.

*D'après l'ACP, l'axe vertical tend également à distinguer les secteurs échantillonnés en 2005 et 2013, uniquement pour le secteur Récif Interne Ouest (Figure 25-B). Pour le même secteur, l'axe vertical apparaît être essentiellement une combinaison linéaire des morphotypes "Acropores branchus" (ACB), "Pocillopores" (POC), négativement corrélés à l'axe, et "Acropores digités" (ACD), positivement corrélés à l'axe pour ce secteur. Ainsi d'après ce premier résultat, la composition des peuplements coralliens du secteur RI Ouest à dominance d'ACB et de POC en 2005, semble s'être modifiée au profit des ACD en 2013. Au regard des limites d'échantillonnage déjà décrites précédemment, cette tendance particulière enregistrée pour les 2 stations (Matré 1 et 2), reste à confirmer par un échantillonnage plus important des récifs internes sur le secteur (comme pour la barrière effondrée).*

Les secteurs représentés par le dendrogramme tendent globalement à confirmer les interprétations des précédentes analyses. Les secteurs sont séparés par année de suivi, tandis que leur classification ne semble pas influencée par leur secteur d'origine. Le secteur Barrière Effondrée Ouest présente toutefois lors des deux années de forts taux de recouvrements en "Acropores tabulaires" (ACT) et "Acropores submassifs" (ACS). Inversement, le Récif Interne Nord Est semblerait présenter en 2005 comme en 2013 de couvertures en MEF et en CMO élevées (Figure 26).

Comme pour le récif barrière, les analyses ne laissent apparaître aucune structure spécifique des morphotypes du peuplement corallien entre les différents secteurs. En revanche, l'année 2005 s'identifie par de forts taux de recouvrement en "Coraux massifs, encroûtants ou foliacés" (MEF) et "Coraux mous" (CMO), tandis que l'année 2013 montre de forts taux de recouvrements en "Acropores tabulaires" (ACT) et "Acropores submassifs" (ACS).

### Evolution de la structure des peuplements coralliens sur la période 2005-2013

En 2013, l'analyse de la structure des peuplements coralliens des récifs internes met en évidence une dominance des Acropores, suivis des coraux massifs encroûtants ou foliacés. L'analyse statistique montre également une structure des morphotypes du peuplement corallien significativement différente entre 2005 et 2013. L'année 2005 s'identifie par des couvertures significativement plus élevées en colonies massives, encroûtantes ou foliacées et en coraux mous, alors que 2013 présente de forts taux de recouvrement en Acropores tabulaires et sub-massifs. Le phénomène majeur de blanchissement en 2010 ne semble donc pas avoir déstructuré les peuplements coralliens des récifs internes. Les colonies à haute sensibilité environnementale ont progressé au détriment des colonies plus robustes. Cette tendance témoigne conjointement (i) de la résistance au dernier blanchissement, et (ii) de la résilience au blanchissement de 1998 de ce type de récif à Mayotte.

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

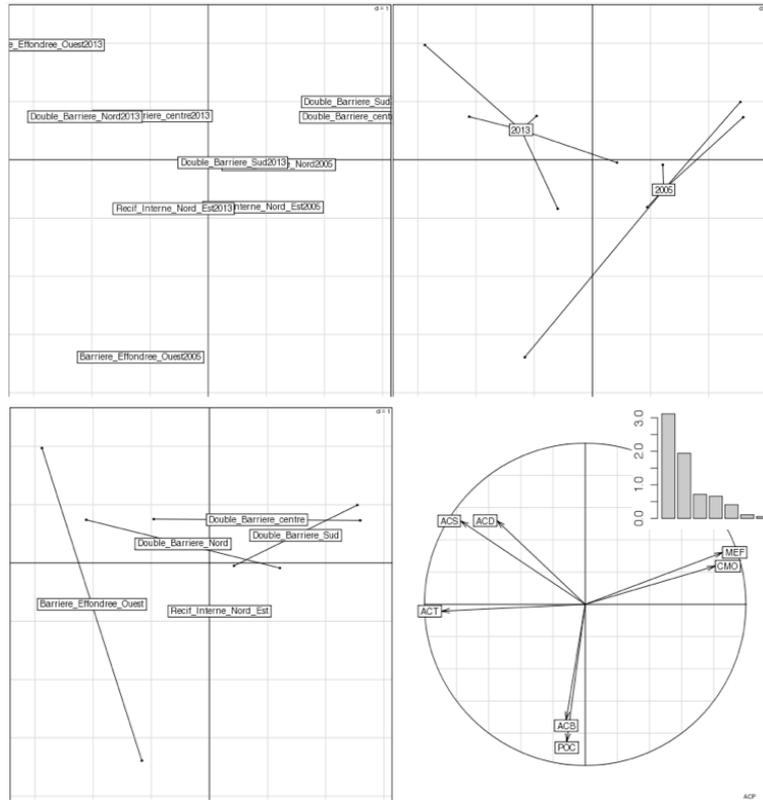


Figure 25 : ACP réalisée sur les morphotypes du peuplement corallien des stations de récif interne. Les deux axes dont l'inertie est supérieure à 1 sont conservés. Les axes du plan factoriel représentent respectivement 44,51% (horizontal) et 27,71% (vertical) de la variance. A : stations projetées sans facteur de regroupement ; B : stations regroupées par années ; C : stations regroupées par secteur ; C : cercle des corrélations.

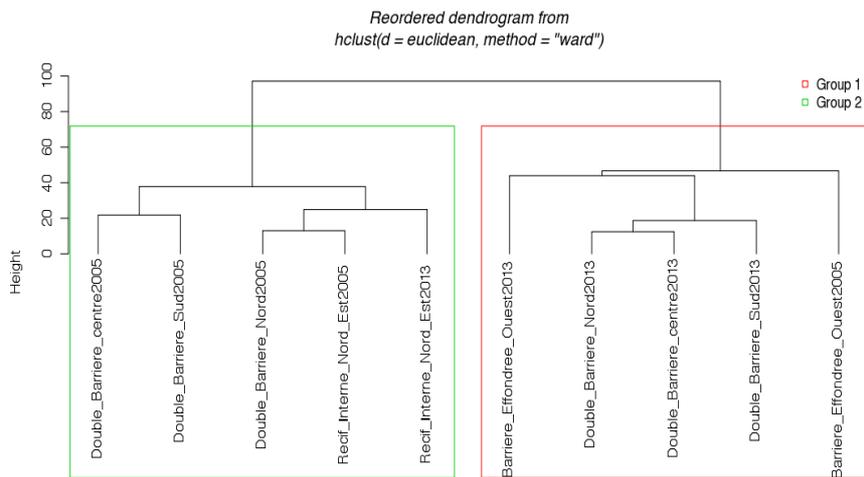


Figure 26 : dendrogramme de classification ascendante hiérarchique des stations de récif interne en fonction de la structure de leurs peuplements coralliens (distance euclidienne ; méthode de variance minimum de Ward).

### 4.3 COUVERTURE CORALLIENNE DES RECIFS INTERNES EN 2013

Conformément à l'état initial en 2005, pour caractériser **l'état des stations des récifs internes** à partir des peuplements benthiques, seul le recouvrement corallien en corail dur Scléactiniaires a été considéré (Pareto, 2006). Les variations importantes des peuplements (à l'échelle du type d'habitat et des sites), et la méconnaissance actuelle pour ce type d'unité géomorphologique à Mayotte, ne permettent pas de proposer à ce stade une grille d'évaluation multicritères pertinente (indicateurs et seuils). Parallèlement, la vitalité corallienne (proportions de coraux vivants par rapport au substrat disponible) n'a pu être considérée dans le cadre de cette étude. A titre d'exemple, les stations sablo-détritiques de platier infratidal, à très faible couverture en coraux vivants, pourraient présenter des vitalités coralliennes très élevées (100% de colonisation des faibles surfaces de substrat dur disponible). A terme, un indicateur DCE compatible devra être mis au point dans le cadre du groupe de travail Mayotte.

En 2013, **les cotations de recouvrement en corail dur** (Scléactiniaires) ont été adaptées par rapport à la méthode MSA (Clua et *al.*, 2005) et affinées en fonction du type de récif (cf. §2.1.4.2). Pour les récifs internes, les 6 cotations attribuées aux récifs frangeants de Grande-Terre ont été considérées, notamment pour les catégories à très faible recouvrement corallien (Wickel et Thomassin, 2005 ; Pareto, 2013). Ces cotations adaptées du système d'évaluation de Dahl ont déjà été utilisées dans de nombreuses études environnementales à Mayotte (Wickel et *al.*, 2006 et 2009 ; Nicet et *al.*, 2009 et 2010 ; Pareto, 2012 ; Entech, 2013).

Le classement des stations et secteurs des récifs internes (Tableaux 19/22 – Figures 27/34 - Annexes) à partir du recouvrement en Scléactiniaires en 2005 et en 2013, met en évidence :

- **Le groupe 6** (très bonne couverture corallienne - ACT dominants et ACB bien représentés) rassemble 6 stations en 2013 exclusivement sur la Double Barrière, et quasi exclusivement sur les habitats de pente externe. Les ACB peuvent être majoritaires sur ces stations. Elles présentent une couverture corallienne en nette progression par rapport à 2005.
- **Le groupe 5** (bonne couverture corallienne - ACT majoritaires, suivis des MEF et des ACB) rassemble 18 stations en 2013, majoritairement sur la pente externe (N=13) et dans une moindre mesure sur la pente interne. En marge, la station Prev4 met en évidence une couverture corallienne élevée (74%) par rapport aux autres stations de platier (<51%).
- **Le groupe 4** (couverture corallienne moyenne - ACT dominants, suivis des ACD et MEF) rassemble 11 stations en 2013 réparties de manière homogène sur les 3 principaux types d'habitats prospectés. Ces stations présentent un état de santé moyen à dégradé.
- **Le groupe 3** (couverture corallienne faible - MEF majoritaires, suivis des ACT, CMO bien représentés) rassemble également 11 stations en 2013 réparties de manière homogène sur les 3 principaux types d'habitats. Ces stations présentent un état de santé dégradé.
- **Le groupe 2** (couverture corallienne très faible – MEF majoritaires (50%), ACD et ACT moyennement représentés) comporte 18 stations en 2013. Cet état dégradé des peuplements benthiques est observé essentiellement sur les stations de platier (N=12) et quasi absent des pentes externes (à l'exception du site dégradé « Rocchi » dans le Sud de l'île).
- **Le groupe 1** (couverture corallienne nulle) ne compte que 3 stations en 2013, correspondant à des habitats de pente interne sur les sites de « Rani » et du récif interne de Bouéni.

#### Etat de santé en 2013

Suite au dernier blanchissement majeur, l'évaluation de l'état de santé des récifs internes en 2013 met en évidence une majorité de stations ayant une couverture en Scléactiniaires moyenne (31%) à très bonne (94%). Dans ce contexte, les 24 stations comportant plus de 50% de recouvrement en coraux durs (groupes 4 à 6), principalement au sein des pentes externes des secteurs de la « Double Barrière Nord et Sud », et des pentes externe et interne des sites « Surprise » et « Prévoyante » apparaissent prioritaires en termes de conservation et d'exploitation raisonnée. En 2013, à l'image des récifs côtiers de Grande-Terre (Pareto, 2013), ces stations de récifs internes riches en colonies coralliennes, et peu impactées après 2010, pourraient contribuer à la recolonisation des zones dégradées plus lointaines, notamment des récifs barrières (source de larves coralliennes).

Tableau 19 : classement des 3 types d'habitats de récif interne en fonction de la couverture corallienne en 2013

Habitats	Coraux Durs (%)	Composition relative (%)		Couvertures absolues (%)		Cotation Coraux Durs
		ACT	MEF	CMO	AD	
Pente externe (A)	54	38	23	2	0	5
Pente interne (C)	26	34	17	2	0	4
Platier récifal (B)	10	15	49	1	5	3

Tableau 20 : classement des secteurs et habitats du récif interne en fonction de la couverture corallienne en 2013

Secteurs		Habitats	Coraux Durs (%)	Composition relative (%)		Couvertures absolues (%)		Cotation Coraux Durs
				ACT	MEF	CMO	AD	
Récif Interne Nord-Est	Prévoyante	A	80	2	16	0	0	5
	Surprise	A	70	46	13	3	0	5
	Prévoyante	C	62	4	27	0	1	5
Double Barrière Nord		A	59	43	20	1	0	5
Récif Interne Nord-Est	Surprise	C	58	41	14	7	0	5
Double Barrière Sud		A	56	29	28	3	0	5
Récif Interne Ouest		A	48	37	18	0	0	4
Double Barrière Centre		A	47	46	25	1	0	4
Double Barrière Sud		C	31	48	13	3	0	4
Récif Interne Ouest		C	27	36	10	0	0	4
Récif Interne Nord-Est	Prévoyante	B	24	8	38	0	0	4
	Rint	A	17	30	19	1	0	3
Double Barrière Sud		B	13	18	44	5	7	3
Double Barrière Centre		C	13	40	30	1	0	3
Récif Interne Nord-Est	Surprise	B	7	29	19	1	0	3
Double Barrière Centre		B	6	4	79	0	1	3
Double Barrière Nord		B	3	28	48	0	14	2
Récif Interne Nord-Est	Rint	B	2	5	25	0	0	2
Double Barrière Nord		C	1	21	4	0	0	2

Tableau 21 : classement des secteurs de récif interne en fonction de la couverture corallienne en 2013 et évolution depuis 2005

Secteurs		2013					2005		2013 vs 2005 (%)	
		Coraux Durs (%)	Composition relative (%)		Couvertures absolues (%)		Cotation Coraux Durs	Coraux Durs (%)		Cotation Coraux Durs
			ACT	MEF	CMO	AD				
Récif Interne Nord-Est	Surprise	45	39	15	4	0	4	28	4	17
	Prévoyante	43	6	32	0	0	4	38	4	5
	Rint	9	18	22	0	0	3	3	2	3
Double Barrière Sud		37	32	27	4	2	4	11	3	26
Récif Interne Ouest		37	36	14	0	0	4	35	4	3
Double Barrière Nord		30	34	23	1	4	4	9	3	22
Double Barrière Centre		26	32	41	1	1	4	6	3	20

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

Tableau 22 : classement des stations de récif interne en fonction du type d'habitat et de la couverture en Scléractiniaires en 2013, et composition des peuplements benthiques associés (A : pente externe ; B : platier récifal ; C : pente interne)

Code Hab.	Station	Coraux Durs (%)	Composition relative (%)											Couvertures absolues (%)		Cotation Coraux Durs		2013 vs 2005 (%)
			ACT	MEF	ACD	ACB	CMO	CSM	POC	ACS	Mill	FUN	SER	CMO	AD	2013	2005	
A	Rani 2	94	26	3	13	57	0	0	0	1	0	1	0	0	0	6	3	77
	Lepoe 2	90	27	3	8	48	0	1	0	13	0	0	0	0	3	6	3	75
	Lepoe 3	86	72	11	4	6	2	3	1	0	0	0	0	2	0	6	2	83
	Passi Keli 11	85	45	3	18	31	2	0	0	0	0	1	0	2	0	6	2	82
	Mbouini 2	80	18	76	2	1	2	0	0	0	0	1	0	2	0	6	4	47
	Prev 5	80	2	16	11	57	0	15	0	0	0	1	0	0	0	5	5	8
	RI Boueni 1	79	53	15	28	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	5	2	74
	Surp 1	77	39	13	31	11	2	0	1	1	0	0	1	2	0	5	5	5
	Kani Be 1	75	42	35	14	1	3	3	0	0	0	2	0	2	0	5	3	67
	Passi Keli 2	70	8	14	17	57	4	0	0	0	0	0	0	3	0	5	4	49
	Mtiti 2	69	53	37	7	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	5	3	59
	Passi Keli 10	65	60	9	9	16	3	0	3	0	0	0	0	2	0	5	2	62
	Kani Be 2	64	62	19	2	10	5	0	0	0	0	3	0	3	0	5	2	60
	Surp 3	63	54	12	12	6	6	1	3	1	3	1	3	4	0	5	5	9
	RI Boueni 2	59	75	8	15	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	5	2	54
	Passi Keli 5	57	29	26	10	33	1	0	0	0	0	2	0	0	0	5	3	52
	Mtiti 1	55	72	5	16	1	5	0	0	0	0	0	0	3	0	5	3	49
	Rani 4	55	25	19	16	26	3	0	0	11	1	1	0	2	0	5	3	40
	Matre 1	48	37	18	37	3	1	0	4	0	0	2	0	0	0	4	4	14
	Rani 1	41	36	21	25	1	8	3	0	7	0	0	0	4	0	4	5	-18
	Lepoe 4	33	85	3	11	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	2	28
	Lepoe 1	24	72	10	17	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	2	20
	Mbouini 5	24	24	23	10	6	36	1	0	0	0	0	0	13	0	4	2	20
	Rani 3	17	6	54	17	12	10	0	0	0	0	1	0	2	0	3	3	11
Rint 2	17	30	19	39	2	3	1	3	1	0	3	1	1	0	3	2	12	
Passi Keli 13	9	16	47	8	4	18	4	0	2	0	2	1	2	0	3	5	-52	
Rocchi 1	5	4	61	9	0	26	0	0	0	0	0	0	2	0	3	2	3	
Rocchi 4	2	0	54	1	0	7	0	11	0	13	5	0	0	0	2	2	-2	

Code Hab.	Station	Coraux Durs (%)	Composition relative (%)											Couvertures absolues (%)		Cotation Coraux Durs		2013 vs 2005 (%)
			ACT	MEF	ACD	ACB	CMO	CSM	POC	ACS	Mill	FUN	SER	CMO	AD	2013	2005	
B	Prev 4	74	0	48	7	19	0	26	0	0	0	1	0	0	0	5	4	52
	Mbouini 1	23	28	13	22	0	35	1	1	2	0	0	0	12	0	4	2	19
	Kani Be 4	23	19	74	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	-1
	Mbouini 4	22	46	9	24	0	22	0	0	0	0	0	0	6	0	4	2	19
	Prev 3	14	0	31	32	36	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	8
	Surp 4	8	57	20	10	0	9	0	2	1	1	0	0	1	0	3	3	3
	Surp 2	7	0	18	27	1	19	0	9	0	26	0	1	2	0	3	3	-2
	Passi Keli 4	6	0	95	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	6	3	3	-3
	RI Boueni 3	5	85	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
	Prev 2	4	0	56	32	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	-10
	Mtiti 4	4	26	33	35	0	3	0	2	0	0	0	0	0	3	2	3	-3
	Prev 1	4	30	18	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	-51
	Kani Be 3	2	1	63	33	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7	2	3	-3
	Lepoe 6	2	0	80	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	-2
	Rint 1	2	5	25	9	1	0	0	32	0	0	0	0	0	0	2	2	0
	Lepoe 5	1	0	90	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	-4
	Rani 5	1	0	70	15	0	0	0	15	0	0	0	0	0	50	2	1	1
	Rani 6	1	0	80	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	-1

**Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)**

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

Code Hab.	Station	Coraux Durs (%)	Composition relative (%)											Couvertures absolues (%)		Cotation Coraux Durs		2013 vs 2005 (%)
			ACT	MEF	ACD	ACB	CMO	CSM	POC	ACS	Mill	FUN	SER	CMO	AD	2013	2005	
C	Rocchi 2	1	0	90	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	-3
	Passi Keli 1	1	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	2	2	-3	
	Passi Keli 3	81	81	5	10	1	2	0	1	0	0	0	0	2	0	6	3	75
	Prev 7	79	7	26	7	31	0	28	0	0	0	1	0	0	0	5	4	29
	Surp 6	66	34	10	14	27	13	0	1	2	0	0	0	9	0	5	3	57
	Passi Keli 6	58	57	36	0	1	5	0	1	0	0	0	0	3	0	5	3	42
	Surp 5	51	49	18	15	4	9	0	0	1	1	1	4	5	0	5	3	31
	Prev 6	46	1	28	17	53	1	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	1
	Kani Be 5	37	75	3	5	12	2	0	2	1	0	0	0	1	0	4	2	32
	Matre 2	27	36	10	48	1	0	0	1	3	0	2	0	0	0	4	4	-9
	Kani Be 6	17	49	24	7	0	11	0	4	5	0	0	0	2	0	3	2	13
	Mbouini 6	13	46	5	8	2	35	0	0	3	0	0	0	7	0	3	1	13
	Lepoe 8	10	76	10	12	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	3	3
	Mtiti 3	2	85	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
	Passi Keli 12	1	45	10	14	0	11	0	10	0	0	0	0	0	0	2	2	-4
	Rocchi 3	1	0	43	27	1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	-2
	Mbouini 3	1	10	11	0	0	49	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	-2
	Lepoe 7	1	0	70	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
	Rani 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Rani 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
RI Boueni 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	-1	

## Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

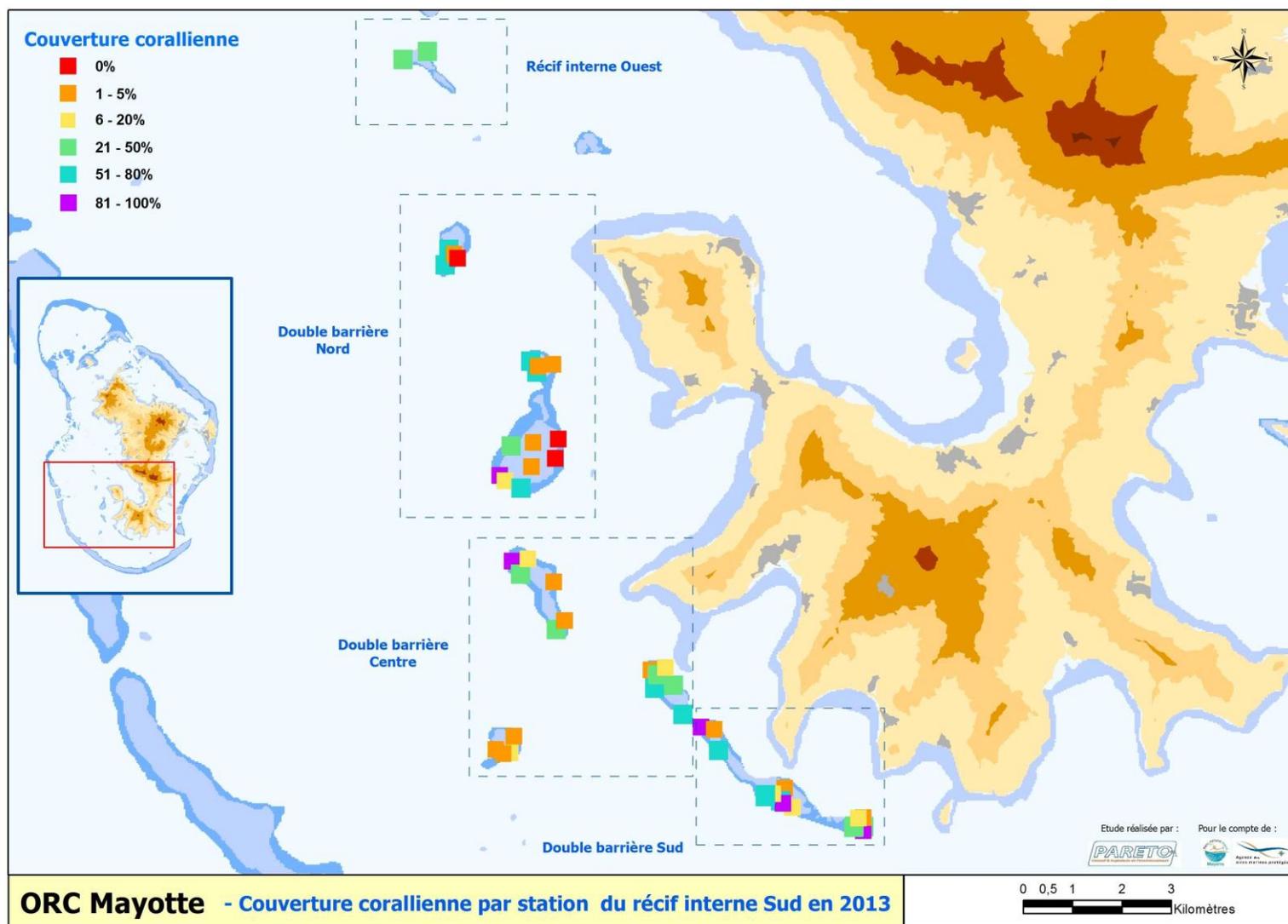


Figure 27 : recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des stations des récifs internes Ouest et de la Double Barrière en 2013

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

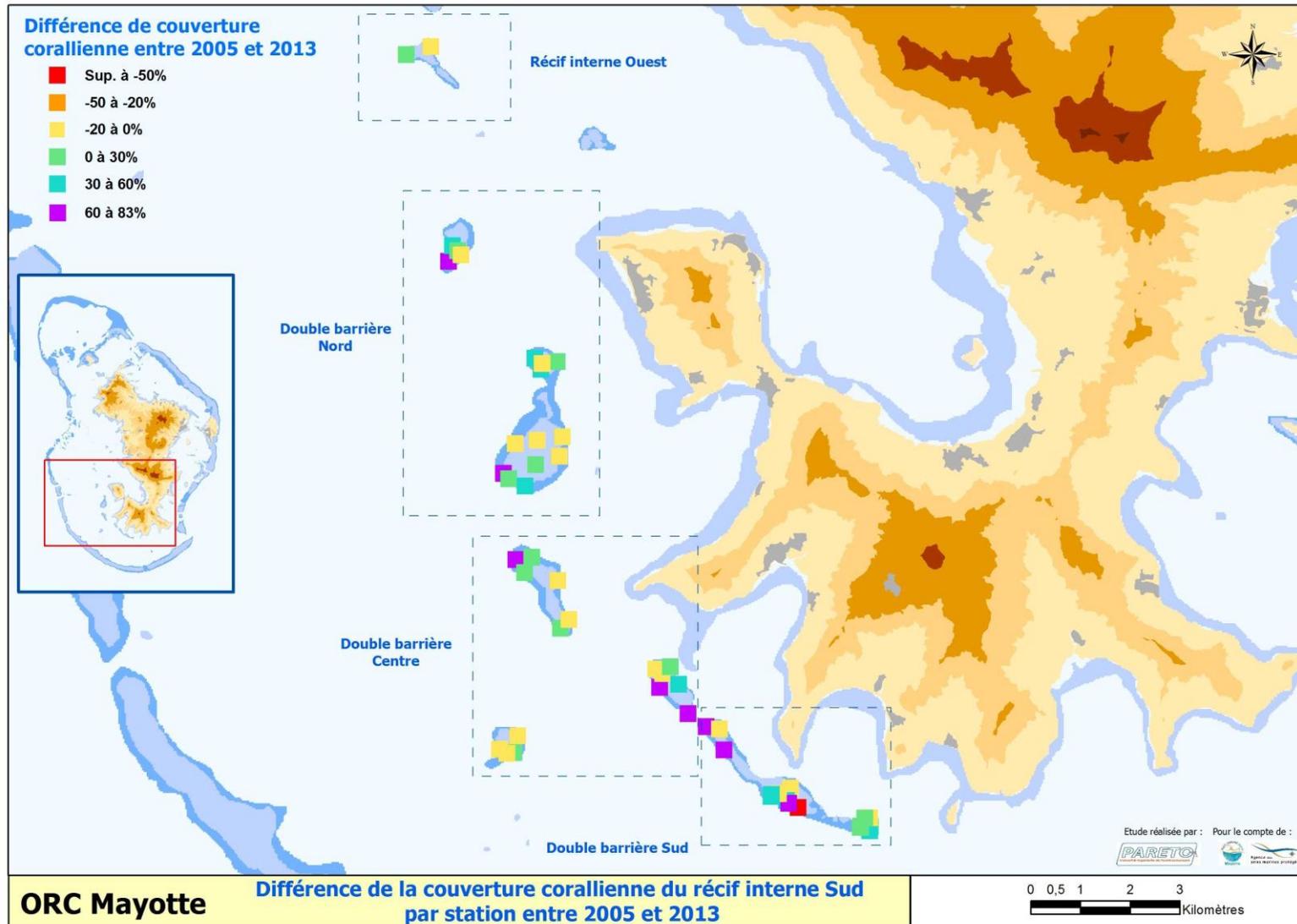


Figure 28 : différence de couverture corallienne des stations des récifs internes de la Double Barrière et Ouest entre 2005 et 2013

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

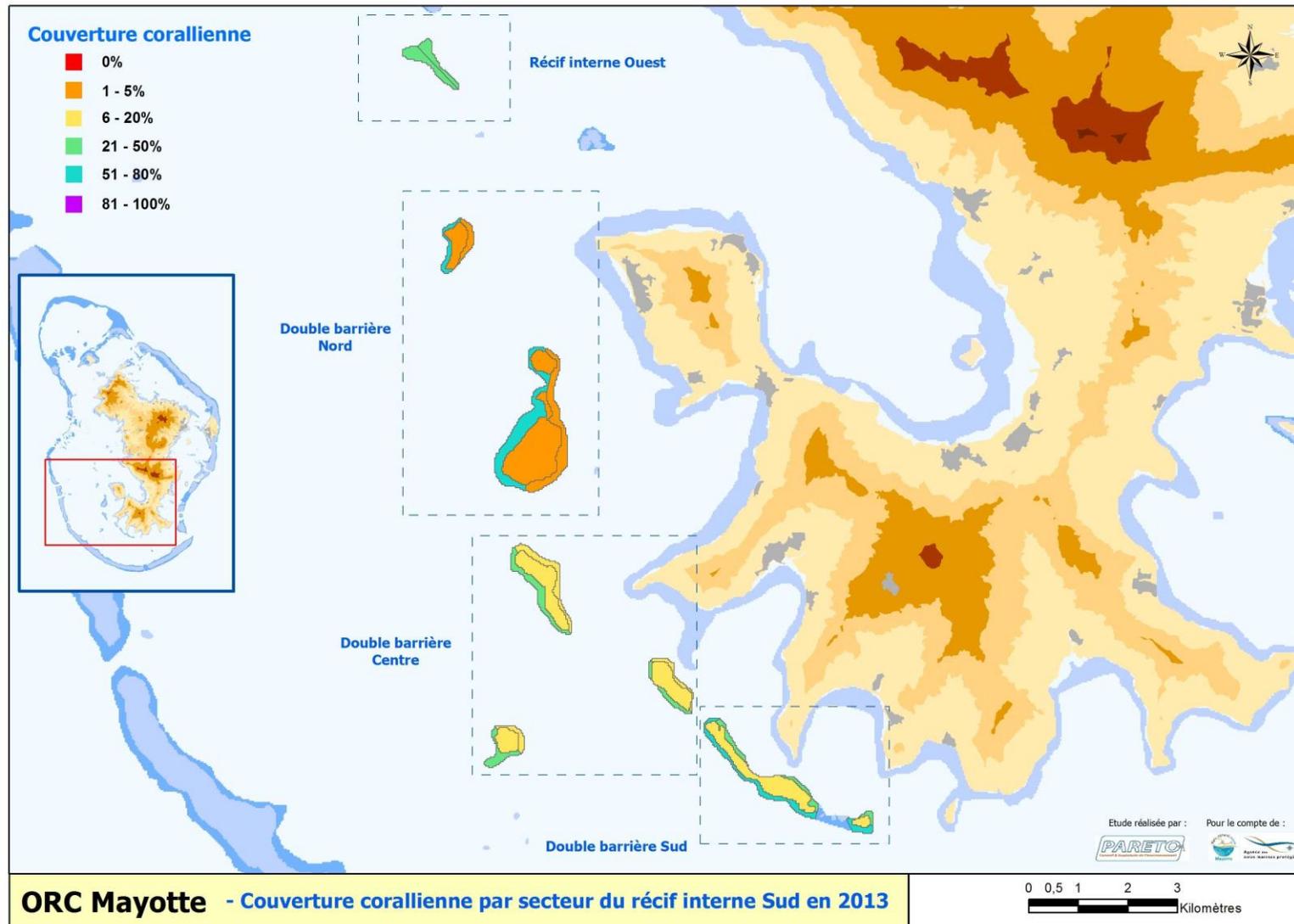


Figure 29 : recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des secteurs des récifs internes de la Double Barrière et Ouest en 2013

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

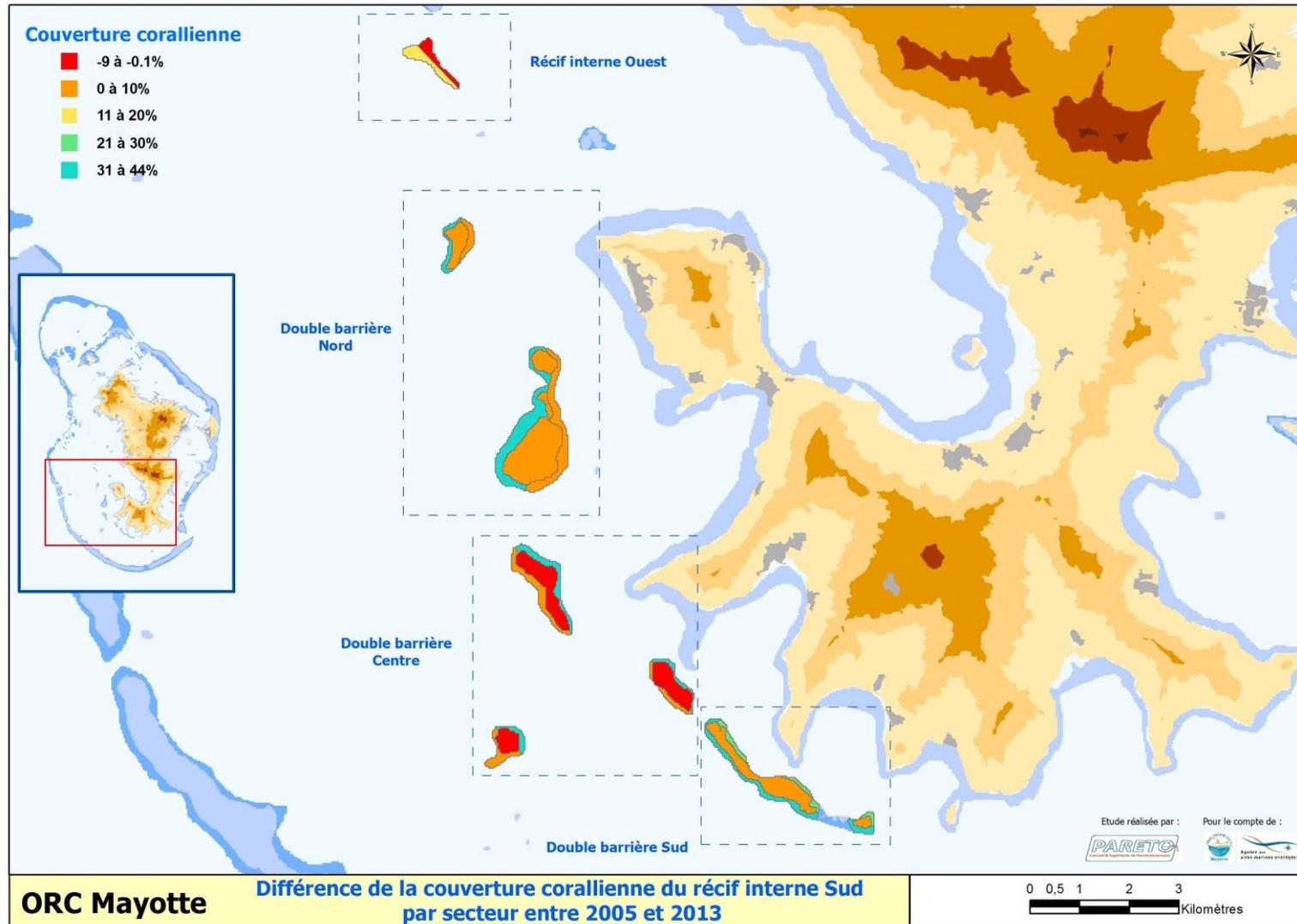


Figure 30 : différence de couverture corallienne des secteurs des récifs internes de la Double Barrière et Ouest entre 2005 et 2013

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

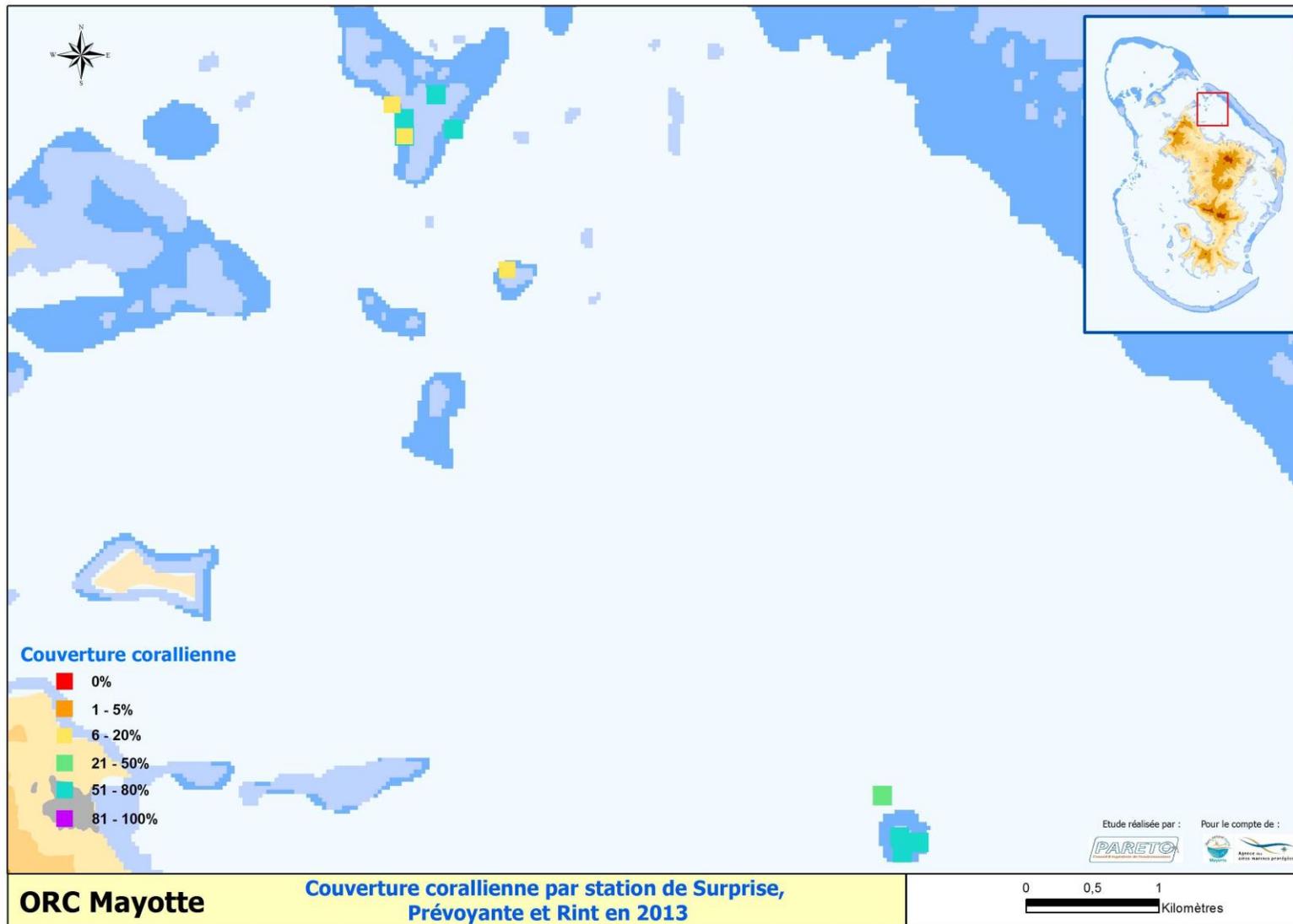


Figure 31 : recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des stations des récifs internes Nord-Est en 2013

# Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

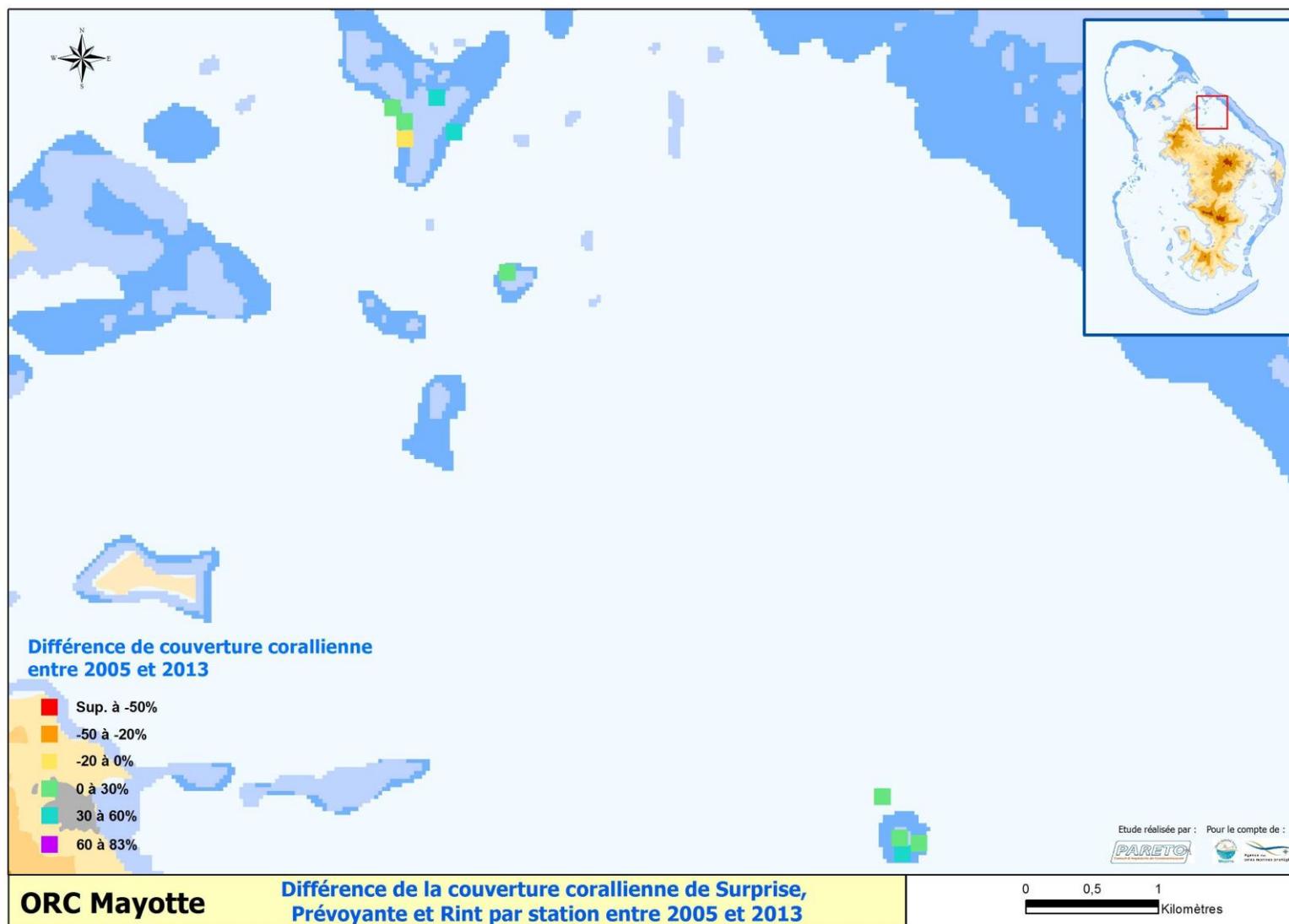


Figure 32 : différence de couverture corallienne des stations des récifs internes Nord-Est entre 2005 et 2013

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

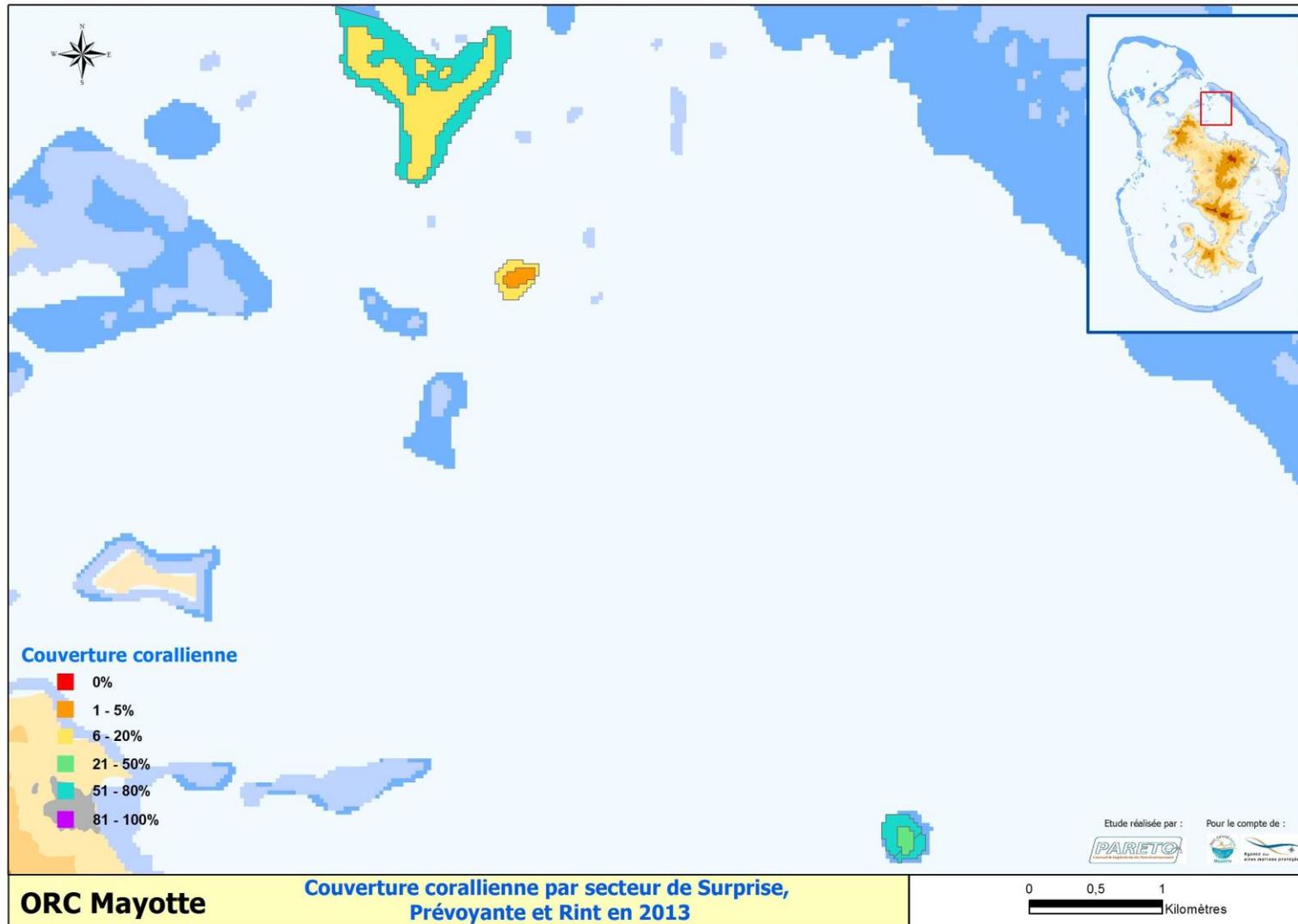


Figure 33 : recouvrement en coraux durs (Scléractiniaires) des secteurs des récifs internes Nord-Est en 2013

Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

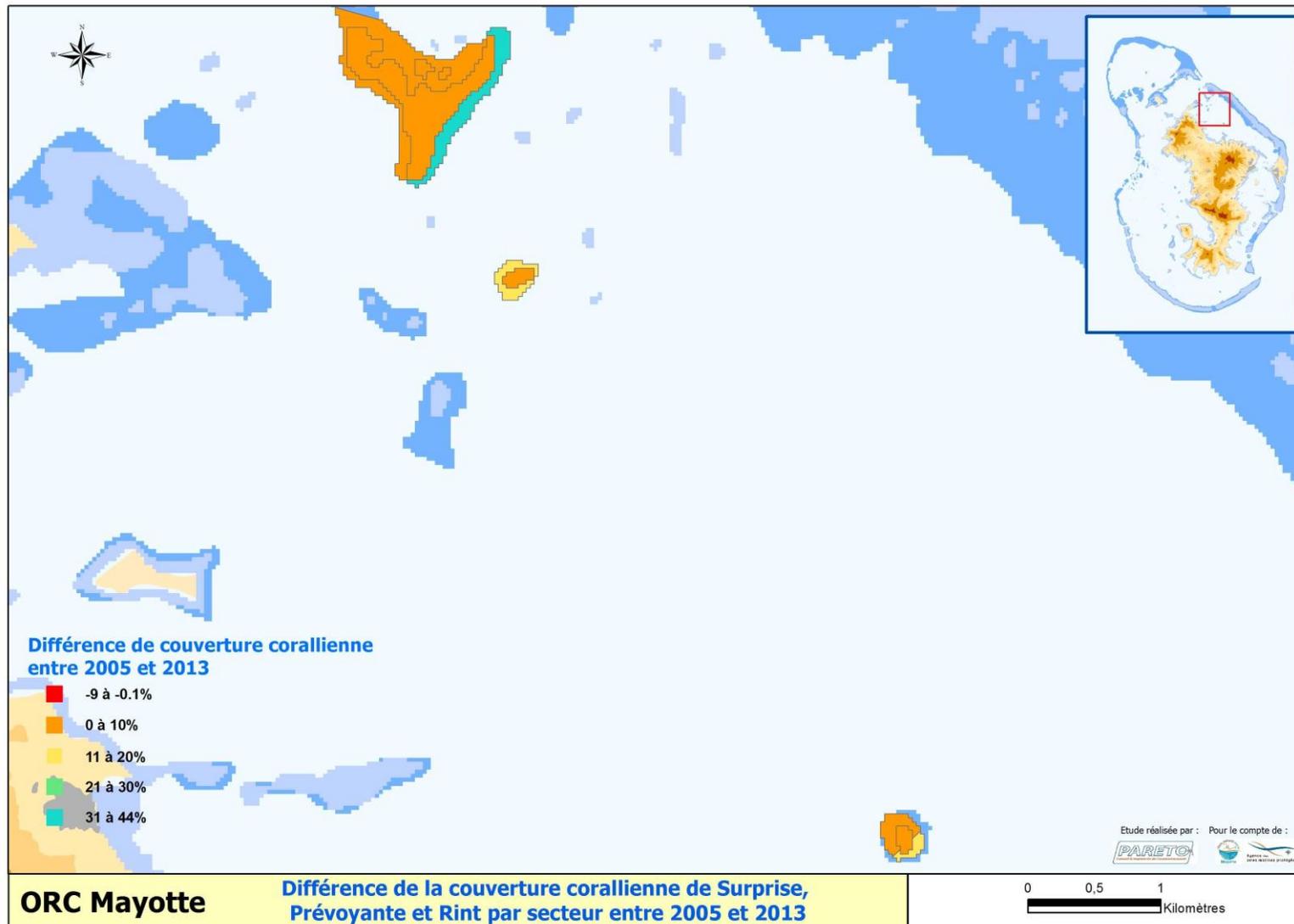


Figure 34 : différence de couverture corallienne de secteurs des récifs internes Nord-Est entre 2005 et 2013

## 5 SYNTHES ET RECOMMANDATIONS

### 5.1 ETAT DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DES RECIFS

Parmi les récifs coralliens de Mayotte (342 km<sup>2</sup>), 3 principales unités géomorphologiques peuvent être distinguées (Andréfouet, 2008) : barrière récifale (275 km<sup>2</sup>), frangeants de lagon et diffus (54 km<sup>2</sup>) et massifs coralliens lagunaires (14 km<sup>2</sup>). En 2013, le suivi par *Medium-Scale Approach* (« suivi MSA ») de l'Observatoire des Récifs Coralliens (ORC) a permis d'échantillonner 145 stations réparties sur les récifs barrières et internes de l'île. Huit après l'état initial (2005) et trois ans après le dernier phénomène majeur de blanchissement corallien (2010), ce suivi MSA permet d'évaluer l'état des peuplements benthiques pour chaque unité géomorphologique. Les principaux résultats sont pour les récifs barrières et internes sont les suivants :

#### • RECIFS BARRIERES

Les habitats coralliens de récif barrière à Mayotte sont remarquables, tant au niveau écologique qu'au niveau socio-économique. L'expertise réalisée en 2005 puis en 2013 concerne les habitats de pente externe à environ 8 m de profondeur : bordures de tombant, sommet des contreforts et vallons, ou sommet des éperons. La bonne connaissance de l'état de santé du récif barrière avant le dernier épisode de blanchissement (suite à l'état initial par MSA en 2005) permet d'identifier les secteurs où les peuplements ont été potentiellement destructurés suite au dernier phénomène majeur de 2010.

D'après l'état initial de 2005, les observations de terrain de 2013, et les réflexions actuelles sur les indicateurs écologiques récifaux pour la DCE à Mayotte (en cours), les paramètres retenus pour l'évaluation de l'état de santé de la barrière sont le recouvrement moyen en (i) coraux durs Scléactiniaires, (ii) coraux mous, (iii) algues dressées, et les proportions relatives en (iv) Acropores tabulaires et (v) massifs encroûtants ou foliacés (cf. Partie 3. - §3.3).

#### Etat du substrat en 2013

En 2013, la couverture corallienne des stations de récif barrière est faible (23%), et le substrat est majoritairement recouvert par le turf algal. Dans ce contexte, les secteurs de « Saziley », « Récif Sud » et « Mtsamboro » présentent des couvertures coralliennes significativement plus élevées que les autres secteurs, notamment pour les habitats de pente à éperons et sillons. Ils peuvent donc être considérés comme remarquables.

#### Evolution du substrat sur la période 2005-2013

L'analyse statistique de la structure du substrat et de la communauté benthique de récif barrière révèle des structures significativement différentes entre les 2 suivis. L'année 2005 s'identifie par de forts taux de recouvrement par les algues calcaires et les coraux, tandis que l'année 2013 montre de forts taux de recouvrement par le gazon algal et les sédiments meubles (sable). Les Scléactiniaires et les algues calcaires régressent au profit du turf algal, qui colonise la dalle corallienne nue, les colonies mortes et les débris coralliens.

Le recouvrement en coraux vivants (Scléactiniaires et coraux mous) est significativement plus faible en 2013, en particulier pour les stations de pente à petits éperons et sillons, et tombant vertical. Si les secteurs « Saziley » et « Petite-Terre » semble moins touchés, la grande majorité des secteurs semble avoir été impactée par le blanchissement de 2010. Seul le secteur « Mtsamboro », où les coraux sont significativement plus élevés en 2013, présenterait une relative résistance au phénomène (contrairement au secteur Choazil au sein du même grand complexe récifal). Ce résultat pourrait donc traduire un impact élevé du blanchissement de 2010 sur les communautés benthiques du récif barrière et une résistance faible face au phénomène.

## Evolution de la structure des peuplements coralliens sur la période 2005-2013

Entre 2005 et 2013, l'analyse statistique met en évidence une structure des morphotypes du peuplement corallien significativement différente entre les 2 suivis. L'année 2005 s'identifie par des couvertures significativement plus élevées en Acropores tabulaires et Pocillopores, tandis que l'année 2013 montre de forts taux de recouvrement en colonies massives, encroûtantes ou foliacées. Le phénomène majeur de blanchissement en 2010 a donc largement modifié la composition des peuplements coralliens du récif barrière à haute sensibilité environnementale, au profit de colonies plus robustes. Néanmoins, les Acropores demeurent dominants en 2013 en terme de couverture moyenne, suivis des massifs encroûtants ou foliacés, puis des coraux mous.

Un tel changement des peuplements sensibles au profit des espèces robustes et/ou opportunistes est également supposé pour les récifs côtiers frangeants de Grande-Terre, suite aux épisodes majeurs de blanchissement (1983, 1998, 2010), et en réponse aux pressions anthropiques (bassins versants et littoraux). Néanmoins, cette modification de la composition des peuplements coralliens, relativement brutale pour le récif barrière, semble plus progressive (irréversible ?) pour les récifs côtiers en lien avec les pressions d'origine humaine.

Au regard des capacités de résilience enregistrées sur les stations GCRMN de récif barrière après le blanchissement de 1998 (Nicet et *al.*, 2012), un relatif état d'équilibre pourrait être atteint dès 2015/2017, avec la croissance « rapide » de colonies d'Acropores tabulaires et digités.

## Etat de santé en 2013

L'évaluation de l'état de santé du récif barrière en 2013 met en évidence 1 très grande majorité de stations dégradées, voire fortement dégradées, 8 ans après l'état initial et 3 ans après le dernier épisode de blanchissement (2010). Dans ce contexte, la vingtaine de stations comportant plus de 30% de recouvrement du substrat par les coraux durs (groupes 1 à 4), principalement au sein des secteurs « Récif Sud », « Saziley » et « Mtsamboro » apparaissent prioritaires en termes de conservation et d'exploitation raisonnée. En 2013, à l'image des autres types de récifs (interne et frangeants), ces stations de barrière les moins perturbées (état de santé bon, ou moyen à dégradé) pourraient constituer des zones « sources » en termes de larves coralliennes, contribuant ainsi à la colonisation et à la résilience des autres secteurs dégradés par autorecrutement.

### • RECIFS INTERNES

Les habitats coralliens des récifs internes présentent de bonnes capacités de résilience depuis 1998, et de meilleures capacités de résistance face au dernier blanchissement de 2010, par rapport aux récifs barrières (Nicet et *al.*, 2012). L'expertise réalisée en 2005 puis en 2013 concerne 3 grands types d'habitats (platier, pentes externe et interne) entre 0 et 8 m de profondeur, caractérisés par des peuplements coralliens différents. L'analyse de l'évolution du recouvrement du substrat entre l'état initial (Pareto, 2006) et 2013 permet notamment d'identifier les secteurs où les peuplements sont les plus résistants aux phénomènes de blanchissement, et qui constituent donc des sites prioritaires en termes de gestion.

D'après (i) l'état initial de 2005, (ii) les observations de terrain de 2013, et (iii) les réflexions actuelles sur les indicateurs écologiques récifaux pour la DCE à Mayotte (en cours), la variable retenue pour l'évaluation de l'état des récifs internes en 2013 est le taux de recouvrement en Scléactiniaires. Parallèlement, les proportions relatives des différentes catégories de peuplements benthiques ont également été détaillées par station (cf. Partie 4. - §4.3).

## Etat du substrat en 2013

En 2013, la couverture corallienne sur les récifs internes est moyenne (40%), et variable sur les 3 types d'habitats prospectés. Elle est élevée sur la pente externe (56%), faible sur le platier (15%), et moyenne sur la pente interne (33%). Les pentes externes des secteurs « Double Barrière Nord » et « Récif Interne Ouest » présentent des couvertures coralliennes significativement plus élevées que les autres secteurs. Parallèlement, les stations de pente interne du secteur « Récif Nord-Est », en particulier pour le récif interne « Surprise », présentent les valeurs les plus élevées. Ces sites peuvent donc être qualifiés de remarquables en termes de couverture corallienne. Ce résultat pour le secteur « Récif Interne Ouest » est à considérer avec précaution au regard des limites d'échantillonnage déjà décrites (exiguïté, profondeur, nombre de stations).

### Evolution du substrat sur la période 2005-2013

L'analyse statistique met en évidence une couverture corallienne significativement plus élevée sur les récifs internes en 2013, en particulier sur les stations de pentes externe et internes. L'analyse de la structure du substrat et de la communauté benthique révèle des structures significativement différentes entre les 2 suivis. L'année 2005 s'identifie par de forts taux de recouvrement en débris coralliens, alors que 2013 présente des couvertures en coraux durs et en algues calcaires élevées.

Parallèlement, l'analyse par secteur du recouvrement en coraux vivants (Scléactiniaires + coraux mous) met en évidence des couvertures significativement plus élevées en 2013 par rapport à 2005, en particulier sur les stations de pente externe de la « Double Barrière », et pour les « Récifs Internes Nord-Est ». Les couvertures coralliennes significativement similaires entre 2005 et 2013 sur le « Récif Interne Ouest » pourraient s'expliquer par les limites d'échantillonnage.

Considérant les impacts avérés, imputables au dernier blanchissement, sur les peuplements benthiques des récifs barrières, la nette progression de la proportion en colonies coralliennes sur les récifs internes depuis 2005 pourrait mettre en évidence une plus grande résistance au phénomène climatique de 2010. Les résultats de 2013, couplés aux couvertures relativement faibles enregistrées en 2005 (16%) y témoigneraient également (i) d'un impact plus important suite au blanchissement de 1998, et (ii) d'une résilience plus marquée des récifs internes après 1998. Ce constat est confirmé par les suivis GCRMN précédents menés dans le cadre de l'ORC Mayotte, après les blanchissements de 1998 et de 2010 (Nicet et *al.*, 2012).

### Evolution de la structure des peuplements coralliens sur la période 2005-2013

En 2013, l'analyse de la structure des peuplements coralliens des récifs internes met en évidence une dominance des Acropores, suivis des coraux massifs encroûtants ou foliacés. L'analyse statistique montre également une structure des morphotypes du peuplement corallien significativement différente entre 2005 et 2013. L'année 2005 s'identifie par des couvertures significativement plus élevées en colonies massives, encroûtantes ou foliacées et en coraux mous, alors que 2013 présente de forts taux de recouvrement en Acropores tabulaires et sub-massifs. Le phénomène majeur de blanchissement en 2010 ne semble donc pas avoir déstructuré les peuplements coralliens des récifs internes. Les colonies à haute sensibilité environnementale ont progressé au détriment des colonies plus robustes. Cette tendance témoigne conjointement (i) de la résistance au dernier blanchissement, et (ii) de la résilience au blanchissement de 1998 de ce type de récif à Mayotte.

### Etat de santé en 2013

Suite au dernier blanchissement majeur, l'évaluation de l'état de santé des récifs internes en 2013 met en évidence une majorité de stations ayant une couverture en Scléactiniaires moyenne (31%) à très bonne (94%). Dans ce contexte, les 24 stations comportant plus de 50% de recouvrement en coraux durs (groupes 4 à 6), principalement au sein des pentes externes des secteurs de la « Double Barrière Nord et Sud », et des pentes externe et interne des sites « Surprise » et « Prévoyante » apparaissent prioritaires en termes de conservation et d'exploitation raisonnée. En 2013, à l'image des récifs côtiers de Grande-Terre (Pareto, 2013), ces stations de récifs internes riches en colonies coralliennes, et peu impactées après 2010, pourraient contribuer à la recolonisation des zones dégradées plus lointaines, notamment des récifs barrières (source de larves coralliennes).

## 5.2 PERSPECTIVES & RECOMMANDATIONS

**La synthèse des recommandations générales** émises à la suite du suivi des récifs de Mayotte en 2013 (Postes 1 à 3 : frangeants, internes et barrières) et dans le cadre de l'Observatoire des Récifs Coralliens (ORC) est jointe à la présente étude.

Concernant en particulier le « suivi MSA (*Medium-Scale Approach*) », les résultats mettent en évidence un indicateur adapté pour une bonne représentativité spatiale de l'état de l'ensemble des récifs internes et barrières, et pour qualifier les impacts qui se conjuguent aux effets du changement climatique (pollution des bassins versants, surexploitation, infestation biologique, etc.). Ils permettent notamment d'identifier les secteurs les plus sensibles et/ou vulnérables à considérer dans le plan d'action du PNMM à l'échelle de l'île.

Il est important de prévoir un plus grand nombre de sorties ( $N > 15$ ) avec 4 observateurs formés à la méthode. Il apparaît en effet nécessaire de se limiter à 3 ou 4 plongées par jour, par observateur, notamment pour l'échantillonnage des récifs barrières. Il est également recommandé d'effectuer une partie des prochains relevés en « palme, masque, tuba » à marée basse, sur les stations des récifs internes situées entre 0 et 4 m de profondeur (gain de temps, limitation des temps d'immersion).

En parallèle à l'état initial mené en 2005 (suite au blanchissement de 1998), il apparaît essentiel de poursuivre ce « suivi MSA » à grande échelle en 2017, soit 7 ans après la dernière perturbation majeure.

## 6 BIBLIOGRAPHIE

---

**Andrefouët S., Chagnaud N., Chauvin C., Kranenburg C.J., 2008.** Atlas des récifs coralliens de France Outre-Mer, Centre IRD de Nouméa. 153 pages

**ARVAM / Pareto, 2010.** Définition des réseaux de surveillance DCE de la qualité des masses d'eau côtières de l'île de Mayotte. Tome 1 : synthèse et propositions. 149 pages + annexes

**ARVAM / Pareto, 2010.** Définition des réseaux de surveillance DCE de la qualité des masses d'eau côtières de l'île de Mayotte. Tome 2 : cartographie des données DCE par masse d'eau. 123 pages

**Chabanet P., 2002.** Coral reef fish communities of Mayotte (western Indian Ocean) two years after the impact of the 1998 bleaching event. *Marine & Freshwater Research* 53: 107-113.

**Clua E., Legendre P., Vigliola L., Magron F., Kulbicki M., Sarramegna S., Labrosse P., Galzin R. (2006).** Medium scale approach (MAS) for improved assessment of coral reef fish habitat. *J. Exp Mar Biol Ecol.*

**Conand C. , Quod J.P., Bigot L. , 1998.** Suivi de l'état de santé des récifs coralliens du sud-ouest de l'Océan Indien. *Manuel méthodologique*. PRE-COI. 27 p.

**Descamps P., Fray D., Thomassin B. A., Castellani S. et Layssac J., 1998.** Massive mortality following a huge bleaching of reef corals at Mayotte I. (SW Indian Ocean) at the end of the 1998 austral summer. International Society for Reef Studies. European meeting-Perpignan 1-4september 1998.

**Gigou A., 2011.** Les étoiles de mer épineuses *Acanthaster planci* du lagon de Mayotte : des explosions démographiques de plus en plus fréquentes. 30 p + annexes

**Herfaut J., 2005.** Géo-référencement des sites de pêche situés dans le lagon de Mayotte et sur la barrière. Rapport INENV pour le compte du Service des Pêches de la DAF Mayotte. 18 pages + annexes

**Jamon A., Cambert H., Garnier R., Quod J.P., 2012.** Reef Check France. Bilan d'activités Reef Check Mayotte 2012. 19 pp. + annexes (24 pp.)

**Jamon A., Nicet J.B, Bertrand D., 2013.** Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) du Schéma d'Aménagement Régional (SAR) de Mayotte. (en cours)

**Jamon A., 2006.** Suivi de la température de sub-surface du lagon de Mayotte entre 1999 et 2005 et analyse du risque de blanchissement corallien. Observatoire des récifs coralliens de Mayotte (ORC) - DAF. 32 p + annexes.

**Letourneur Y., Maggiorani J.M., 1995.** Effets de la mise en réserve de la passe en S (île de Mayotte) sur les peuplements et populations de poissons. Rapport Neptune Sces/Service des pêches. 24 p + annexes.

**Liu, G., A.E. Strong, W.J. Skirving and L.F. Arzayus, 2006.** Overview of NOAA Coral Reef Watch Program's Near-Real-Time Satellite Global Coral Bleaching Monitoring Activities. Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium, Okinawa: 1783-1793.

**Maina J., Venus V., Mc Clanahan T.R., Ateweberhan M, 2008.** Modelling susceptibility of coral reefs to environmental stress using remote sensing data and GIOS models. *Ecological modeling* 2012 (2008) 180-199.

**Nicet J.B., 2010.** Etude des risques et vulnérabilités au changement climatique dans les pays de la COI et ébauche d'un plan d'action régional d'adaptation – PARA. Programme ACclimate de la COI. Formation Pareto / Asconit Consultants.

**Nicet J.B., Jamon A., Wickel J., Quod J.P., 2010.** Rapport PARETO/APNEE/LAGONIA/ARVAM, 2010. Evaluation environnementale de la Réserve Naturelle nationale de l'îlot M'bouzi. Etat initial. Rapport pour le compte de l'association des Naturalistes de Mayotte, 112 p + annexe.

**Nicet J.B., Jamon A., Simian G., Chabanet P., Bissery C., Gigou A., Aboutoïhi L., Bigot L., Quod J.P., 2012.** PARETO/IRD/APNEE/PARC NATUREL MARIN/ECOMAR. Campagne ORC8 – Suivi 2011 de l'état de santé des récifs coralliens de Mayotte - Suivi benthique et ichtyologique, et impact du blanchissement de 2010. Rapport pour le compte de la DEAL Mayotte, 72 p + annexes.

**Obura, 2005.** Resilience and climate change: lessons from coral reefs and bleaching in the Western Indian Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63 (2005) 353–372.

**Pareto, 2006.** ORC 6. Suivi de l'état de santé des récifs coralliens de Mayotte. Suivi des peuplements benthiques du récif barrière et des récifs internes. Rapport technique pour le compte de la DAF Mayotte. 63 pages + annexes.

**Quartararo A., 2009.** Prise en compte des activités socio-économiques dans le projet de Parc naturel marin de Mayotte : état des lieux des usages du nautisme et du tourisme sur le lagon de Mayotte. Rapport Master 2 – Sciences pour l'environnement Spécialité Gestion des littoraux et des Mers. Université Montpellier. 105 pages

**Ropert M., Duval M., Gauthier E., Maurel L., Nicet J.B., Talec P., Vermenot C., Zubia M., Le Goff R., 2012.** Projet "Bon Etat II". Rapport final. Actualisation de l'état des lieux du SDAGE, volet eaux côtières réunionnaises. 106 p + annexes.

**Wickel J., 2006.** Observatoire des Récifs Coralliens de Mayotte : bilan 1998-2005, évaluation et perspectives. Rapport pour le compte de la DAF

**Wickel J., Thomassin B.A., 2005.** Les récifs coralliens frangeants de l'île de Mayotte (Grande Terre) : bilan de l'état de santé en 2004 et évolution depuis 1989, Rapport ESPACES pour le compte de la DAF Mayotte, 100 pages

**Wickel J., Jamon A., Thomassin B., 2005.** Projet de réserve naturelle du lagon de Mayotte : bilan de l'état de santé des récifs coralliens. 54 pages + annexes.

**Wickel J., 2006.** Les îlots du lagon de Mayotte : état des lieux de la vitalité corallienne. Rapport ESPACES pour le compte de la DAF Mayotte. 44 pages + annexes.

**Wilkinson C., 1998/2000/2002/2004/2008.** Status of coral reefs of the world : 2000/02/04/08. Australian Institute of Marine Science.

## **7 ANNEXES**

---

## Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

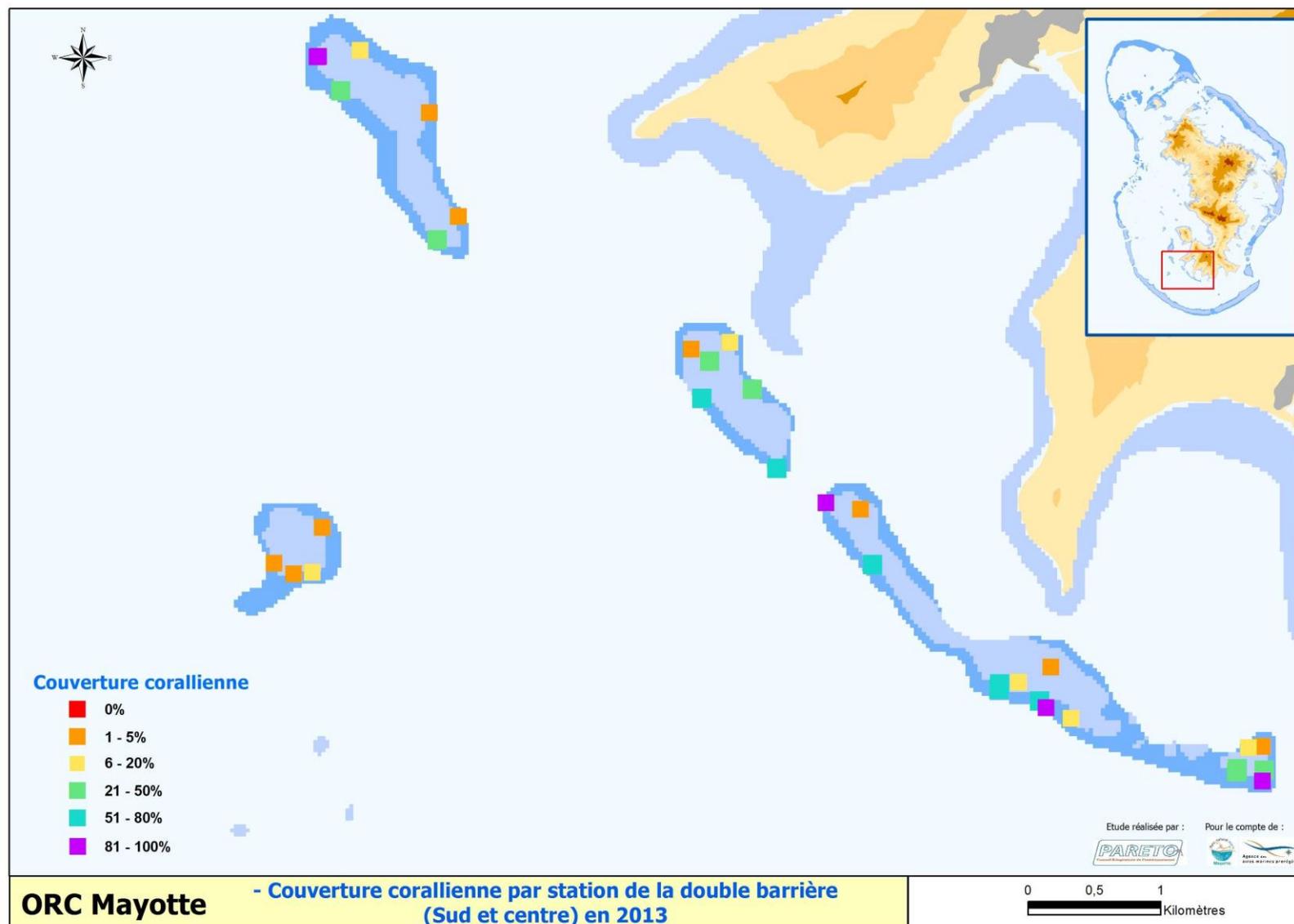


Figure 35 : détail du recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des stations de récifs internes des secteurs Double Barrière Sud et centre en 2013

# Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

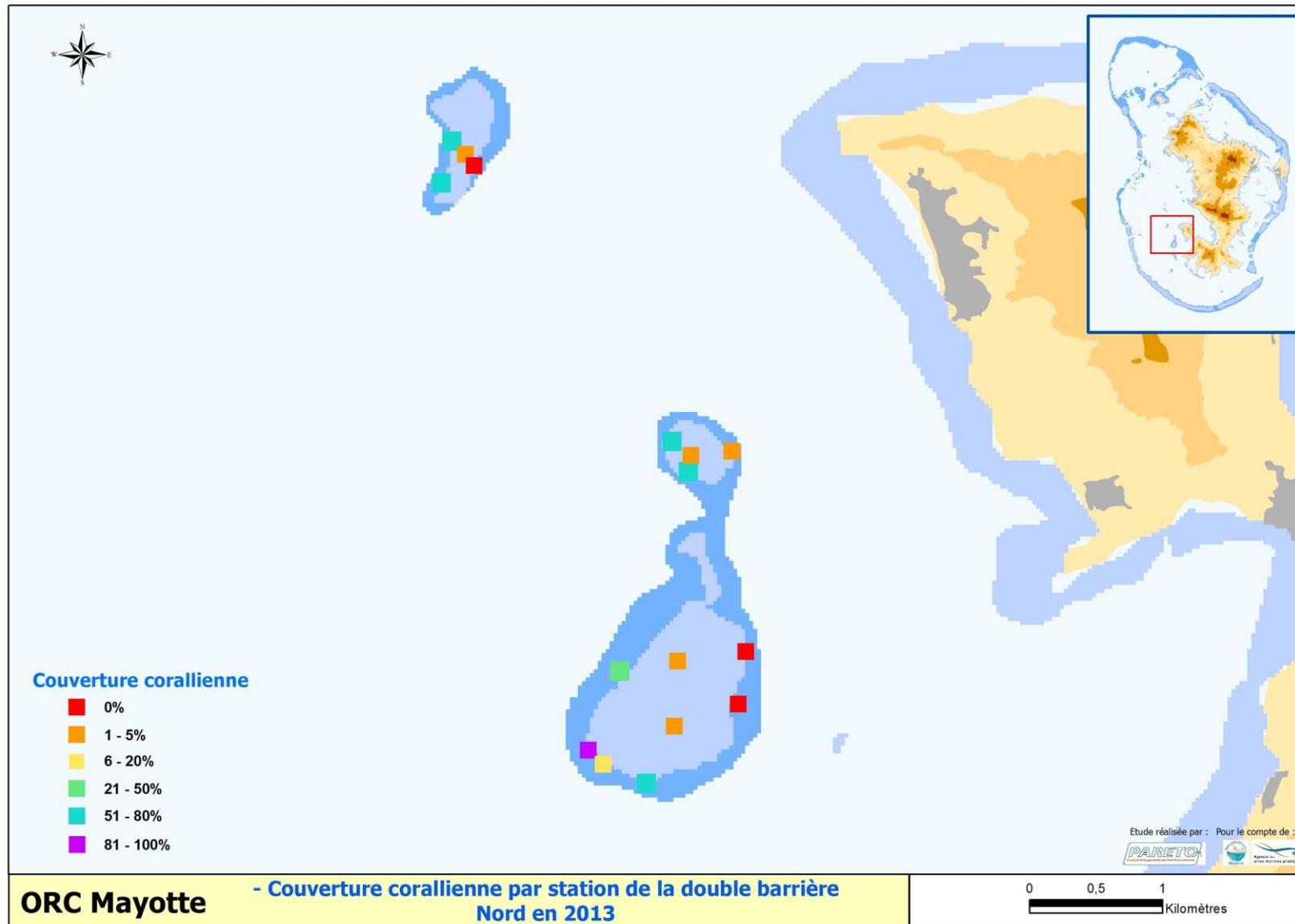


Figure 36 : détail du recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des stations des récifs internes du secteur Double Barrière Nord en 2013

## Parc naturel marin de Mayotte (PNMM)

Suivi MSA 2013 de l'état de santé du récif barrière et des récifs internes de l'ORC Mayotte

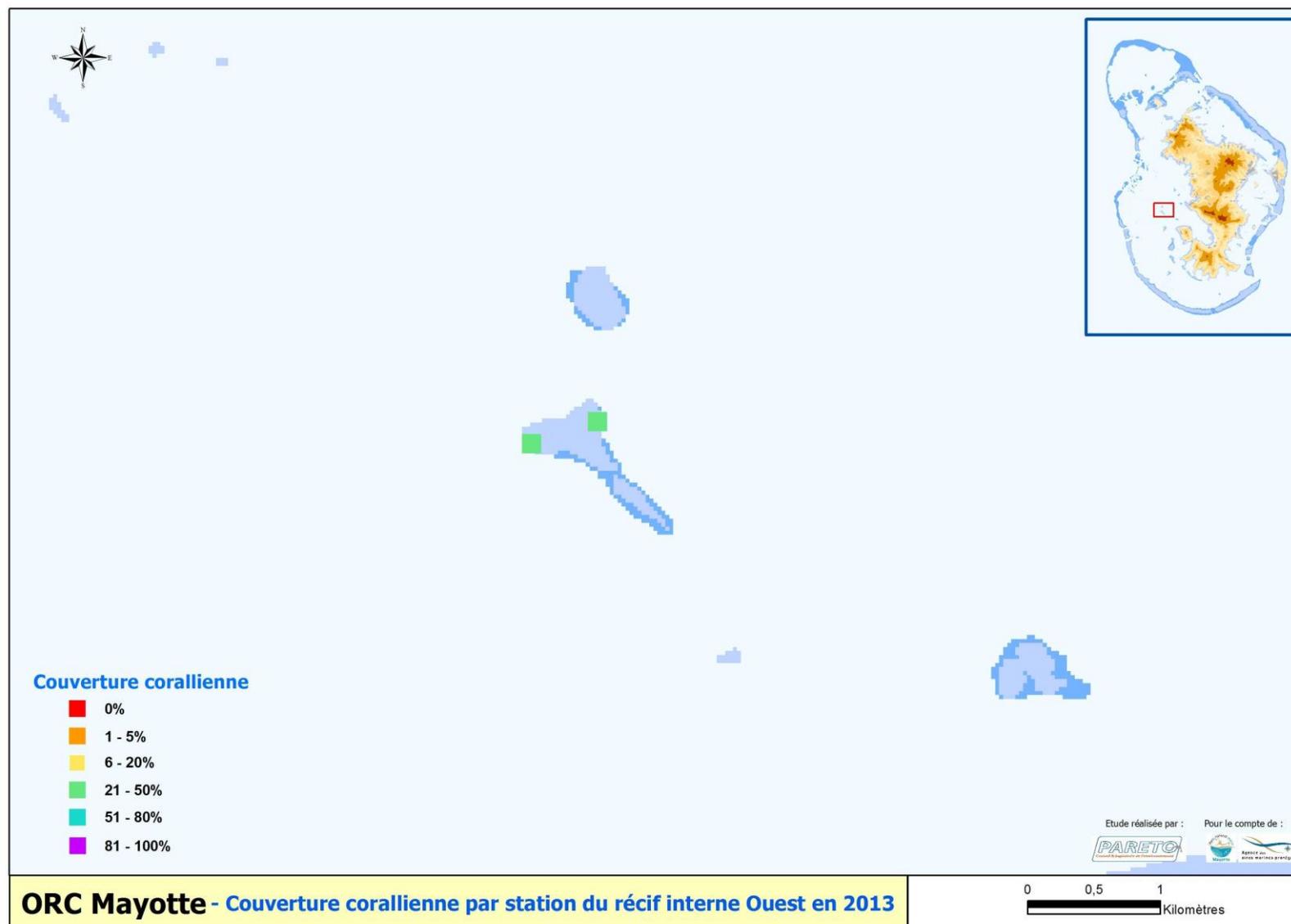


Figure 37 : détail du recouvrement en coraux durs (Scléactiniaires) des 2 stations du secteur récifs internes Ouest en 2013