



DEPARTEMENT
ENVIRONNEMENT

Dossier n°A001.05040.0001



RAPPORT FINAL

PROGRAMME DE

RECONSTITUTION DU BIOTOPE

CORALLIEN EN BAIE DE PRONY

Indice	Date	Chargé de projet	Ingénieur d'étude
1	02/02/2011	Antoine GILBERT	Tom HEINTZ

Le système qualité de GINGER SOPRONER est certifié ISO 9001-2008 par



SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	4
1.1	CONTEXTE DU PROJET	4
1.2	SYNTHESE DE L'OPERATION DE TRANSPLANTATION MENEES FIN 2005	5
2	OBJECTIFS DES SUIVIS TEMPORELS	7
2.1	SUIVI UN MOIS APRES LA TRANSPLANTATION	7
2.2	SUIVIS SIMPLES	7
2.3	SUIVIS COMPLETS.....	7
3	METHODOLOGIE	7
3.1	ENTRETIEN DES SITES DE TRANSPLANTATION	7
3.2	MESURE DES TAUX DE SURVIE, MORTALITE ET MORTALITE PARTIELLE DES TRANSPLANTS ...	8
3.3	MESURE DE L'EVOLUTION DE LA COUVERTURE CORALLIENNE VIVANTE.....	9
3.4	MESURE DE LA COLONISATION DES SITES TRANSPLANTES.....	9
3.4.1	<i>Recrutement corallien naturel</i>	9
3.4.2	<i>Invertébrés benthiques mobiles</i>	10
3.4.3	<i>Populations de poissons</i>	10
3.4.4	<i>Analyse des données</i>	13
4	RESULTATS ET DISCUSSION	14
4.1	SURVIE DES TRANSPLANTS.....	14
4.2	EVOLUTION DU RECOUVREMENT CORALLIEN VIVANT	20
4.2.1	<i>Attachement des transplants au substrat naturel</i>	20
4.2.2	<i>Couverture corallienne vivante</i>	22
4.2.3	<i>Recrutement corallien naturel sur les sites transplantés</i>	27
4.3	COLONISATION DES SITES PAR LES MACRO-INVERTEBRES BENTHIQUES	29
4.3.1	<i>Richesse taxonomique</i>	29
4.3.2	<i>Densité totale moyenne</i>	32
4.3.3	<i>La composition du peuplement</i>	35
4.4	COLONISATION DES SITES PAR LES POISSONS	37
5	SYNTHESE DES RESULTATS.....	43
	BIBLIOGRAPHIE.....	46
	ANNEXES	48

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Localisation des sites de collecte et de transplantation des coraux du port de Vale NC</i>	4
<i>Figure 2 : Illustrations de l'état de santé des colonies transplantées</i>	8
<i>Figure 3 : Exemples d'espèces de poissons recensées dans l'évaluation de la colonisation des sites restaurés en poissons</i>	10
<i>Figure 4 : Méthode du Point Fixe utilisée pour recenser la colonisation des sites en poissons (Source : CPS)</i>	11
<i>Figure 5 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 1</i>	12
<i>Figure 6 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 2</i>	12
<i>Figure 7 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 3</i>	13
<i>Figure 8 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis - Site 1 (Montravel abrité)</i>	15
<i>Figure 9 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis - Site 2 (Montravel exposé)</i>	15
<i>Figure 10 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis - site 3 (Casy)</i>	15
<i>Figure 11 : Taux de survie global sur l'ensemble des 3 sites au cours des 30 premiers mois de suivi</i>	17
<i>Figure 12 : Illustrations des causes principales de mortalité et de nécrose sur les 3 sites de transplantation</i>	19
<i>Figure 13 : Etapes dans l'attachement basal des transplants coralliens</i>	21
<i>Figure 14 : Localisation des stations de suivi RORC sur la baie de Prony et des sites de transplantation</i>	23
<i>Figure 15 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 1 (Montravel abrité)</i>	24
<i>Figure 16 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 2 (Montravel exposé)</i>	24
<i>Figure 17 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 3 (Casy)</i>	24
<i>Figure 18 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 1 (Montravel abrité)</i>	26
<i>Figure 19 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 2 (Montravel exposé)</i>	26
<i>Figure 20 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 3 (Casy)</i>	26
<i>Figure 21 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 1 (Montravel abrité)</i>	31
<i>Figure 22 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 2 (Montravel exposé)</i>	31
<i>Figure 23 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 3 (Casy)</i>	31
<i>Figure 24 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 1 (Montravel abrité)</i>	34
<i>Figure 25 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 2 (Montravel exposé)</i>	34
<i>Figure 26 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 3 (Casy)</i>	34
<i>Figure 27 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 1 au cours des 54 mois de suivi</i>	38
<i>Figure 28 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 2 au cours des 54 mois de suivi</i>	38
<i>Figure 29 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 3 au cours des 54 mois de suivi</i>	38
<i>Figure 30 : Poissons demoiselles dominants le peuplement au niveau des sites 1 et 2</i>	40
<i>Figure 31 : Poissons demoiselles dominants le peuplement au niveau du site 3</i>	40
<i>Figure 32 : Poissons papillons les plus communément rencontrés au niveau des sites de comptage</i>	42
<i>Figure 33 : Poisson lime arlequin (Oxymonacanthus longirostris)</i>	42

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Positionnement géographique et profondeurs des sites de transplantation (RGNC 1991)</i>	5
<i>Tableau 2 : Nombre de réplicats par site de restauration pour le comptage des poissons</i>	11
<i>Tableau 3 : Taux de survie, mortalité partielle et mortalité sur les 3 sites de restauration à T+54 mois</i>	14
<i>Tableau 4 : Taux de survie des transplants coralliens sur des projets de transplantation corallienne</i>	16
<i>Tableau 5 : Taux de recouvrement en corail vivant sur les 3 sites de transplantation</i>	23
<i>Tableau 6 : Evolution des taux de recouvrement en corail naturel et transplanté</i>	25
<i>Tableau 7 : Nombre de recrues coralliennes sur les sites de transplantation (nombre moyen d'individus / 100 m²)</i>	27
<i>Tableau 8 : Richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur les sites de transplantation (Nombre moyen de taxons par transect ± écart type)</i>	30
<i>Tableau 9 : Densité totale en macro-invertébrés benthiques sur les sites de transplantation (Nombre moyen d'individus/m² ± écart type)</i>	32
<i>Tableau 10 : Liste des espèces recensées sur les sites de restauration</i>	35
<i>Tableau 11 : Abondance totale des poissons ciblés recensés sur les secteurs transplantés et témoins, à T+13, T+24, T+36 et T+48 mois après transplantation</i>	37
<i>Tableau 12 : Liste des 10 espèces de poissons les plus abondantes, recensées sur les secteurs de transplantation et témoins ; les espèces sont classées par ordre d'abondance décroissante</i>	39
<i>Tableau 13 : Espèces de poissons papillons corallivores recensées sur les secteurs transplantés (TR) et témoins (TE) au cours des différents suivis. Les zones grisées correspondent aux données qui semblent valider la présence en abondance supérieure des poissons corallivores sur les zones transplantées par rapport aux zones témoins.</i>	41

Remerciements :

A l'occasion de ce dernier rapport de suivi, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé ponctuellement aux suivis des coraux transplantés du port de VALE NC pendant ces 5 années : Sabrina Virly, Benjamin Slim, Matthieu Juncker, Claire Garrigue, et Philippe Frolla.

Tous nos remerciements également à David Groperrin et Philippe Margarit.

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte du projet

Suite à la construction d'un port sur la côte Est de la baie de Prony, l'entreprise Goro Nickel (Groupe Vale INCO) s'est vue imposée de réaliser un programme de reconstitution du biotope corallien sur une superficie 2000 m² (Jonc n°7715, arrêté n°763-2003/PS, pages 3828-3837). Cette opération a été réalisée du 05 décembre 2005 au 23 janvier 2006 par le bureau d'études SOPRONER. Le projet a consisté à collecter des coraux dans la zone d'emprise du futur port, puis à les déplacer sur 3 sites de transplantation. Ces sites, choisis en accord avec la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud, sont situés sur la côte protégée de la presqu'île de Montravel (2 sites dénommés ci-après *Montravel abrité* – Site 1 - et *Montravel exposé* – Site 2) et sur la côte protégée de l'îlot Casy (dénommé *Casy* – Site 3). La localisation des sites de collecte et de transplantation est présentée sur la Figure 1.

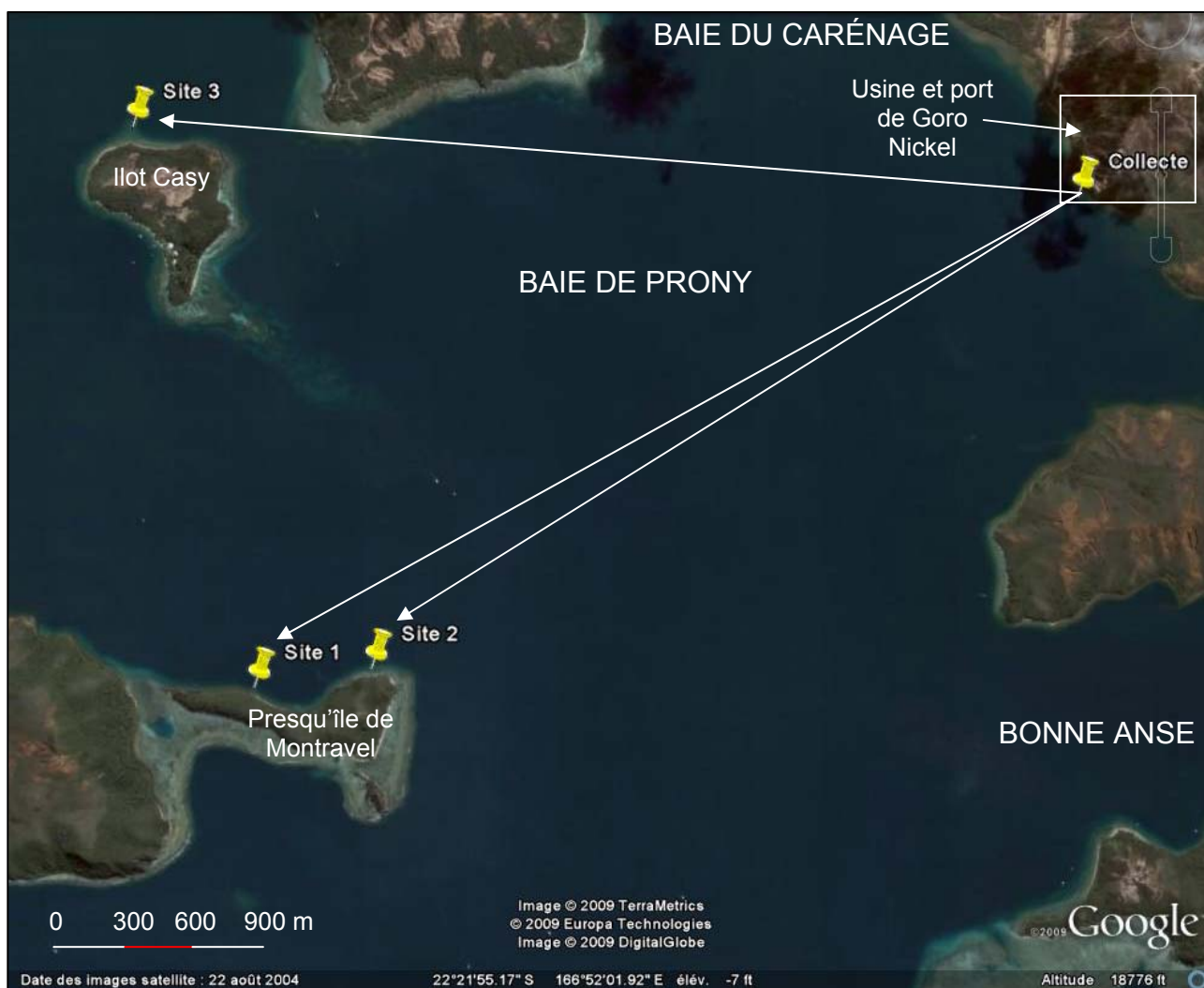


Figure 1 : Localisation des sites de collecte et de transplantation des coraux du port de Vale NC

Le positionnement géographique des stations de suivi, ainsi que leurs profondeurs, sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 1). Les points GPS donnés sont situés au centre de chaque site de transplantation.

Tableau 1 : Positionnement géographique et profondeurs des sites de transplantation (RGNC 1991)

Site	Latitude	Longitude	Profondeur
Site 1	S 22°22'32,02060"	E 166°51'05,44275"	-1 à -5 m
Site 2	S 22°22'28,72002"	E 166°51'27,88323"	-1 à -5 m
Site 3	S 22°20'52,53903"	E 166°50'42,03956"	-3 à -5 m

Un suivi temporel de cette opération a été programmé sur une durée de 5 ans. La fréquence des suivis proposée par SOPRONER est la suivante :

- un suivi un mois après la transplantation
- un suivi tous les 6 mois pendant 5 ans

Ce rapport décrit la méthodologie générale qui est mise en œuvre pour chacun des suivis et présente les résultats du suivi sur les 5 années. Il constitue le rapport final de l'opération.

Ce projet constitue une première en Nouvelle Calédonie et doit être considéré comme une étude pilote expérimentale.

La mission de terrain à T+54 mois après transplantation s'est déroulée le 04 août 2010. L'équipe de terrain était composée des personnes suivantes :

- Antoine GILBERT, ingénieur environnement marin Soproner : collecte des données sur les poissons, expertise et appui pour la rédaction du rapport de suivi.
- Sandrine JOB, consultante, ingénieur environnement marin : collecte des données sur le benthos (coraux et autres invertébrés) et auteur principal du rapport de suivi.

1.2 Synthèse de l'opération de transplantation menée fin 2005

Quelques informations générales sur l'opération de transplantation sont rappelées ci-dessous, elles ont tirées du rapport de mission rédigé par Soproner en Février 2006.

Le site de collecte des coraux était situé au niveau du récif frangeant qui reçoit aujourd'hui la zone portuaire, en particulier les quais de chargement. Les collectes ont été réalisées sur 3 unités géomorphologiques constituant le récif frangeant :

- Un platier sous marin très peu profond directement accolé à la côte. Les fonds étaient constitués de dalle recouverte par endroits de débris coralliens. Les colonies coralliennes étaient dispersées sur le fond, généralement accrochées au substrat au niveau d'anfractuosités de la dalle. Il s'agissait de spécimens de taille moyenne (10 à 50cm de diamètre), généralement en bon état de santé. Les espèces les plus communément rencontrées appartenaient aux familles des Acroporidae, Poritidae et Faviidae. Le taux de recouvrement moyen des scléractiniaires était de l'ordre de 10%.
- Un tombant bio-construit abrupt faisant suite au platier, qui présentait un peuplement corallien riche et diversifié. On y trouvait des espèces des genres Acropora, Pocillopora, Lobophyllia, Montipora, Porites, Galaxea, Seriatopora, Favia, Favites, et d'autres plus rares. Les colonies étaient généralement en très bon état de santé. Le

taux de recouvrement moyen des scléractiniaires s'élevait à 20%. Il s'agit de la zone principale de collecte.

- Une pente douce sablo-vaseuse à vaseuse, localement recouverte de débris coralliens. Des pâtés coralliens étaient dispersés sur les fonds, composés des mêmes espèces trouvées au niveau du tombant. Le taux de recouvrement moyen des scléractiniaires y était plus faible car le peuplement plus dispersé, de l'ordre de 10%.

Concernant le choix des sites de transplantation :

Le site 1 (Montravel abrité) a été choisi comme site principal de transplantation car présentant un degré de confinement qui l'apparentait au site de collecte. D'un point de vu sédimentologique et géomorphologique, ce récif semblait similaire à celui qui borde la zone de construction du port. Des 3 zones de transplantation choisies, il s'agissait du site qui semblait le plus apte à recevoir les transplants de la zone du port, et une survie corallienne maximale y était attendue. Pour ces raisons l'effort de restauration a porté sur une surface de 1000m², soit la moitié de la surface totale à réhabiliter.

Le site 2 (Montravel exposé) était plus ouvert sur le lagon. Le renouvellement des eaux y était plus important et des courants plus forts étaient pressentis sur cette zone. Le principal risque attendu sur ce site était lié au transit sédimentaire lors des grandes marées. Compte tenu de ces risques, une surface plus modeste de restauration y avait été installée, de 600 m².

Montravel abrité et Montravel exposé présentaient l'inconvénient d'être situés sur une zone non protégée de l'impact humain éventuel, en particulier de l'ancrage des pêcheurs et des plaisanciers.

Le site 3 (Casy) présentait l'avantage d'être situé au sein de la réserve marine de la baie de Prony, ce qui limitait les impacts liés à l'activité humaine sur la zone restaurée. Sur ce site a cependant été attribuée la surface de restauration la plus restreinte (400 m²) pour plusieurs raisons : il s'agissait de l'unique zone corallienne peu profonde (<5m) autour de l'îlot Casy nécessitant une restauration corallienne ; une mortalité corallienne y avait été observée mais la cause de la mortalité n'avait jamais été clairement établie, il semblerait qu'elle soit liée à une invasion d'étoiles de mer épineuses *Acanthaster planci* qui eu lieu il y a quelques années (été 2003-2004, d'après témoignage) et à l'ancrage des bateaux en dehors des bouées de mouillages installées par la Province Sud. Aucune étoile de mer épineuse n'avait été recensée lors des reconnaissances initiales de recherche de sites de transplantation, cependant le milieu reste éventuellement porteur de telle prolifération (en effet un individu a été trouvé sur le site quelques jours après la transplantation des coraux). Enfin, ce site présentait des eaux beaucoup plus claires que sur le site de collecte, impliquant un risque de blanchissement des transplants.

Un total de 1762 colonies coralliennes ont été prélevées et transplantées, dont près des deux tiers présentaient une forme de croissance branchue, 15% de formes massives et sub-massives, 14% étaient de formes encroûtantes, 6% de formes « en buissons » et 1% de formes libres et foliacées. Les transplants ont été répartis comme suit sur les 3 sites choisis :

- 832 transplants sur le site 1 (47% de l'ensemble des transplants) : accroissement de 10% de la couverture corallienne vivante (de 5 à 15%).
- 615 transplants sur le site 2 (35% de l'ensemble des transplants): accroissement de 10% de la couverture corallienne vivante (de 5 à 15%).
- 315 transplants sur le site 3 (18% de l'ensemble des transplants): accroissement de 6% de la couverture corallienne vivante (de 11 à 17%).

2 OBJECTIFS DES SUIVIS TEMPORELS

2.1 Suivi un mois après la transplantation

Un premier suivi post-opérationnel a été réalisé un mois après la fin du chantier de transplantation. Ce premier suivi est généralement mené pour déceler le stress éventuel subi par les transplants coralliens lors des manipulations de transplantation (collecte, transport, collage) et permet également d'évaluer l'acclimatation des transplants coralliens dans leur nouvel environnement. En effet, l'apparition de nécroses et mortalités sur les transplants dans les premières semaines suivant leur transplantation peut traduire un stress élevé généré lors des manipulations des coraux (branches cassées, tissu endommagé, exposition à l'air et au soleil lors du transport, contact avec le ciment de fixation, etc.), ou une non-adaptation des coraux sur leur lieu de transplantation. Cela se mesure par l'observation des taux de mortalité et mortalité partielle des transplants coralliens. Compte tenu des nombreuses sources de perturbation (d'origine humaine ou naturelle) pouvant affecter les coraux, il est entendu que l'analyse de ces premières nécroses et mortalités doit être réalisée précautionneusement afin d'en déceler la cause la plus exacte.

Un entretien du site a également été mené afin de faciliter les prochains suivis et de maximiser le succès de l'opération.

La colonisation des sites de transplantation en poissons et macro-invertébrés benthiques a été évaluée. Ces mesures servent de points zéro de l'opération. Le taux de recrutement corallien a été également évalué, comme une indication de la régénération naturelle des sites, possiblement liée à l'effort de transplantation.

2.2 Suivis simples

Les suivis simples sont réalisés une fois par an, pendant la saison froide, soit en juillet-août. Ce suivi consiste à évaluer les taux de survie, de mortalité et de mortalité partielle ainsi que l'évolution de la couverture corallienne vivante. De plus, les sites de restauration sont entretenus si besoin (enlèvement des *Acanthaster*, remise en place des barres métalliques, cordes, re-fixation des transplants tombés, etc.).

2.3 Suivis complets

Les suivis complets sont réalisés une fois par an, pendant la saison chaude, soit en janvier-février. Il s'agit de mener les mêmes évaluations que lors du suivi simple (taux de survie, mortalité partielle, et évolution de la couverture corallienne) et d'évaluer la colonisation des sites de transplantation en poissons et macro-invertébrés benthiques. Le taux de recrutement corallien naturel est également évalué, comme indication de la régénération naturelle des sites.



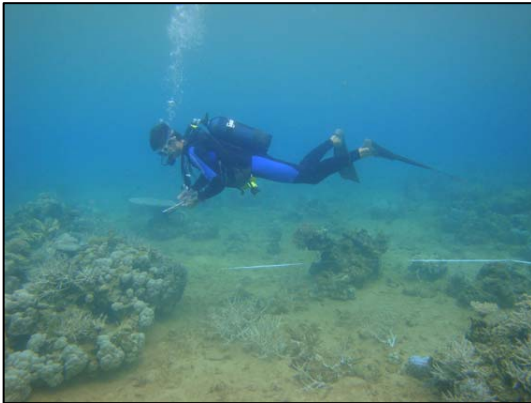
3 METHODOLOGIE

3.1 Entretien des sites de transplantation

L'entretien des sites consiste à nettoyer les sites des macro-débris, filets ou autres encombrants qui pourraient gêner la survie ou la croissance des coraux ; à enlever les étoiles de

mer épineuses *Acanthaster planci* ; à remplacer ou replacer les barres métalliques matérialisant les transects permanents ; à remplacer la corde matérialisant le périmètre des sites ; et à recoller ou replacer les transplants tombés au fond (s'ils sont encore vivants).

3.2 Mesure des taux de survie, mortalité et mortalité partielle des transplants



Les taux de survie, de mortalité et de mortalité partielle des transplants sont estimés par comptage visuel. L'observateur se déplace sur les sites de transplantation et pour chaque transplant rencontré, il note son état de santé, défini selon 3 catégories : vivant (aucune nécrose apparente), mortalité partielle (une partie de la colonie est morte, nécrosée ou cassée) ou mort (la colonie est entièrement morte) ; et la cause de la mortalité si elle est décelable.



Vivant



Mortalité partielle



Mort

Figure 2 : Illustrations de l'état de santé des colonies transplantées

3.3 Mesure de l'évolution de la couverture corallienne vivante



Le taux de recouvrement corallien est mesuré selon la méthode du *Line Intercept Transect* (English *et al.*, 1997) qui consiste à déployer un décimètre sur les fonds, en suivant le relief du récif. Chaque substrat rencontré le long du décimètre est reporté, au centimètre près. Dans le cadre de cette mission, et compte tenu des contraintes de temps et de surface à expertiser, seule la couverture corallienne a été recensée (et non la totalité des substrats rencontrés).

Cette méthode présente l'avantage d'être rapide et simple à réaliser et ne nécessite que peu d'équipement (un décimètre et une plaquette d'écriture sous-marine). Elle s'avère être fiable et efficace pour obtenir des données quantitatives sur le pourcentage de recouvrement en différents organismes/substrats. Bien que cette méthode puisse fournir des informations détaillées sur l'étendue spatiale des communautés et substrats, elle ne fournit pas d'information précise sur la dynamique des populations.

Elle n'est donc à priori pas appropriée pour aborder des questions démographiques, comme la croissance, le recrutement ou la mortalité (qui présentent une variabilité temporelle importante), en particulier sur des colonies de petite taille (Permetta, 1993).

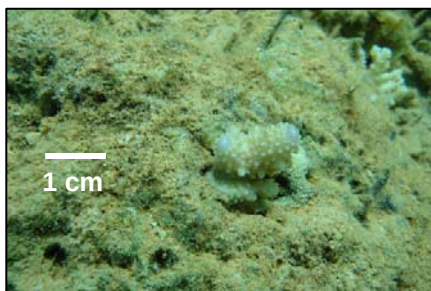
Il avait été envisagé de mesurer la croissance individuelle de certains transplants, marqués par des étiquettes plastiques clouées au substrat, pour affiner les mesures de recouvrement corallien. Cette méthode a été abandonnée compte tenu du fait qu'il a été impossible de retrouver certaines colonies marquées entre 2 périodes de suivi (certaines étiquettes sont tombées ou se sont cassées, ne permettant plus de lire le numéro attribué à chaque colonie) et que cette opération s'est avérée trop longue à réaliser dans le temps imparti pour chaque mission de suivi.

Enfin, il semblerait que la technique du *Line Intercept Transect*, suggérée dans les précédents rapports comme non représentative de la croissance observée, montre à présent des résultats probants, probablement lié au fait que la couverture corallienne vivante ait très fortement augmentée au cours des derniers recensements.

3.4 Mesure de la colonisation des sites transplantés

Des tableaux de synthèse des données (sur les macro-invertébrés et poissons cibles) sont fournis en annexe du rapport.

3.4.1 Recrutement corallien naturel



Le taux de recrutement corallien naturel est estimé par comptage des recrues coralliennes (corail dont le diamètre est inférieur à 3 cm) sur le substrat rocheux, le long des transects permanents à largeur fixe (largeur = 2m, 1m de chaque côté du décimètre), sur les sites de restauration uniquement.

3.4.2 Invertébrés benthiques mobiles



Les macro-invertébrés benthiques sont recensés le long des transects permanents à largeur fixe (largeur = 2m ; 1m de chaque côté du décimètre), sur les sites de restauration uniquement.

3.4.3 Populations de poissons



La première année post-transplantation, les populations de poissons ont été recensées le long des transects permanents à largeur fixe (largeur = 5m ; 2,5m de chaque côté du décimètre), selon la méthode *Visual Fish Census*¹. Une technique différente a ensuite été adoptée, basée sur la revue d'articles scientifiques existants et conseils d'experts en restauration récifale, pour répondre à des contraintes de temps et par souci d'efficacité lors des expertises sous-marines. Ceci implique que les données récoltées lors des suivis à T+1 et T+13 mois ne soient pas exploitables. Ce changement de

méthode présente toutefois l'avantage d'utiliser à présent une méthode dont les résultats seront plus représentatifs de l'effort de transplantation réalisé.

L'opération de restauration ayant consisté à réintroduire des colonies coralliennes vivantes majoritairement branchues, le présent protocole se base sur les liens existants entre la présence de ces formes coralliennes vivantes et certains poissons. Il repose sur une double hypothèse :

- 1) la présence de coraux vivants en quantité suffisante offre une ressource alimentaire pour des poissons corallivores (en particulier les corallivores stricts) qui se nourrissent de polypes vivants ;
- 2) la présence de coraux vivants branchus en quantité suffisante offre un habitat adéquat à certaines espèces de poissons sédentaires qui y sont inféodés.

Etant donné la contrainte de temps pour réaliser ces suivis, un choix délibéré est fait de concentrer les efforts d'échantillonnage sur peu d'espèces entretenant des liens étroits avec le résultat de l'opération de restauration, par rapport à l'option d'évaluer les caractéristiques de la population ichtyologique à des niveaux supérieurs, impliquant un plus grand nombre d'espèces de poissons. Les espèces des familles Chaetodontidae (poissons papillons) et Pomacentridae (poissons demoiselles) ont été sélectionnées pour les comptages, ainsi que le poisson lime corallivore strict *Oxymonacanthus longirostris*



Figure 3 : Exemples d'espèces de poissons recensées dans l'évaluation de la colonisation des sites restaurés en poissons

La méthode de comptage choisie est celle du « Point Fixe ». Elle consiste à compter les poissons sans se déplacer (en pivotant à 360° autour de son axe) dans un rayon fixe (de 3m, l'identification de petites espèces, tel que c'est le cas ici, étant difficile au delà de 3m) et pendant un temps limité (10mn) (Figure 4). A partir de son immersion, l'observateur reste tout d'abord 2mn immobile sans compter puis effectue les comptages pendant 8mn. Cette période d'immobilité permet aux poissons de s'« habituer » à la présence du plongeur et de limiter ainsi le biais lié à la présence humaine sur site. Il a été convenu de réaliser 2 réplicats (répétition du même comptage) par zone de restauration de 500m² et par zone témoin (Tableau 2).

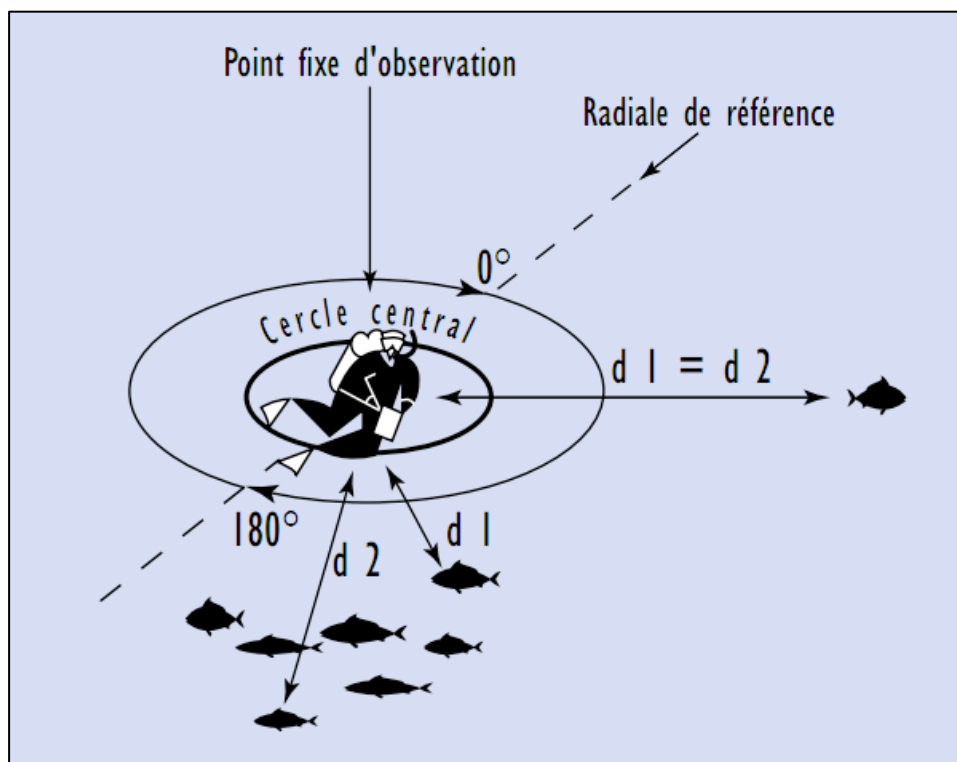


Figure 4 : Méthode du Point Fixe utilisée pour recenser la colonisation des sites en poissons
(Source : CPS)

Tableau 2 : Nombre de réplicats par site de restauration pour le comptage des poissons

Site	Surface	Nombre de réplicats
Montravel abrité	1000 m ²	4 comptages sur site de restauration 4 comptages sur site témoin
Montravel exposé	500 m ²	2 comptages sur site de restauration 2 comptages sur site témoin
Casy	500 m ²	2 comptages sur site de restauration 2 comptages sur site témoin

Les zones témoins sont adjacentes aux sites de restauration. Elle présente donc a priori les mêmes conditions environnementales (profondeur, hydrodynamique, et complexité récifale avant transplantation). Les réplicats (qu'ils soient dans les zones restaurées ou témoins) sont choisis de

manière aléatoire : l'observateur nage les yeux fermés et laisse tomber sur le fond un plomb relié à une bouée (ou bouteille plastique) qui définit le site de comptage. Les figures suivantes illustrent le positionnement de stations de comptage fictives au niveau des sites de restauration et des sites témoins (sachant que la localisation des stations de comptage est différente à chaque suivi, étant définie de manière aléatoire).



Figure 5 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 1



Figure 6 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 2



Figure 7 : Exemple de localisation des stations de comptage des poissons sur le site 3

3.4.4 Analyse des données

L'évolution temporelle des différents compartiments de l'environnement mesurés sur les sites (substrat, poissons, macro-invertébrés) a été évaluée statistiquement, afin d'apprécier les changements dans ces compartiments en tenant compte de la variabilité des données. Ces analyses nous permettent de faire la part entre des « tendances » observées et des variations significatives (validées statistiquement). Le logiciel Statistica a été utilisé pour mener à bien ces analyses.

Les variables testées ont été :

- Le taux de couverture corallienne vivante
- La densité totale moyenne en poissons cibles
- La densité totale moyenne en macro-invertébrés cibles

Ces analyses ont été réalisées par des Anova à un facteur dans le cas des données dont les variances étaient homogènes (test de Bartlett ; $p > 0,05$). Dans le cas contraire (test de Bartlett ; $p \leq 0,05$: variances non homogènes), un test non paramétrique a été appliqué aux données (test de Kruskal-Wallis). Les résultats de ces analyses nous permettent de déterminer si les variables susmentionnées ont évolué de manière significative au cours du temps. Si tel est le cas, un test a posteriori (test de Tukey après une Anova ; test de Steel Dwass après un test de Kruskal-Wallis) a été appliqué afin de déterminer l'origine de cette variation (i.e. en quelle année).

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Survie des transplants

Le Tableau 3 présente les résultats des comptages effectués lors du suivi à T+54 mois. L'effort d'échantillonnage est également indiqué dans le Tableau 3 : il représente le pourcentage de colonies coralliennes expertisées lors du suivi par rapport au nombre total de colonies transplantées initialement. Par exemple, sur le site 1, lors de ce suivi 804 individus ont été recensés et catégorisés sur les 832 individus transplantés initialement, soit un effort d'échantillonnage de 97%. L'effort d'échantillonnage donne une indication sur la représentativité des résultats présentés (plus l'effort est important, plus les résultats sont représentatifs de ce qui est réellement observé sur les sites de restauration). En effet, compte tenu de la méthode utilisée pour recenser les coraux transplantés (l'observateur nage au dessus des coraux et note l'état de santé des colonies transplantées qu'il rencontre), de la surface des sites de restauration et du nombre de coraux transplantés, il est rare que l'observateur puisse recenser tous les individus présents. L'effort d'échantillonnage n'est plus appliqué sur le site de Casy. En effet, depuis le suivi à T+36 mois, il est devenu impossible de discerner les colonies transplantées de celles présentes naturellement, les valeurs données sont donc représentatives de la couverture corallienne générale du site, individus transplantés et naturellement présents.

Tableau 3 : Taux de survie, mortalité partielle et mortalité sur les 3 sites de restauration à T+54 mois

Site	Vivant	Mortalité partielle	Mortalité	Effort d'échantillonnage
Site 1 - Montravel abrité	89,6%	5,3%	5,1%	97% (804/832)
Site 2 - Montravel exposé	89,6%	7,3%	3,1%	89% (547/615)
Site 3 - Casy	82,5%	12,7%	4,9%	NApp

Les Figures 8 à 10 illustrent l'évolution des taux de mortalité et de survie depuis la transplantation effectuée en Décembre 2005/Janvier 2006, sur les 3 sites de restauration.

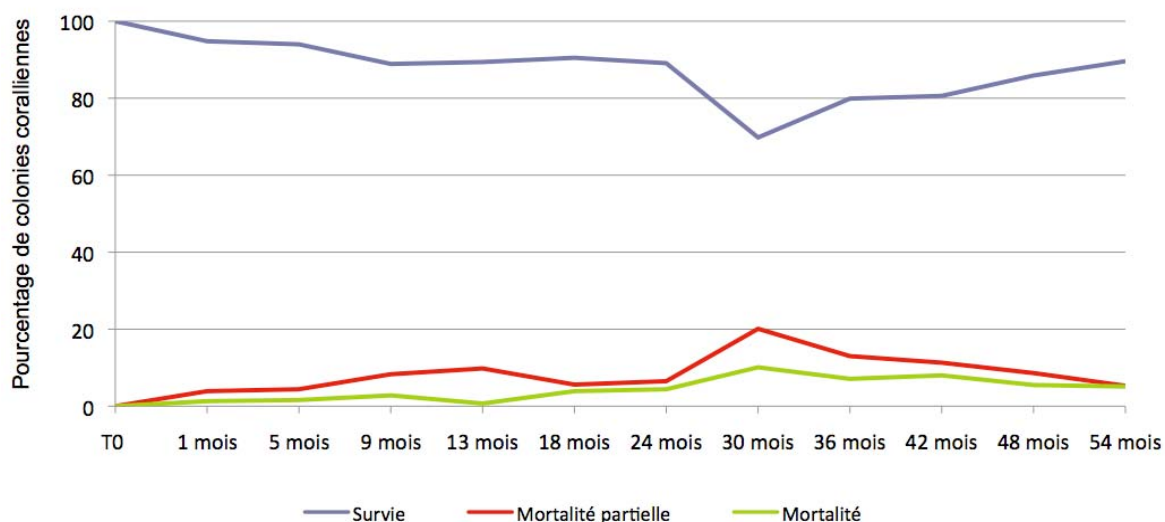


Figure 8 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis – Site 1 (Montravel abrité)

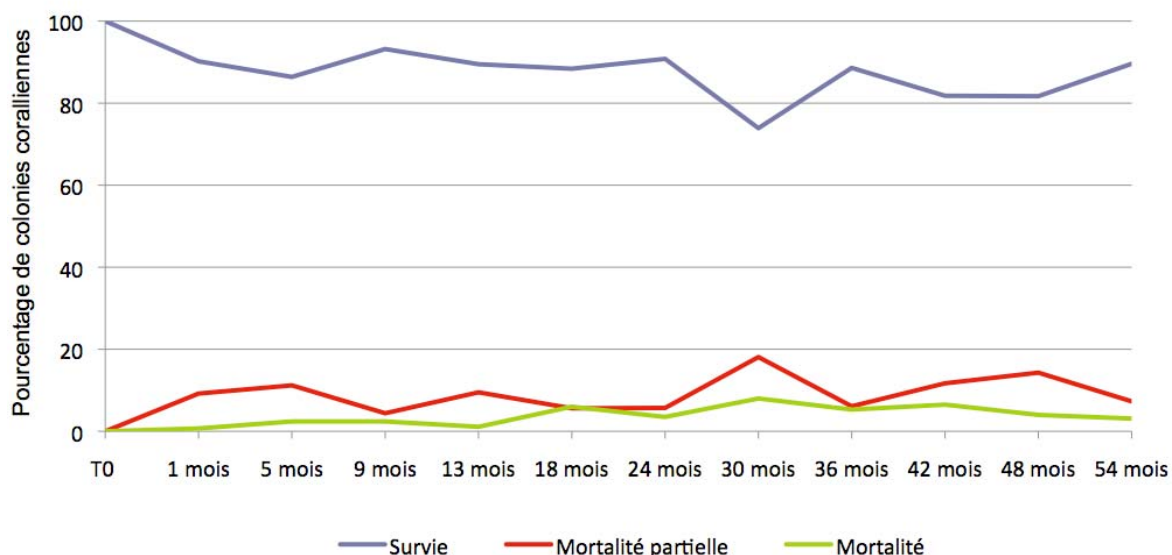


Figure 9 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis - Site 2 (Montravel exposé)

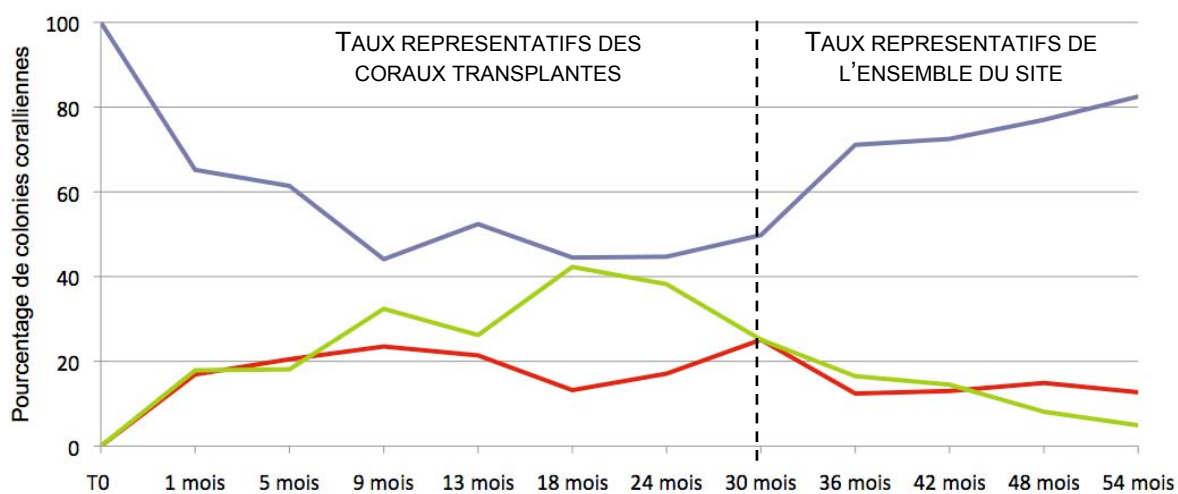


Figure 10 : Evolution des taux de survie et de mortalité au cours des suivis - site 3 (Casy)

Le taux de survie des transplants coralliens est généralement considéré comme un paramètre permettant de mesurer la réussite d'une opération de transplantation. Le tableau suivant présente quelques exemples de taux de survie de transplants coralliens obtenus sur différents projets de transplantation corallienne de part le monde.

Tableau 4 : Taux de survie des transplants coralliens sur des projets de transplantation corallienne

Contexte du projet	Transplants	Localisation	Taux de survie (durée du suivi)	Référence
Expérimentation	Massifs coralliens Assemblage mixte	Mer Rouge	65% (12 mois)	Bouchon <i>et al.</i> (1981)
Restauration d'un site dégradé par la pêche à la dynamite	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Philippines	61% (12 mois)	Auberson (1982)
Expérimentation	Fragments Assemblage mixte	Philippines	40% (12 mois)	Alcala <i>et al.</i> (1982)
Expérimentation	Colonies adultes entières et fragments Assemblage mixte	GBR Australie	57-96% (5 mois)	Harriott & Fisk (1988)
Mesure compensatoire relative à la construction d'un port	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Cozumel (Mexique)	96% (1 mois)	Munoz-Chagin (1997)
Restauration d'un site dégradé par l'extraction de corail	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Maldives	75% (12 mois) 51% (28 mois)	Edwards & Clark (1998)
Expérimentation	Colonies adultes entières Coraux massifs	Porto Rico	7% (12 mois)	Ortiz-Prosper <i>et al.</i> (2001)
Restauration d'un récif frangeant impacté par un cyclone	Colonies adultes entières Assemblage mixte	La Réunion	50% (12 mois)	Chabanet & Naim (2001)
Expérimentation	Acropores	Floride	8,2% (27 mois)	Thornton <i>et al.</i> (2002)
Restauration d'une zone dégradée par l'extraction de corail et création d'un jardin corallien	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Bora Bora	95% (12 mois)	Salvat <i>et al.</i> (2002)
Mesure compensatoire relative à la construction d'un port	Colonies adultes entières Assemblage mixte	Mayotte	80% (12 mois)	Morancy <i>et al.</i> (2005)
Transplantation corallienne sur des structures métalliques (projet touristique)	Fragments et colonies adultes entières Acropores	Maldives	90% (12 mois)	Etude de cas n°3 Edwards (2010)
Transplantation de coraux cultivés en nurserie	Fragments et colonies adultes entières Assemblage mixte	Israel	95% (4 mois) 62% (24 mois)	Etude de cas n°5 Edwards (2010)
Restauration d'un site dégradé par l'échouage d'un navire	Larges fragments <i>Acropora palmata</i>	Porto Rico	57% (24 mois) 6% (10 ans)	Etude de cas n°6 Edwards (2010)
Transplantation corallienne sur une zone Tabou	Colonies adultes entières et fragments Assemblage mixte	Fidji	80% (1 mois) 5% (9 mois)	Etude de cas n°8 Edwards (2010)

En ce qui concerne la présente étude, le taux de survie global (prenant en compte le nombre de transplants ajoutés sur chacun des sites) a varié entre 88 et 68% entre le suivi initial (1 mois après transplantation) et le suivi à T+30mois¹ (Figure 11). Le taux de survie a été plus élevé sur les sites situés sur la presqu'île de Montravel (sites 1 et 2) que sur le site de Casy. En effet, au cours des 30 premiers mois de suivi, les sites 1 et 2 ont présenté des taux de survie compris entre 70 et 95% tandis que le taux de survie des transplants sur le site de Casy (site 3) a été beaucoup plus fluctuant et plus faible, compris entre 44 et 65% (voir Figures 8 à 10).

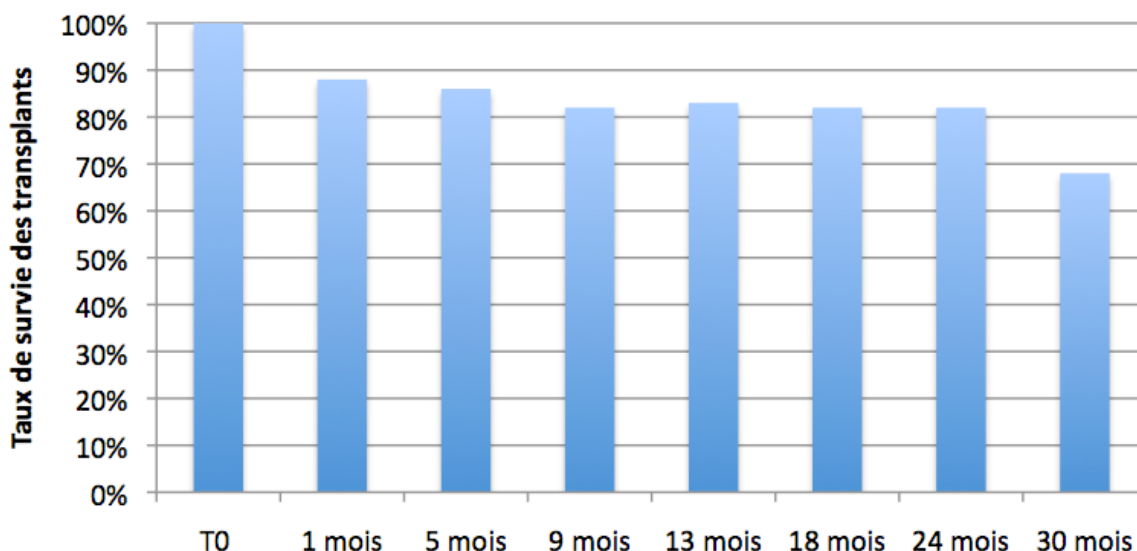


Figure 11 : Taux de survie global sur l'ensemble des 3 sites au cours des 30 premiers mois de suivi

Si on ne considère que les taux de survie des sites de la presqu'île de Montravel (qui ont abrité plus de 80% des coraux transplantés initialement), le taux de survie global après 54 mois de suivi est de 90%.

Compte tenu de ces résultats et en les comparant à des projets passés (Tableau 4), on peut considérer que l'opération de transplantation corallienne entreprise en baie de Prony est un succès, et particulièrement sur les sites de Montravel abrité et exposé.

Le taux de mortalité naturel des coraux peut être très variable, selon les espèces, la taille des colonies (il est généralement plus élevé sur des colonies de petite taille, plus vulnérables aux perturbations) et l'habitat considéré (en rapport avec le degré de perturbation qu'il subit et en particulier l'hydrodynamisme). Dans le cas de colonies adultes et de milieux ne subissant que peu de perturbations (comme c'est le cas du projet actuel), des taux de mortalité naturel de 2 à 30% ont été recensés dans la littérature scientifique (Bak & Luckhurst, 1980 ; Harriott, 1985). Des études ont montré que le taux de mortalité des transplants coralliens est généralement plus élevé que celui des coraux présents naturellement sur un récif, même en respectant des précautions maximales au cours de la manipulation des transplants (Plucer-Rosario & Randall, 1987 ; Yap et al., 1992 ; Edwards & Clark, 1998). Une mortalité supérieure de 5% par an a été mesurée sur des transplants coralliens par rapport à leurs homologues naturellement présents sur des sites de contrôle adjacents en Mer Rouge (étude de cas n°5 dans Edwards, 2010).

En ce qui concerne la présente étude, le taux de mortalité des transplants coralliens a été faible sur les sites de la presqu'île de Montravel, oscillant entre 1 et 10% selon les suivis ; et relativement élevé sur Casy : entre 5 et 42%. Un taux de mortalité particulièrement élevé avait été constaté sur le site de Casy au cours des premiers suivis après transplantation (attribué à la présence de prédateurs coralliens et à la non adaptation de certains coraux dans leur nouvel

¹ Période pendant laquelle le taux de survie des transplants sur le site de Casy (site 3) est bien représentatif de l'effort de transplantation et non de la totalité des coraux présents (naturellement et transplantés).

environnement). La mortalité a globalement continué d'augmenter mais de manière moins marquée. Ce phénomène de mortalité initiale importante suivant une opération de transplantation a été observé sur d'autres projets comme à Guam (Plucer-Rosario & Randall, 1987) ou à Mayotte (Morancy *et al.*, 2005). Aux Maldives, Clark & Edwards (1995) ont également mesuré une chute importante du taux de survie des transplants dans les 7 premiers mois suivant la transplantation (de 100% à 70% entre 0 et 7 mois) puis une stabilisation de ce phénomène (de 70% à 60% de survie entre 7 et 28 mois de suivi).

Bien qu'elles n'aient pas toujours pu être décelées à posteriori, les causes de mortalité (partielle ou totale) des transplants ont été attribuées à (voir Figure 12) :

- (1) La prédation naturelle, par l'action des organismes brouteurs : poissons-perroquets en particulier ou invertébrés corallivores (*Acanthaster planci*, *Drupella cornus*, *Culcita novaeguineae*).
- (2) Le stress lié à la transplantation : quelques colonies blanchies ou pâles avaient été observées au suivi à T+1 mois sur les 3 sites de transplantation. De plus, certaines colonies présentaient des nécroses au niveau du tissu en contact avec le ciment ou avec le substrat sur lequel elles ont été fixées.
- (3) La non acclimatation des transplants à leur nouvel environnement : cela a principalement concerné les colonies branchues posées à même le fond sableux sur le site de Casy. Ces colonies ont été prélevées dans des eaux relativement troubles et à une profondeur de -4 à -7m, puis transplantés sur un site présentant des eaux claires et une profondeur moyenne de -3m. Le tissu corallien a rapidement blanchi au cours des premières semaines après transplantation, indiquant une non-adaptation possible de ces colonies à leur nouvel environnement.
- (4) La compétition avec d'autres organismes encroûtants tels que des éponges (des clones en particulier sur le site 2) ou des algues.
- (5) La colonisation des branches d'Acropores par des poissons-demoiselles du genre *Stegastes* qui, arrachant le corail vivant à la base des branches, favorisent la pousse de gazon algal dont elles se nourrissent (d'où leur appellation de « farmer fish » car entretenant leur jardin algal au sein des branches de corail).
- (6) Les conditions environnementales : hydrodynamisme, accroissement de la sédimentation ou dessalure lors de forts épisodes pluvieux. Un fort taux de sédimentation avait été noté sur les fonds des sites 1 et 2 au suivi à T+30 mois, possiblement lié aux fortes pluies qui s'étaient abattues sur la Nouvelle-Calédonie entre février et avril 2008 (+135% par rapport à la moyenne climatique sur la zone de Yaté). Les fortes pluies entraînent une augmentation de la charge en particules dans le lagon via les cours d'eau mais également une dessalure des masses d'eaux superficielles.
- (7) La fréquentation humaine des sites, qui n'est pas à exclure bien qu'elle soit à priori très limitée : des macro-débris (bouteille plastique, canette de bière) ont été recensés sur le site 1 en particulier, à plusieurs reprises. Il est possible que certaines branches de corail aient été cassées sous l'impact d'une ancre, d'une chaîne, ou de coups de palmes des chasseurs sous-marins.
- (8) L'étouffement ou l'abrasion par les particules sableuses de la base des colonies déposées à même le fond.
- (9) L'infection par des maladies coralliennes : une maladie corallienne a été observée à la base d'une colonie branchue d'*Acropora formosa*, il s'agissait de la maladie de la bande de squelette érodée (Skeletal Eroded Band).

- (10) Des causes non identifiées : corail totalement ou partiellement mort et recouvert d'algues dont il est impossible à posteriori de déceler la cause de mortalité ou de nécrose.

Le taux de mortalité partielle (ou de nécrose) a également été suivi au cours du temps. Ce taux a oscillé entre 4 et 20% sur les sites de la presqu'île de Montravel et entre 12 et 25% sur le site de Casy. Sur les sites de la presqu'île de Montravel, la grande majorité des nécroses ont été observées sur des colonies d'Acropores branchues qui avaient été déposées à même le fond sans attachement, et dont les branches en contact avec le fond sableux ont été étouffées ou abrasées. Sur le site de Casy la cause principale de mortalité partielle a été la prédation par des invertébrés corallivores au cours des 2 premières années de suivi de la transplantation : étoiles de mer coussins (*Culcita novaguinea*) et étoiles de mer épineuses (*Acanthaster planci*).

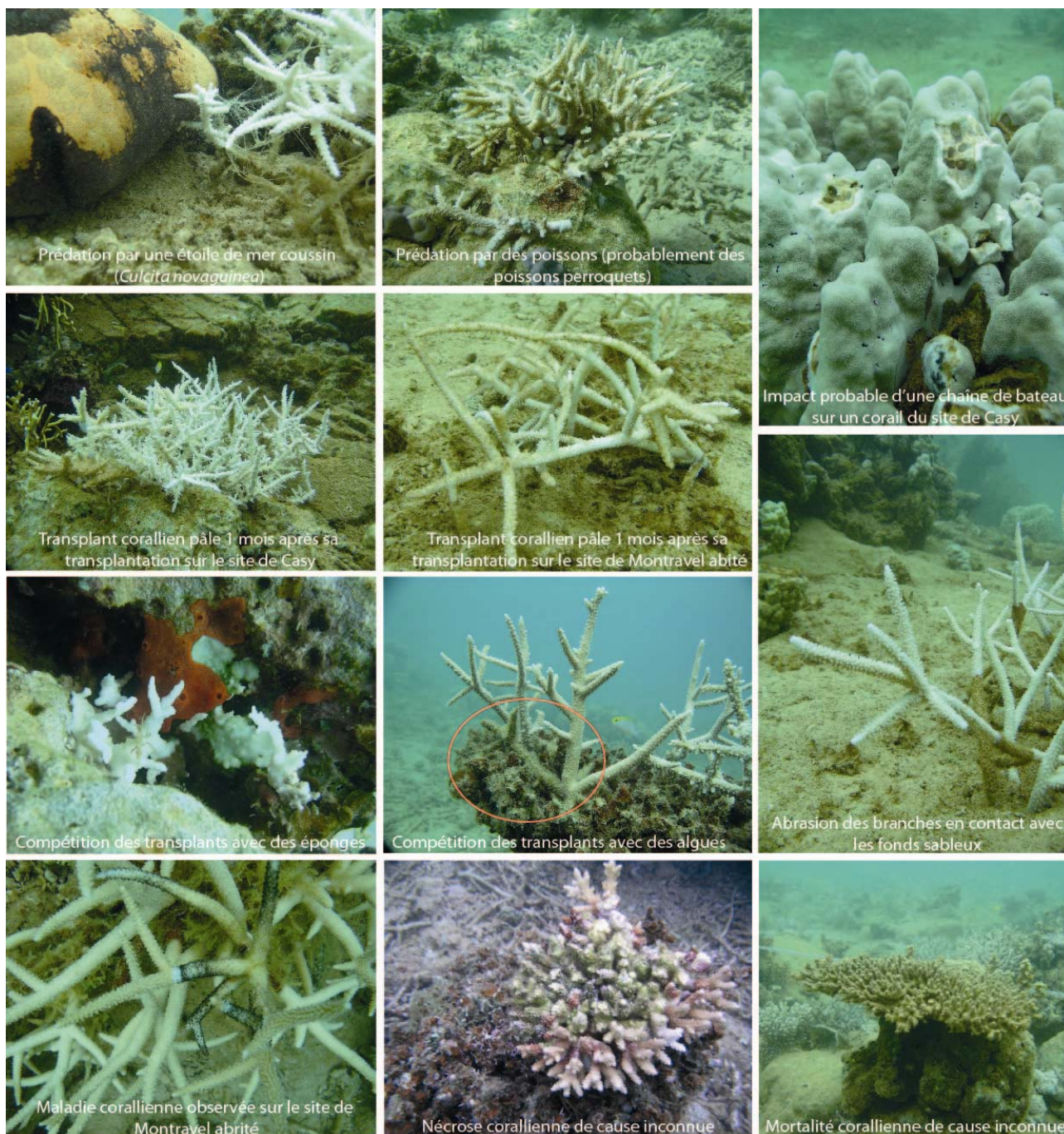


Figure 12 : Illustrations des causes principales de mortalité et de nécrose sur les 3 sites de transplantation

4.2 Evolution du recouvrement corallien vivant

4.2.1 Attachement des transplants au substrat naturel

L'attachement des transplants au substrat naturel est un critère intéressant à suivre dans les projets de transplantation. En effet, ce paramètre permet à la fois d'attester de la croissance des transplants coralliens dans leur nouvel environnement, cela traduit donc une adaptation des transplants au sein de ce dernier. L'attachement des individus transplantés au substrat naturel laisse également présager une survie pérenne des transplants dans leur nouvel environnement, puisqu'une fois fermement attachés à la roche sous-jacente par du tissu corallien, ces individus auront davantage de chance de survivre aux destructions mécaniques (vagues, houles, hors conditions météorologiques extrêmes). Ce point a été souligné par Edwards et Clark (1998) dans leur revue sur la transplantation corallienne. De nombreuses études ont montré de forts taux de perte des transplants dus à l'action des vagues dans les premiers mois après transplantation : 25% de l'échantillon après 7 mois aux Maldives (Clark & Edwards, 1995), 60% au cours de la première année aux Philippines sur un site peu profond soumis à l'action des vagues (Alcala *et al.*, 1982), pertes importantes sur un site exposé à Guam (Plucer-Rosario & Randall, 1987) et aux Philippines (Auberson, 1982). En revanche, une fois les transplants fixés au substrat par accrétion naturelle, seulement 5% de pertes ont été enregistrées par Clark & Edwards (1995) sur une période de 2 ans.

Dans le cadre de la présente étude, nous avons observé au cours du suivi à T+13 mois que la quasi-totalité des transplants présentaient des signes de croissance au niveau de la base des colonies, en contact avec le substrat naturel (sous la forme de « coulées » de tissu non différencié en polype, voir Figure 13). Au suivi suivant (T+18 mois), une grande majorité des transplants étaient fermement attachés au substrat naturel (les tissus coralliens s'étaient différenciés en polypes au niveau de la base des colonies) et il ne subsistait plus aucune trace de ciment à la base des colonies transplantées. Deux ans après leur transplantation (suivi à T+24 mois), tous les transplants étaient fermement attachés au substrat naturel. Même pour un œil averti, il devenait dès lors de plus en plus difficile de discerner les colonies transplantées des colonies naturelles.

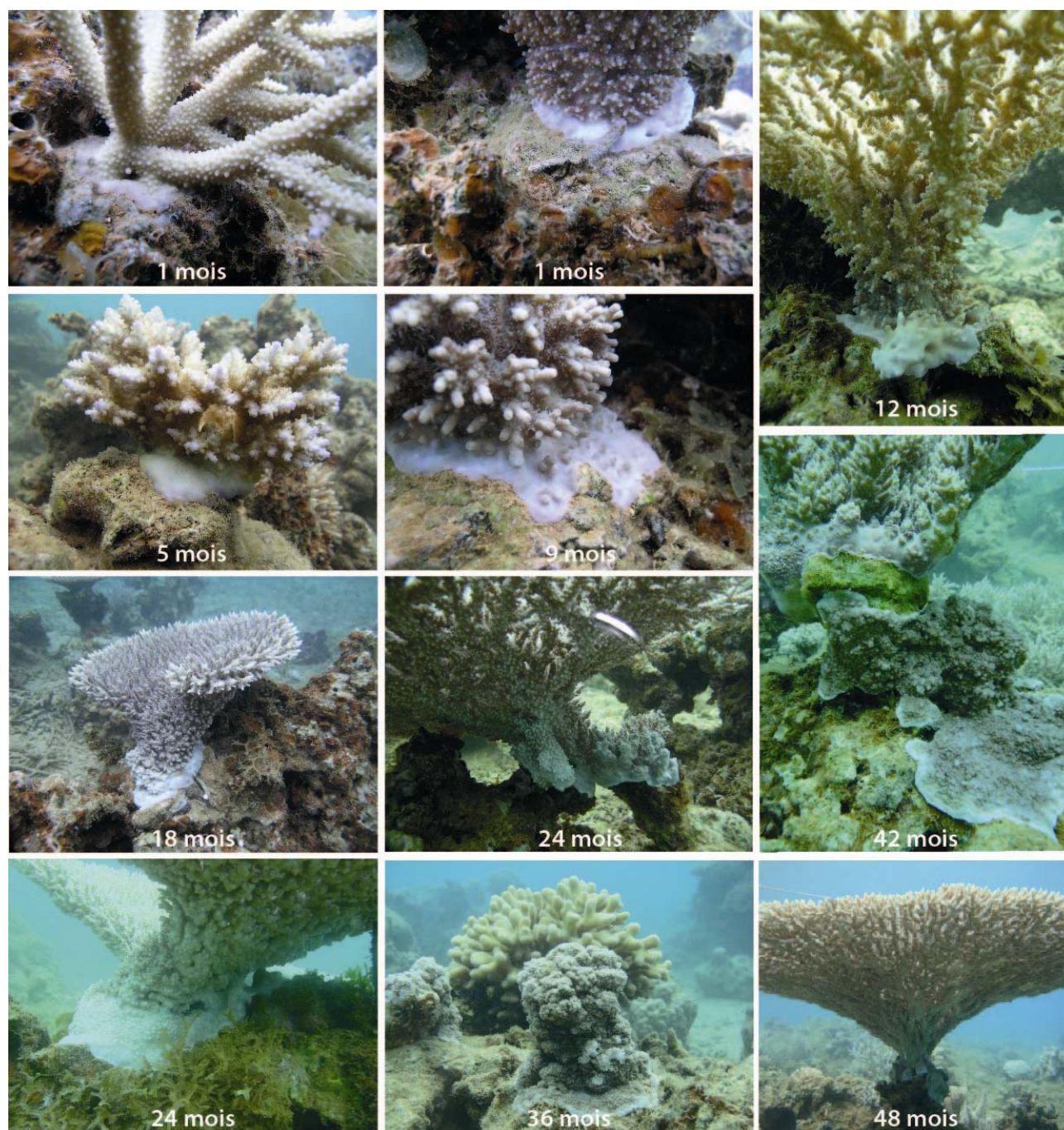


Figure 13 : Etapes dans l'attachement basal des transplants coralliens

4.2.2 Couverture corallienne vivante

Le taux de recouvrement moyen en corail vivant en fonction du temps peut être modélisé en première approche par une équation de type : $R(t) = aT + R_0$; avec $R(t)$ = taux de couverture corallienne totale moyenne au temps t ; R_0 taux de recouvrement initial ; et a = taux d'accroissement mensuel de la couverture corallienne. Les données considérées dans cette analyse sont le pourcentage de corail vivant total (somme transplanté et naturel) au cours du temps, à partir du suivi à T+1mois (la mesure à T0 ne présentant que la couverture en corail naturel car faite avant les opérations de transplantation, elle n'est donc pas à prendre en compte pour appréhender l'évolution du recouvrement total). En revanche, pour le Site 1, afin d'optimiser la représentativité de la régression, la droite est ajustée à partir du 13ème mois. Il semble en effet que le recouvrement à T+1mois ait été surestimé.

L'ajustement de cette équation aux données des différents sites permet d'estimer le taux moyen d'accroissement de la couverture corallienne :

- Site 1 (Montravel abrité) : $R(t) = 0,0025 t + 0,106$ ($R^2=0,75$)
- Site 2 (Montravel exposé) : $R(t) = 0,0026 t + 0,13$ ($R^2=0,79$)

Site 3 (Casy) : $R(t) = 0,0006t + 0,17$ ($R^2=0,19$) L'ajustement de régressions linéaires (lignes rouges sur les Figures 14 à 10) est de bonne qualité (coefficients de détermination élevés, respectivement de 0,75 et 0,79 pour les sites 1 et 2, supérieurs à ceux calculés lors du dernier suivi) et permet de modéliser le phénomène étudié. L'évolution moyenne du taux de recouvrement corallien est ainsi d'environ 3% par an sur les sites de la presqu'île de Montravel (sites 1 et 2). Sur le site de Casy, les résultats ont été très fluctuants au cours du temps. Bien que l'ajustement de la courbe de tendance aux données soit moins bon ($R^2=0,19$), on peut noter une hausse générale de la couverture corallienne au cours du temps, bien qu'elle soit très faible (le taux de croissance corallien est inférieur à 1% par an).

Le suivi d'un projet de transplantation aux Maldives dans le cadre de la restauration d'un récif dégradé par l'utilisation de techniques de pêche destructrice (pêche à la dynamite) (Clark & Edwards, 1995) a mis en évidence un accroissement du taux de recouvrement corallien vivant d'environ 5% sur 21 mois, soit environ 3% par an, résultat tout à fait conforme au nôtre.

D'autres comparaisons peuvent être faites sur la Nouvelle-Calédonie, au niveau des stations suivies dans le cadre du RORC (Réseau d'Observation des Récifs de Calédonie), en particulier concernant les stations situées en baie de Prony : Bonne Anse et Casy. La station Bonne Anse est relativement comparable aux sites de la presqu'île de Montravel, bien que soumise à une influence océanique plus importante ; la station RORC Casy est relativement comparable au site de transplantation de Casy bien que présentant également des eaux plus brassées car située sur la façade exposée de l'îlot Casy. La Figure 14 présente la localisation de ces différentes stations. L'analyse des données du RORC permet de mettre en évidence un taux annuel de croissance du corail vivant de 7% sur la station Bonne Anse et de 2% sur la station Casy, entre 2005 et 2009. Ces résultats sont tout à fait comparables à ceux obtenus sur la présente étude. Ils corroborent 2 faits importants : (1) l'accroissement du taux de recouvrement corallien vivant est plus faible sur Casy que sur les sites sous influence océanique et (2) le taux de croissance des transplants coralliens est généralement moindre que celui des coraux présents naturellement sur un récif, en particulier au cours des premiers mois à année suivant la transplantation (dans Edwards & Clark, 1998).

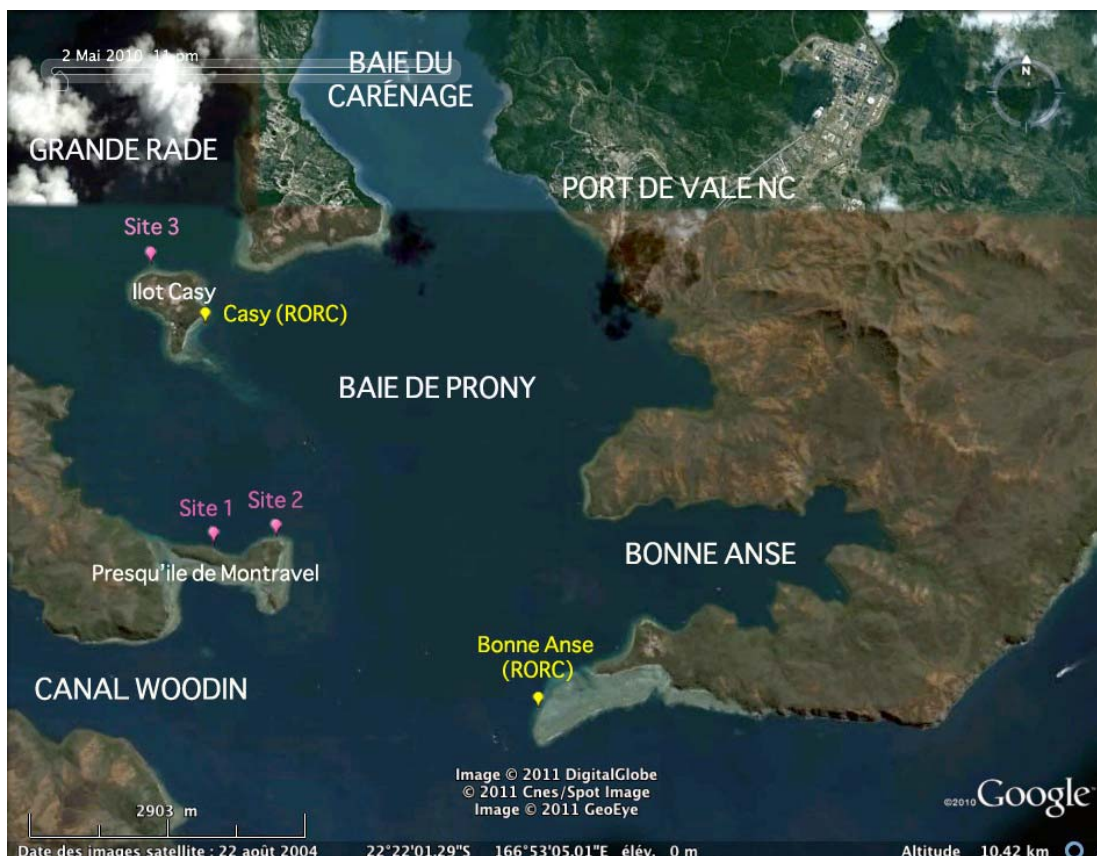


Figure 14 : Localisation des stations de suivi RORC sur la baie de Prony et des sites de transplantation

Les taux de recouvrement en corail vivant moyen sur les 3 sites de transplantation sont présentés dans le Tableau 5. Les Figures 15 à 17 illustrent graphiquement l'évolution de cette couverture au cours du temps ainsi que la droite de régression qui a été appliquée.

Tableau 5. Taux de recouvrement en corail vivant sur les 3 sites de transplantation

Suivi	Site 1	Site 2	Site 3
T0	4,0%	5,0%	11,0%
1 mois	14,4%	13,0%	17,0%
13 mois	10,6%	14,0%	12,1%
18 mois	11,6%	14,5%	20,6%
24 mois	14,1%	16,8%	12,7%
30 mois	14,7%	15,5%	20,2%
36 mois	18,4%	22,0%	16,1%
42 mois	19,3%	23,7%	21,8%
48 mois	26,0%	26,6%	19,0%
54 mois	27,9%	31,7%	22,9%

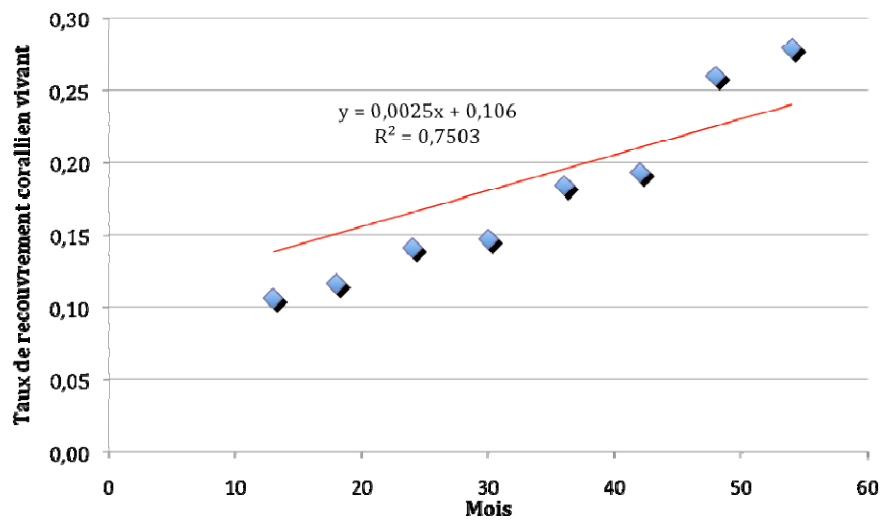


Figure 15 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 1 (Montravel abrité)

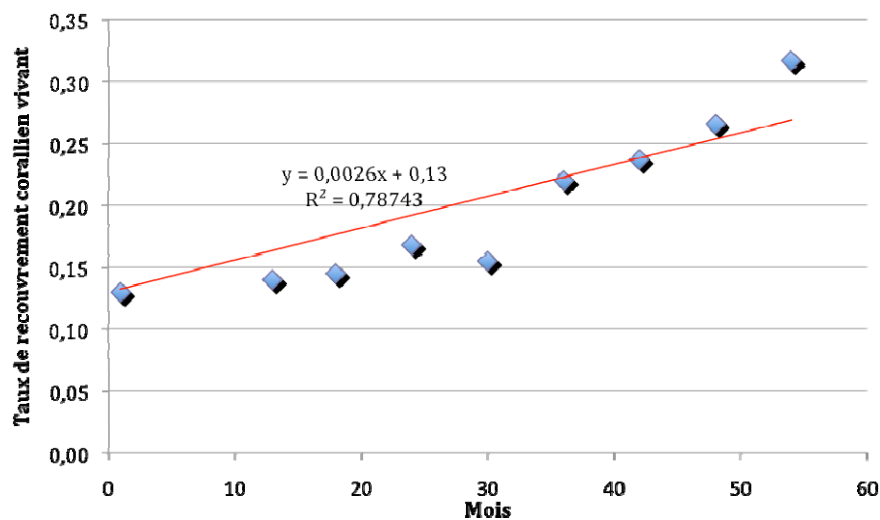


Figure 16 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 2 (Montravel exposé)

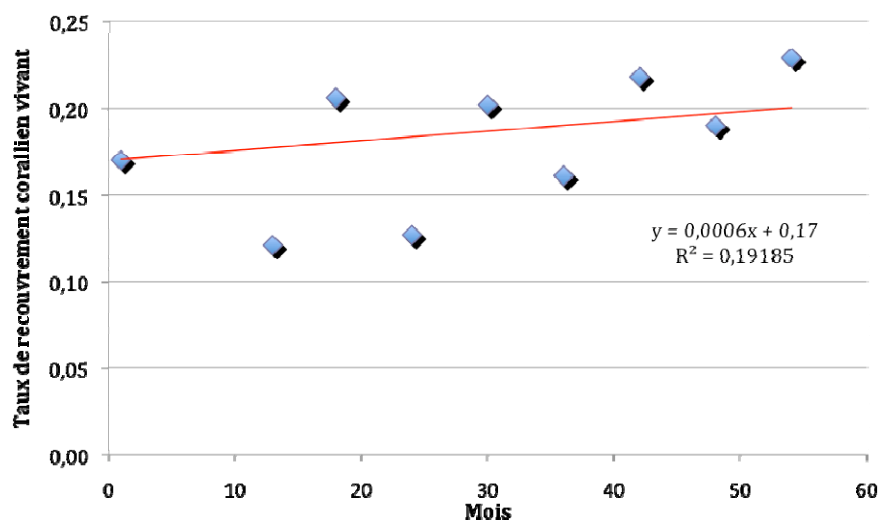


Figure 17 : Evolution du taux de recouvrement corallien vivant sur le site 3 (Casy)

Le Tableau 6 et les Figures 18 à 20 présentent l'évolution des taux de recouvrement en corail transplanté et naturel sur les 3 sites de transplantation. Ainsi on peut constater que, 4 ans et demi après transplantation, l'augmentation de la couverture corallienne sur les sites de Montravel (sites 1 et 2) est à la fois du fait de la croissance des coraux transplantés et de l'accroissement de la couverture naturelle du site (croissance des colonies présentes depuis le démarrage des opérations de suivi et installation de nouveaux individus). Le recensement de nombreuses recrues coralliennes sur les substrats nus des sites de Montravel depuis plusieurs années attestaient de la régénération naturelle des sites. Ces recrues sont maintenant devenues des colonies adultes qui participent à l'accroissement général du taux de recouvrement corallien vivant.

Sur le site de Casy, l'accroissement de la couverture corallienne est particulièrement attribué à la croissance des coraux naturellement présents sur le site. En effet, le nombre de coraux transplantés initialement était moindre que sur les sites 1 et 2 (voir § 1.2) et beaucoup de ces transplants sont morts dans les premiers mois suivant leur transplantation.

Tableau 6 : Evolution des taux de recouvrement en corail naturel et transplanté

		Taux de recouvrement en corail naturel	Taux de recouvrement en corail transplanté	Taux de recouvrement corallien total
Site 1	1 mois	0,044	0,1	0,144
	24 mois	0,053	0,1	0,153
	36 mois	0,07	0,114	0,184
	42 mois	0,071	0,122	0,193
	48 mois	0,098	0,162	0,26
	54 mois	0,058	0,221	0,279
Site 2	1 mois	0,042	0,088	0,13
	24 mois	0,054	0,114	0,168
	36 mois	0,081	0,139	0,22
	42 mois	0,092	0,145	0,237
	48 mois	0,096	0,17	0,266
	54 mois	0,103	0,214	0,317
Site 3	1 mois	0,11	0,06	0,17
	24 mois	0,103	0,024	0,127
	36 mois	0,133	0,028	0,161
	42 mois	0,168	0,05	0,218
	48 mois	0,149	0,041	0,19
	54 mois	-	-	0,229

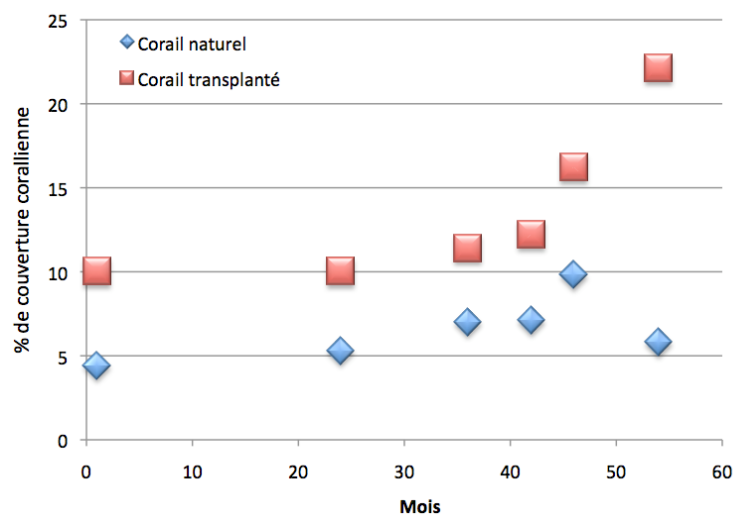


Figure 18 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 1 (Montravel abrité)

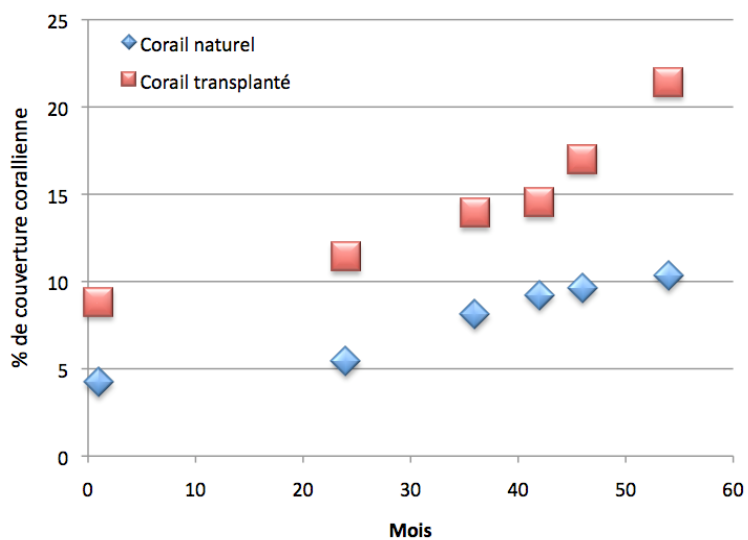


Figure 19 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 2 (Montravel exposé)

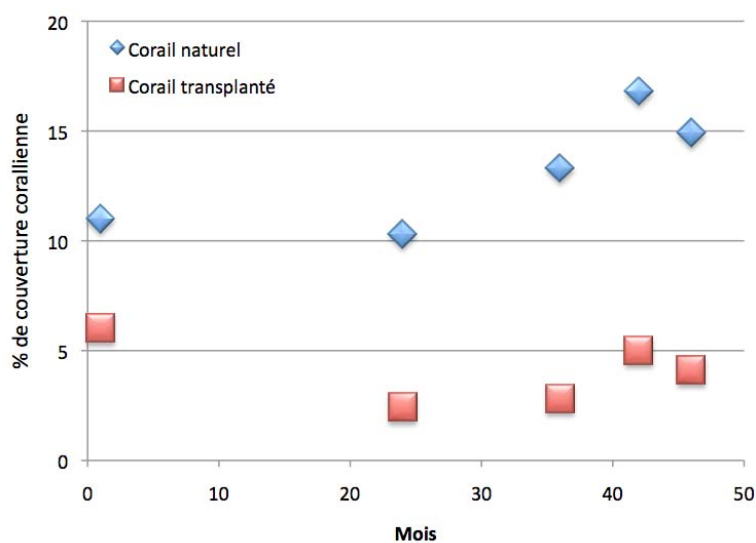


Figure 20 : Evolution du taux de recouvrement en corail naturel et transplanté sur le site 3 (Casy)

4.2.3 Recrutement corallien naturel sur les sites transplantés

La transplantation de colonies adultes peut participer à l'augmentation du recrutement corallien local et ainsi accélérer la régénération naturelle des sites dégradés (Harriott & Fisk, 1988 ; Richmond & Hunter, 1990). Cependant, il faut rappeler qu'une fois produites et émises dans la colonne d'eau, les larves coralliennes peuvent se déplacer librement à l'état planctonique pendant plusieurs jours au grès des courants, avant de trouver un substrat favorable à leur fixation. Ainsi, la colonisation corallienne des sites de transplantation par de nouvelles recrues n'implique pas nécessairement que ces recrues aient été produites localement. Seules des analyses génétiques permettraient de déterminer l'origine de ces nouvelles recrues. Par ailleurs, la présence de colonies adultes sur un récif peut divertir la prédation des recrues (par les poissons ou d'autres invertébrés corallivores), et augmenterait par conséquent leur chance de survie.

La mesure précise du taux de recrutement corallien sur un récif implique généralement la mise en place de substrats artificiels (souvent, il s'agit de plaques de céramique ou de terre cuite), durant une période donnée (2 à 12 mois, selon les objectifs de l'étude). Il s'agit ensuite d'examiner les plaques au microscope, afin de rechercher la présence de recrues, de les identifier (généralement au niveau des familles) et d'en déduire une densité qui s'exprime généralement par mètre carré. Il est également possible d'estimer le recrutement corallien par le recensement des colonies juvéniles (jeunes coraux visibles à l'œil nu, non matures sexuellement, et dont le diamètre est inférieur à 5 cm environ). Dans le cadre de ce projet, nous n'avons pas suivi les recrues coralliennes (car au-delà du cadre des objectifs fixés), mais nous avons profité de l'opportunité d'être sur les sites pour compter le nombre de colonies juvéniles (que nous avons définies comme ayant un diamètre inférieur à 3 cm), présentes sur les surfaces définies par les transects à largeur fixe utilisés pour les recensements des macro-invertébrés. Nos données ne sont donc pas comparables à celles d'études portant sur les recrues coralliennes dans la littérature (notamment une large étude menée sur les Caraïbes, le Pacifique Ouest et le Pacifique Sud par Kojis & Quinn en 2001), mais sont comparables avec d'autres études sur les juvéniles, notamment en Nouvelle-Calédonie (Adjerooud *et al.*, 2010). Les résultats de cette étude, menée sur le lagon Sud-Ouest de la Grande Terre, nous permettent une comparaison chiffrée sur l'abondance des colonies juvéniles au niveau des récifs frangeants des alentours de Nouméa (baie de Sainte Marie, Grande Rade et baie Maa), qui a été estimée entre 150 et 750 colonies juvéniles par 100 m² de récif selon les stations. Par ailleurs, de grandes variations spatiales dans l'abondance en coraux juvéniles ont été notées.

L'observation et la mesure du taux de recrutement corallien selon la méthode que nous avons décidé d'utiliser ne donne qu'une indication sur la colonisation corallienne naturelle des sites, potentiellement imputable à la transplantation.

Les 3 sites de transplantation présentent des abondances en coraux juvéniles faibles (voir Tableau 7). Au niveau du site 1, l'abondance en coraux juvéniles est restée relativement stable au cours des 54 mois de suivi, tandis que sur le site 2 elle est en constante augmentation sur les 3 dernières années de suivi. Comme indiqué dans le précédent paragraphe, la présence de juvéniles traduit la régénération naturelle du site, et explique en partie l'augmentation du taux de recouvrement en corail naturel au cours des différents suivis.

Tableau 7 : Nombre de recrues coralliennes sur les sites de transplantation (nombre moyen d'individus / 100 m²)

Suivi	Site 1	Site 2	Site 3
1 mois	58,4	20,1	15,4
13 mois	55,8	19,4	5,9
36 mois	52,6	41,2	9,6
48 mois	48,6	49,2	5,8



Recrue corallienne recensée au cours du suivi à T+48mois.

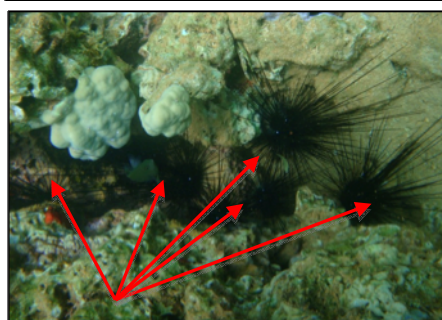


Colonies coralliennes *Acropora* provenant du recrutement naturel sur les sites restaurés.

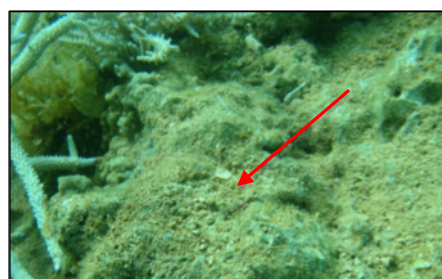
Sur le site 3, l'abondance en coraux juvéniles est nettement plus faible que sur les sites de Montravel (voir Tableau 7). Plusieurs hypothèses avaient été émises pour expliquer ce phénomène :



- (1) Les substrats favorables à la fixation de larves coralliennes (roches propres) sont déjà colonisés par des coraux adultes, éponges ou algues, laissant peu de place pour l'installation de nouveaux individus.



- (2) L'abondance en organismes brouteurs (échinodermes) et en prédateurs de coraux (*Culcita novaeguineae*, *Acanthaster planci*) pourrait avoir causé une mortalité importante des larves coralliennes. Bien que cela n'ait pu être directement observé lors des missions de suivi, cette hypothèse ne peut être écartée.



- (3) A cela il faut ajouter une sédimentation parfois importante sur le site (le site étant situé sur la façade abritée de l'îlot Casy, soumise aux apports terrigènes de la baie de la Somme en période de forte crue). La présence de particules terrigènes sur les substrats n'est pas favorable à la fixation de larves coralliennes.

- (4) Connectivité : le site 3 pourrait recevoir moins de larves coralliennes que les 2 autres sites, lié à l'hydrodynamisme, au mouvement des masses d'eau, aux apports d'eau douce ou d'éléments terrigènes plus importants sur la côte abritée de l'îlot Casy, ou à une combinaison de facteurs environnementaux.

4.3 Colonisation des sites par les macro-invertébrés benthiques

Les macro-invertébrés benthiques forment une partie importante de l'écosystème récifal et participent au maintien des équilibres biologiques au sein de ce dernier. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telles la pollution ou la modification de l'habitat. Les macro-invertébrés sont souvent utilisés pour évaluer l'état de santé de l'écosystème récifal.

4.3.1 Richesse taxonomique

La richesse taxonomique est entendue ci-après comme richesse spécifique sachant qu'elle intègre parfois des données à l'échelle du genre.

Au niveau des sites 1 et 2, les valeurs de richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques (définie comme le nombre de taxons de macro-invertébrés) ont été relativement constantes, similaires sur les 2 sites considérés et faibles au cours des 3 premières années de suivi, comprise entre 2 et 4 espèces différentes par transect. Une légère baisse a toutefois été notée sur les 2 sites au suivi à T+13 mois. Lors du dernier suivi (T+54 mois) nous avons pu observer une hausse considérable du nombre de taxons recensés sur les sites de Montravel, qui a presque doublé par rapport au suivi précédent : environ 7 taxons étaient recensés par transect. Les principales raisons de cette augmentation entre le dernier suivi et les suivis précédents concernaient :

Sur le site 1 :

- Les échinodermes :
 - o Diversité supérieure en étoiles de mer : 3 espèces recensées (*Celerina heffernani*, *Nardoa gomophia* et *Fromia monilis*) contre aucune à 1 seule lors des précédents suivis (*Nardoa gomophia*).
 - o Diversité supérieure en oursins : 3 espèces recensées (*Diadema setosum*, *Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*) contre 1 seule lors des précédents suivis (*Diadema setosum*).
- Les mollusques :
 - o Diversité supérieure en bivalves : recensement de *Chama* sp., *Saccostrea cucullata* et *Hyotissa* sp. jusqu'alors absents des comptages.
 - o Diversité similaire en gastéropodes mais espèces différentes au cours des différents suivis : *Trochus niloticus* à T+1mois, un gastéropode indéterminé à T+13 mois, *Drupella cornus* à T+18 mois et *Euplica tuturina* et un Muricidae à T+48 mois.

Sur le site 2 :

- Les échinodermes : diversité supérieure en oursins : 2 espèces recensées (*Diadema setosum* et *Echinometra mathaei*) contre 1 seule lors des précédents suivis (*Diadema setosum*).
- Les mollusques :
 - o Diversité supérieure en bivalves : toutes les espèces recensées au cours des différents suivis ont été dénombrées au suivi à T+48 mois.

- o Diversité supérieure en gastéropodes et composition du peuplement différent par rapport aux suivis précédents : 3 espèces recensées (un cone, *Lambis truncata* et *Euplica tuturina*) contre aucune à 1 seule lors des précédents suivis (un cone à T+1mois et une porcelaine à T+13 mois).
- Les vers : recensement de sabelles non observées jusqu'alors.

Au niveau du site 3, la richesse taxonomique a suivi la même tendance que sur les sites de Montravel : elle a été constante au cours des 3 premières années de suivi puis elle a considérablement augmenté lors du dernier suivi. La richesse taxonomique présente des valeurs beaucoup plus élevées sur le site de Casy par rapport aux sites de Montravel : 6 à 12 espèces sur Casy contre 2 à 7 espèces par transect sur Montravel (données sur la totalité du suivi). La diversité des habitats (pâtés coralliens sur fonds de sable, présentant de nombreuses caches et refuges), la complexité récifale et la couverture corallienne vivante plus importantes sur Casy (initialement de 5% sur les sites de Montravel contre 10% sur le site de Casy, avant transplantation) expliquent probablement la plus grande richesse en macro-invertébrés mesurée. De plus le site de Casy semble avoir moins souffert de l'impact du cyclone Erica, qui avait été avancé comme la cause principale de dégradation des sites de Montravel. Initialement, le site de Casy était donc moins perturbé que les sites de Montravel. L'accroissement de la diversité observé entre le dernier suivi et les suivis précédents concernaient :

- Les échinodermes : diversité supérieure en oursins: 3 espèces recensées (*Diadema setosum*, *Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*) contre 1 seule lors des précédents suivis (*Diadema setosum*).
- Les mollusques :
 - o Diversité supérieure en bivalves : recensement de *Chama* sp., *Pteria* sp. et *Hyotissa* sp., non recensés jusqu'alors.
 - o Diversité supérieure en gastéropodes et composition du peuplement différent par rapport aux suivis précédents : 3 espèces recensées (un cone et deux gastéropodes indéterminés) contre aucune à T+1, T+13, T+24 et T+36 mois. Trois espèces recensées à T+18 mois (un strombe, un cone et une porcelaine).

Le Tableau 8 suivi des Figures 21 à 23 présentent l'évolution temporelle de la richesse taxonomique par transect sur les 3 sites de transplantation.

Tableau 8 : Richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur les sites de transplantation (Nombre moyen de taxons par transect $\pm$ écart type)

Suivi	Site 1	Site 2	Site 3
1 mois	3,2 $\pm$ 0,5	3,2 $\pm$ 1,0	7,8 $\pm$ 0,4
13 mois	1,8 $\pm$ 0,5	2,2 $\pm$ 0,2	6,0 $\pm$ 0,6
13 mois	3,4 $\pm$ 0,5	3,6 $\pm$ 1,3	8,4 $\pm$ 0,4
36 mois	3,4 $\pm$ 0,8	3,0 $\pm$ 0,7	7,8 $\pm$ 0,2
48 mois	7,1 $\pm$ 1,1	6,8 $\pm$ 1,2	11,6 $\pm$ 1,0

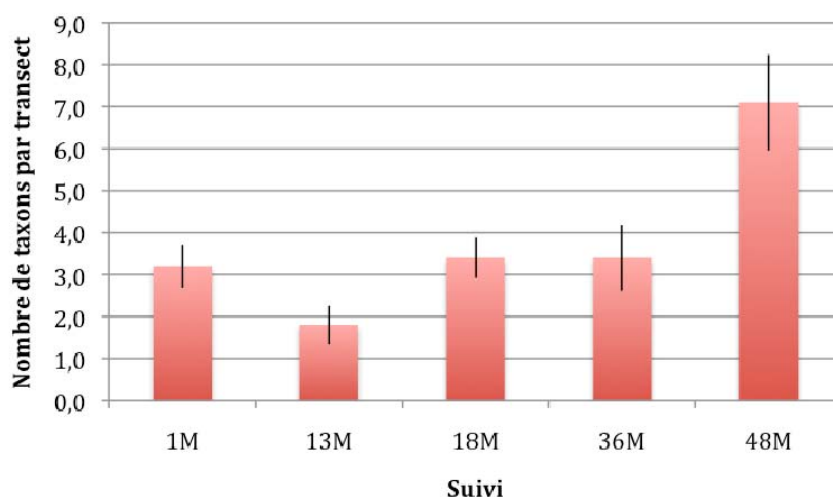


Figure 21 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 1 (Montravel abrité)

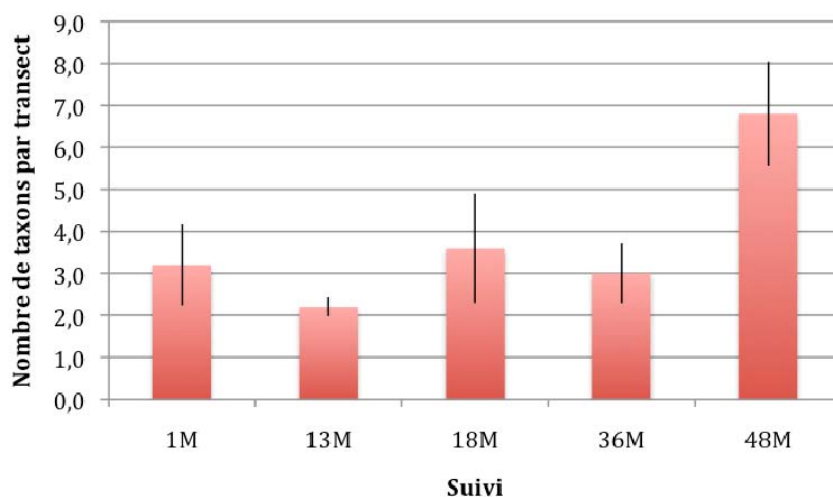


Figure 22 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 2 (Montravel exposé)

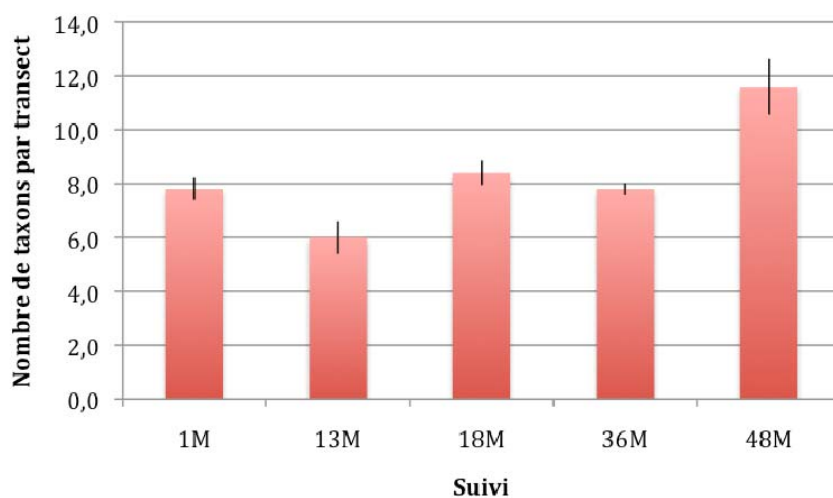


Figure 23 : Evolution de la richesse taxonomique en macro-invertébrés benthiques sur le site 3 (Casy)

4.3.2 Densité totale moyenne

Les densités moyennes relevées sur les sites de transplantation au cours des différents suivis sont regroupées dans le Tableau 9, et représentées graphiquement par les Figures 24 à 26.

Tableau 9 : Densité totale en macro-invertébrés benthiques sur les sites de transplantation (Nombre moyen d'individus/m² ± écart type)

Suivi	Site 1	Site 2	Site 3
1 mois	0,31 ± 0,07	0,26 ± 0,06	1,48 ± 0,26
13 mois	0,10 ± 0,03	0,25 ± 0,04	0,94 ± 0,12
18 mois	0,20 ± 0,05	0,35 ± 0,18	1,30 ± 0,25
36 mois	0,24 ± 0,05	0,31 ± 0,11	1,51 ± 0,11
48 mois	1,15 ± 0,22	0,93 ± 0,20	2,58 ± 0,47

Comme pour la richesse taxonomique, les sites 1 et 2 présentent des densités en macro-invertébrés similaires, faibles et relativement constantes au cours des 3 premières années de suivi. On observe toutefois une densité totale moyenne plus faible à T+13 mois par rapport au suivi initial (test de Tukey ; $p \leq 0,01$) au niveau du site 1. Lors du dernier suivi (T+48 mois), des densités beaucoup plus élevées ont été relevées : presque 5 fois supérieure aux valeurs obtenues lors du suivi à T+36mois pour le site 1 et 3 fois supérieure pour le site 2. Ces augmentations sont hautement significatives au niveau du site 1 (tests de Tukey ; $p \leq 0,001$) et significatives au niveau du site 2 (tests de Tukey ; $p \leq 0,05$).

Une analyse plus fine de la composition du peuplement permet d'expliquer ces résultats :

Au niveau du site 1 :

- Une abondance très supérieure en oursins diadèmes (*Diadema setosum*) a été relevée lors du dernier suivi : 0,44 oursins/m² lors du suivi à T+48mois, contre 0,03-0,21 oursins/m² lors des précédents suivis.
- Une abondance très supérieure en bivalves (4 fois supérieure à celle enregistrée lors du suivi à T+3ans), qui s'explique par un nombre légèrement plus important d'arches ventruées (*Arca ventricosa*) : 0,05 ind/m² contre 0-0,02 ind/m² lors des suivis précédents ; un accroissement conséquent du nombre de bénitiers (en particulier *Tridacna crocea*) : 0,10 ind/m² contre 0-0,04 ind/m² lors des suivis précédents, et d'huîtres *Isognomon isognomon* : 0,14 ind/m² contre 0-0,01 ind/m² lors des suivis précédents. Ces individus étant insérés dans les roches et massifs coralliens, l'accroissement observé est probablement lié à la fois au positionnement légèrement différent de la ligne de transect et à leur recrutement sur le site.
- On observe l'apparition d'espèces non recensées lors des précédents suivis : des étoiles de mer (*Celerina heffernani* et *Fromia monilis*), des oursins (*Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*), des gastéropodes (*Euplica turturina* et un Muricidae non identifié) et des bivalves (*Chama* sp., *Hyotissa* sp. et *Saccostrea cucullata*). Toutes ces espèces, bien que peu abondantes (leurs densités moyennes sont comprises entre 0,004 et 0,24 ind/m²), participent à l'accroissement de la densité totale en macro-invertébrés mesuré sur le site 1.

Au niveau du site 2 :

- Une abondance supérieure en oursins diadèmes (*Diadema setosum*) a été relevée lors du dernier suivi : 0,34 oursins/m² lors du suivi à T+48mois, contre 0,05-0,10 oursins/m² lors des précédents suivis. L'abondance des échinidés a quadruplé par rapport aux suivis précédents.
- Une abondance très supérieure en bivalves (3 fois supérieure à celle enregistrée lors du suivi à T+36 mois), qui s'explique par une abondance beaucoup plus importante en arches ventrues (*Arca ventricosa*) : 0,21 ind/m² contre 0-0,12 ind/m² lors des suivis précédents. Ces individus étant insérés dans les roches et massifs coralliens, l'accroissement observé est probablement lié à la fois au positionnement légèrement différent de la ligne de transect et à leur recrutement sur le site.
- On observe l'apparition d'espèces non recensées lors des précédents suivis : des oursins (*Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*), des gastéropodes (une espèce de cone non identifiée), et des bivalves (*Chama* sp. et *Tridacna derasa*). Toutes ces espèces, bien que peu abondantes (leurs densités moyennes étant comprise entre 0,01 et 0,06 ind/m²), participent à l'accroissement de la densité totale en macro-invertébrés mesuré sur le site 2.

Au niveau du site 3 :

- Une abondance supérieure en oursins diadèmes (*Diadema setosum*) a été relevée lors du dernier suivi : 0,59 oursins/m² lors du suivi à T+48mois, contre 0,19-0,41 oursins/m² lors des précédents suivis. L'abondance en échinidés totale a doublé par rapport aux suivis précédents.
- Une abondance doublement supérieure en bivalves, qui s'explique par un nombre plus important d'arches ventrues (*Arca ventricosa*) : 0,89 ind/m² contre 0-0,66 ind/m² lors des suivis précédents ; de bénitiers (en particulier *Tridacna crocea*) : 0,07 ind/m² contre 0-0,02 ind/m² lors des suivis précédents ; et du pectinidé *Pedum spondyloideum* : 0,13 ind/m² contre 0-0,05 ind/m² lors des suivis précédents. Ces individus étant insérés dans les roches et massifs coralliens, l'accroissement observé est probablement lié à la fois au positionnement légèrement différent de la ligne de transect et à leur recrutement sur le site.
- Une abondance supérieure en étoiles de mer marbrées (*Fromia monilis*) : 0,03 ind/m² contre 0-0,01 ind/m² lors des suivis précédents.
- Une abondance supérieure en cônes : 0,03 ind/m² contre 0-0,01 ind/m² lors des suivis précédents.
- On observe l'apparition d'espèces non recensées lors des précédents suivis : des oursins (*Echinometra mathaei* et *Echinotrix diadema*), et des bivalves (*Chama*, *Hytissa* et *Pteria*). Toutes ces espèces, bien que peu abondantes (leurs densités moyennes sont comprises entre 0,01 et 0,02 ind/m²), participent à l'accroissement de la densité totale en macro-invertébrés mesuré sur le site 3.

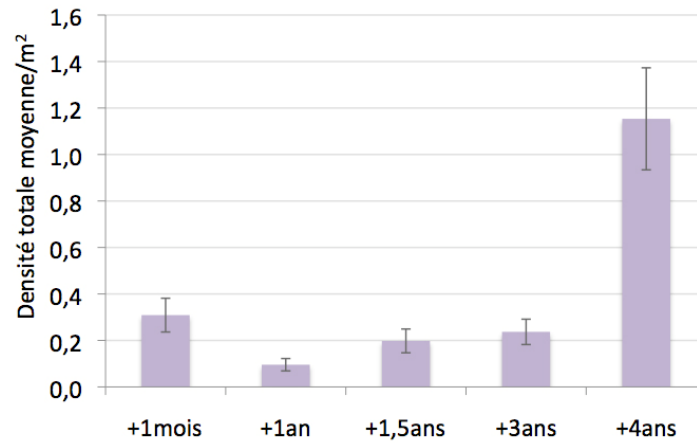


Figure 24 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 1 (Montravel abrité)

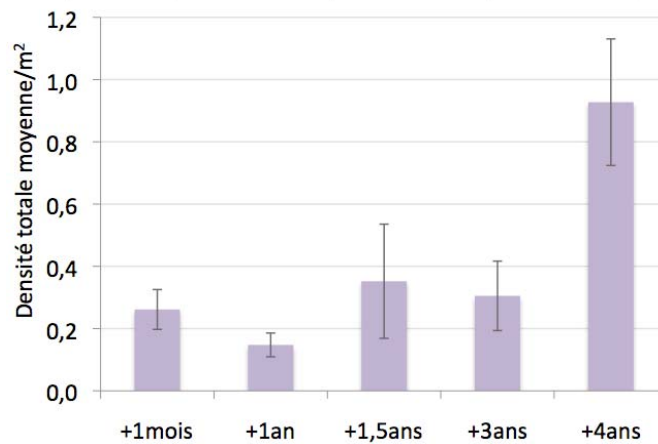


Figure 25 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 2 (Montravel exposé)

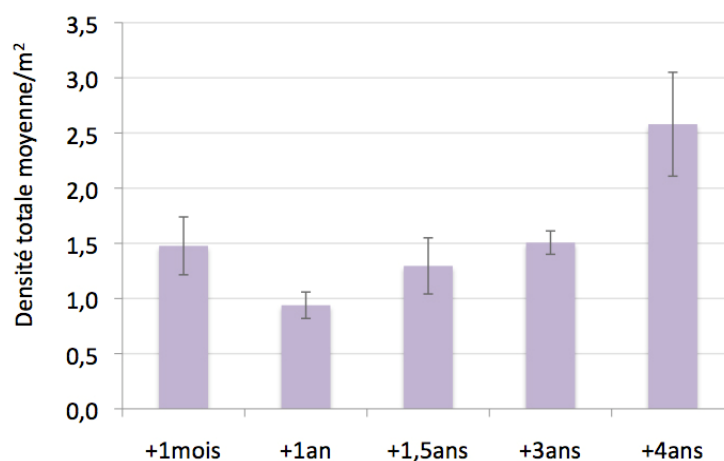


Figure 26 : Evolution de la densité moyenne en macro-invertébrés benthiques sur le site 3 (Casy)

4.3.3 La composition du peuplement

Aucune espèce exogène à la Nouvelle-Calédonie n'a été recensée à ce jour sur les sites de transplantation. Le Tableau 10 liste les espèces recensées au cours des différents suivis, les espèces sont classées par ordre d'abondance décroissante (somme des abondances pour chaque espèce au cours des 54 mois de suivi).

Tableau 10 : Liste des espèces recensées sur les sites de restauration

Site 1	Site 2	Site 3
<i>Diadema setosum</i>	<i>Diadema setosum</i>	<i>Arca ventricosa</i>
<i>Euplica turturina</i> ²	<i>Arca ventricosa</i>	<i>Diadema setosum</i>
<i>Isognomon isognomon</i>	<i>Isognomon isognomon</i>	<i>Isognomon isognomon</i>
<i>Tridacna crocea</i>	<i>Holothuria edulis</i>	<i>Holothuria edulis</i>
<i>Arca ventricosa</i>	<i>Tridacna crocea</i>	<i>Holothuria coluber</i>
<i>Holothuria edulis</i>	Crinoïde ind.	<i>Spondylus</i> sp.
<i>Nardoa gomophia</i>	<i>Euplica turturina</i>	<i>Tridacna</i> sp.
<i>Hytissa</i> sp.	<i>Tridacna</i> sp.	<i>Pedum spondyloideum</i>
<i>Spondylus</i> sp.	<i>Echinometra mathaei</i>	<i>Holothuria atra</i>
<i>Tridacna squamosa</i>	<i>Nardoa gomophia</i>	<i>Tridacna crocea</i>
<i>Chama</i> sp.	<i>Sabella</i> sp.	<i>Tridacna maxima</i>
<i>Echinotrix diadema</i>	<i>Atrina vexillum</i>	<i>Nardoa gomophia</i>
<i>Tridacna maxima</i>	<i>Pedum spondyloideum</i>	<i>Culcita novaguinea</i>
<i>Spirobranchus giganteus</i>	<i>Conus</i> sp.	<i>Spirobranchus giganteus</i>
<i>Pedum spondyloideum</i>	<i>Holothuria fuscopunctata</i>	<i>Conus</i> sp.
<i>Saccostrea cucullata</i>	<i>Tridacna maxima</i>	<i>Echinometra mathaei</i>
<i>Atrina vexillum</i>	<i>Tridacna squamosa</i>	<i>Fromia monilis</i>
<i>Drupella cornus</i>	<i>Lambis truncata</i>	<i>Asteride</i> ind.
<i>Echinometra mathaei</i>	<i>Cypraea</i> sp.	<i>Atrina vexillum</i>
<i>Tridacna</i> sp.	<i>Chomodoris</i> sp.	<i>Sabella</i> sp.
<i>Bohadschia argus</i>	<i>Spirobranchus giganteus</i>	<i>Pteria</i> sp.
<i>Fromia monilis</i>	<i>Spondylus</i> sp.	<i>Strombus</i> sp.
<i>Pteria</i> sp.	<i>Bohadschia argus</i>	<i>Acanthaster planci</i>
<i>Sabella</i> sp.		<i>Tridacna derasa</i>
<i>Trochus niloticus</i>		<i>Hytissa</i> sp.
<i>Celerina heffernani</i>		<i>Holothuria fuscopunctata</i>
Muricidae		<i>Chama</i> sp.
<i>Holothuria atra</i>		<i>Stichopus hermanni</i>
<i>Ophiotrix</i> sp.		<i>Echinotrix diadema</i>
		<i>Cypraea</i> sp.

Au niveau du site 1, le peuplement est largement dominé par les échinodermes, en particulier les oursins diadèmes (*Diadema setosum*), dont l'abondance représente entre 34 et 65% (selon les suivis) de l'abondance totale en macro-invertébrés sur le site ; et les holothuries roses (*Holothuria edulis*), qui représentent 2 à 10% des comptages totaux. Les bivalves sont bien représentés,

² *Euplica turturina* n'a été recensée qu'au cours du dernier suivi, elle représentait alors près d'un quart de l'abondance totale des macro-invertébrés comptabilisés sur le site 1.

notamment les arches ventruées (*Arca ventricosa*), dont l'abondance représente 3 à 10% de l'abondance totale, les huîtres (*Isognomon isognomon*) : 2 à 13% de l'abondance totale et les bécotiers : 3-21% de l'abondance totale. Les bécotiers ont vu leur nombre croître fortement au cours des 2 derniers suivis : 12 individus étaient recensés à T+3ans, et 28 individus à T+4ans.

Au niveau du site 2, le peuplement est également dominé par les échinodermes, en particulier les oursins diadèmes (*Diadema setosum*), dont l'abondance représente à elle seule entre 30 et 40% (selon les suivis) de l'abondance totale en macro-invertébrés sur le site ; et les holothuries roses (*Holothuria edulis*), qui représentent 1 à 11% des comptages totaux. Les bivalves sont bien représentés, notamment les arches ventruées (*Arca ventricosa*), dont l'abondance représente 0 à 38% de l'abondance totale en macro-invertébrés, les huîtres (*Isognomon isognomon*) : 0 à 24% de l'abondance totale et les bécotiers : 0-44% de l'abondance totale. Les bécotiers ont présenté une abondance maximale à T+1an avec 8 individus recensés.

Au niveau du site 3, le peuplement est encore dominé par les échinodermes, en particulier les oursins diadèmes (*Diadema setosum*), dont l'abondance représente entre 14 et 43% (selon les suivis) de l'abondance totale en macro-invertébrés sur le site ; et les holothuries (*Holothuria edulis*, *H. atra*, *H. coluber*), qui représentent 12 à 32% des comptages totaux. Les bivalves sont bien représentés, notamment les arches ventruées (*Arca ventricosa*), dont l'abondance représente 0 à 34% de l'abondance totale en macro-invertébrés, les huîtres (*Isognomon isognomon*) : 0 à 27% de l'abondance totale et les bécotiers : 0-22% de l'abondance totale. Les bécotiers ont présenté une abondance maximale à T+1an avec 34 individus recensés.

4.4 Colonisation des sites par les poissons

Seules 3 familles de poissons ont été prises en compte dans nos comptages, il s'agit des Pomacentridae (poissons demoiselles), des Chaetodontidae (poissons papillons) et le poisson lime arlequin (*Oxymonacanthus longirostris* ; famille : Monacanthidae). Les abondances totales par famille de poissons cibles sur les secteurs transplantés et témoins, au cours des suivis à T+13, T+24, T+36 et T+48 mois sont présentées dans le Tableau 11 et illustrés par les Figures 27 à 29.

Tableau 11 : Abondance totale des poissons ciblés recensés sur les secteurs transplantés et témoins, à T+13, T+24, T+36 et T+48 mois après transplantation

Secteur		T+13 mois		T+24 mois		T+36 mois		T+48 mois	
		Transpl anté	Témoin	Transpla nté	Témoin	Transpla nté	Témoin	Transpla nté	Témoin
Site 1	Total Chaetodontidae	6	3	4	3	9	5	7	11
	Total Monacanthidae	0	0	0	0	1	3	2	0
	Total Pomacentridae	564	437	419	202	516	222	598	446
	Abondance totale	570	440	423	205	526	230	607	457
Site 2	Total Chaetodontidae	8	1	2	0	10	1	8	4
	Total Monacanthidae	0	0	1	0	1	5	2	0
	Total Pomacentridae	294	0	333	82	361	199	248	191
	Abondance totale	302	1	336	82	372	205	258	195
Site 3	Total Chaetodontidae	4	1	2	0	2	1	1	1
	Total Monacanthidae	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total Pomacentridae	423	151	200	72	394	237	332	169
	Abondance totale	427	152	202	72	396	238	333	170

A la lecture de ce tableau nous pouvons constater que la famille des Pomacentridae est la mieux représentée sur l'ensemble des poissons cibles, résultat en accord avec ce qui est communément observé sur les récifs peu profonds de Nouvelle-Calédonie. En termes d'abondance, les poissons demoiselles représentent 95 à 100% de l'ensemble des espèces observées tandis que les poissons papillons et les poissons limes se partagent les 1 à 5% restant selon les sites de comptage considérés. Les poissons demoiselles sont majoritairement des omnivores. Ils nagent bien au-dessus du fond pour se nourrir de petits animaux planctoniques ou d'algues et retournent sur le récif pour y trouver un abri.

Les Figures 27 à 29 (en page suivante) montrent que l'abondance totale des poissons cibles est toujours supérieure sur les secteurs transplantés par rapport aux secteurs témoins, quel que soit le site considéré. En fournissant abri et nourriture l'ajout de colonies coralliennes, branchues et tabulaires en particulier, a probablement entraîné une attraction des populations de poissons papillons, poissons demoiselles et poissons limes arlequins sur les sites de restauration. Toutefois en l'absence de données sur le recouvrement en corail sur les zones témoins, il est impossible de valider cette hypothèse. On remarque enfin que les tendances interannuelles (augmentation ou diminution) entre les secteurs témoins et transplantés sont identiques sur les 3 sites, semblant indiquer un contrôle indépendant du facteur « transplantation ».

Les analyses statistiques réalisées montrent toutefois :

- qu'il n'y a pas de différences significatives dans l'abondance totale des poissons cibles entre les sites témoins et transplantés ;
- qu'il n'y a pas d'évolution temporelle significative de ces abondances.

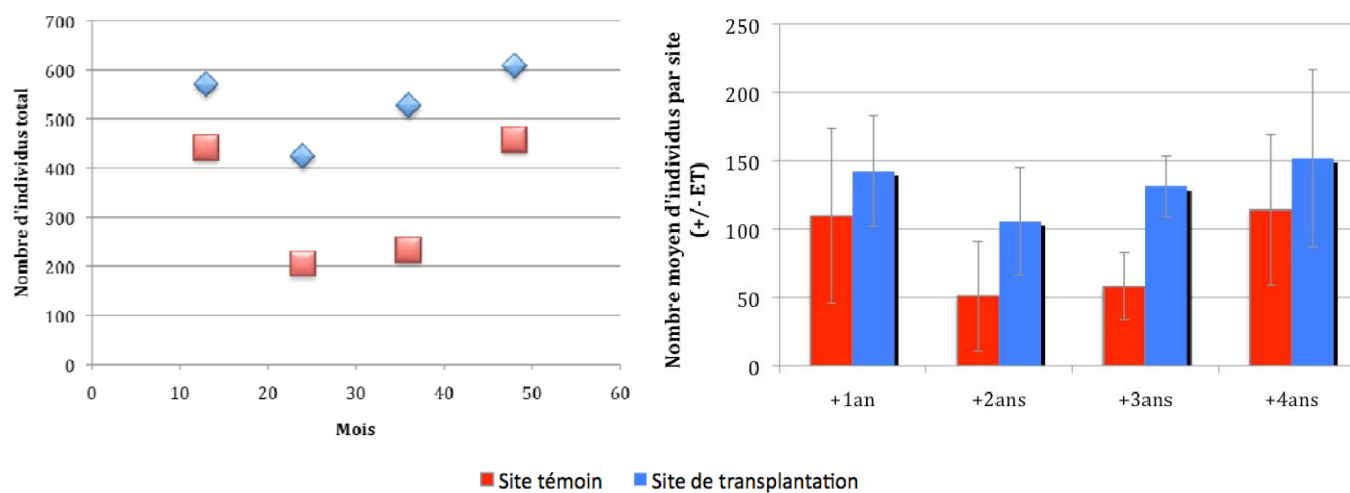


Figure 27 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 1 au cours des 54 mois de suivi

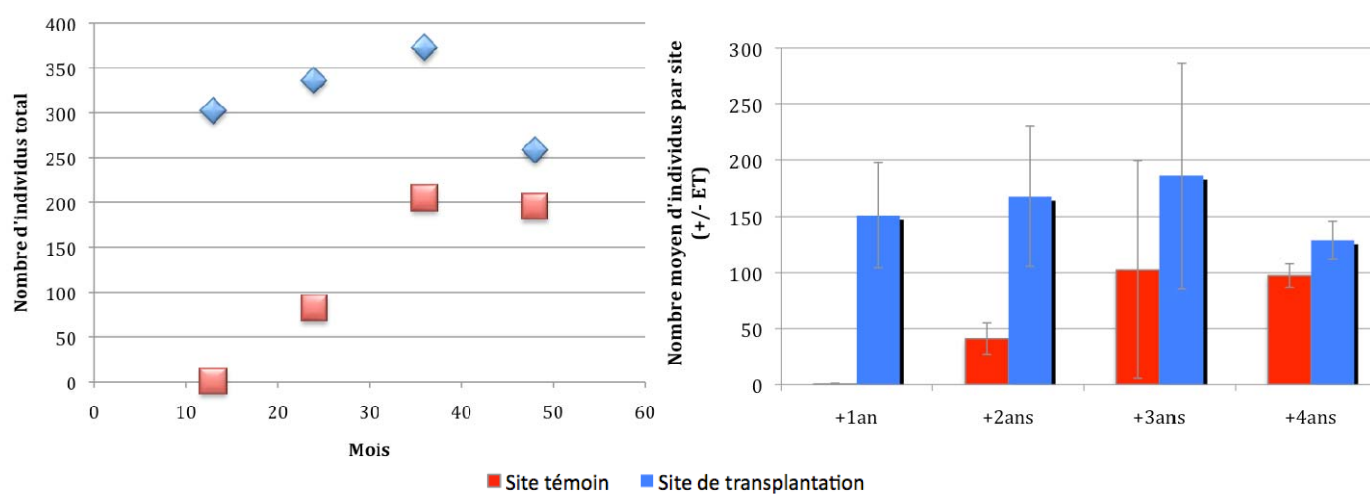


Figure 28 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 2 au cours des 54 mois de suivi

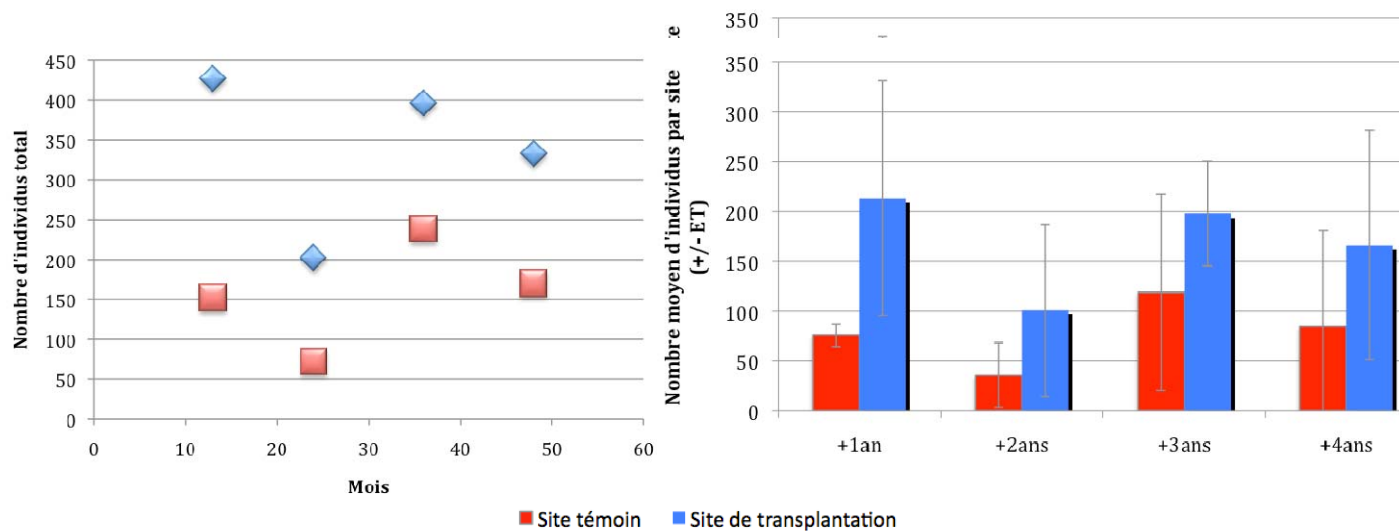


Figure 29 : Abondances totale et moyenne des poissons cibles sur les secteurs de transplantation et témoins du site 3 au cours des 54 mois de suivi

Le Tableau 12 liste les principales espèces de poissons recensées sur les 3 sites de transplantation et 3 sites témoins, classées par ordre d'abondance décroissante.

Tableau 12 : Liste des 10 espèces de poissons les plus abondantes, recensées sur les secteurs de transplantation et témoins ; les espèces sont classées par ordre d'abondance décroissante

Site 1			
Transplantation		Témoin	
<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>
<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>
<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>	<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>
<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>	<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>
<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>	<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>obercularis</i>
<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>obercularis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>
<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>
Site 2			
Transplantation		Témoin	
<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>
<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>	<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>obercularis</i>
<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>
<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>
<i>Amblyglyphidodon</i>	<i>obercularis</i>	<i>Abudefduf</i>	<i>whitleyi</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>	<i>Oxymonacanthus</i>	<i>longirostris</i>
Site 3			
Transplantation		Témoin	
<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>
<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>	<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>
<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>adelus</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>amboinesis</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>
<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>	<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>
<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>	<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>

Quatre espèces dominent largement le peuplement, il s'agit de *Pomacentrus aurifrons*, *Chromis viridis*, *Dascyllus aruanus* et *Pomacentrus moluccensis* au niveau des sites 1 et 2 ; et *Pomacentrus aurifrons*, *Chromis viridis*, *Dascyllus aruanus* et *Neopomacentrus azysron* au niveau du site 3. Ces espèces représentent à elles seules 80 à 90% de l'abondance totale en poissons

cibles. Ces espèces de bas niveau trophique dominent généralement les peuplements de nouvelle calédonie (Kulbicki, 1988). Elles sont typiquement rencontrées sur des récifs peu profonds (<12m) et abrités. Elles y trouvent refuge dans les espaces entre les branches des coraux. En émettant l'hypothèse probable que les sites transplantés et témoins présentaient au départ les mêmes structures et communautés coralliennes, l'abondance très supérieure de ces espèces sur les sites transplantés semble donc indiquer un effet attracteur des coraux transplantés (majoritairement de formes branchues et tabulaires). Cette tendance s'est vérifiée dès le premier suivi (à T+13 mois) indiquant une colonisation rapide par ces espèces, attirées par l'ajout de transplants coralliens tridimensionnels.

Toutefois il est important de rappeler qu'aucune donnée sur la complexité du récif ou de taux de recouvrement corallien vivant n'ayant été relevée sur les sites de comptage des poissons, les tendances observées ne permettent donc pas de conclure de manière certaine à un effet de la transplantation sur les communautés de poissons, lié à l'apport de complexité, de nourriture et d'habitat par les transplants.



Figure 30 : Poissons demoiselles dominants le peuplement au niveau des sites 1 et 2

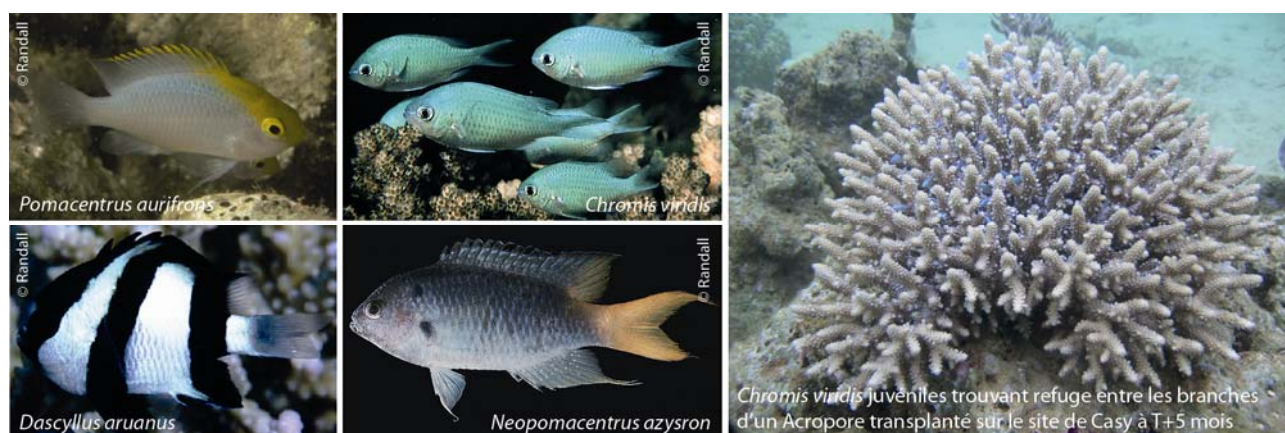


Figure 31 : Poissons demoiselles dominants le peuplement au niveau du site 3

La plupart des espèces de poissons papillons se nourrissent de coraux durs ainsi la présence de ces espèces, et leur distribution spatiale a souvent été corrélée avec la couverture corallienne vivante (Pratchett *et al.*, 2008), Le Tableau 13 ci dessous liste les espèces de poissons papillons recensées au cours des 54 mois de suivi, en présentant leurs régimes alimentaires (tiré de Pratchett, 2005), et les abondances relevées au cours des différents suivis, sur les secteurs transplantés et témoins. Seuls les poissons papillons corallivores stricts ou se nourrissant majoritairement de coraux vivants sont pris en compte dans l'analyse des tendances observées. Ainsi les espèces suivantes ont été écartées : *Chaetodon auriga*, *C. ephippium*, *C. lineolatus* et *C. vagabundus*, se nourrissant majoritairement de proies non coralliennes.

Tableau 13 : Espèces de poissons papillons corallivores recensées sur les secteurs transplantés (TR) et témoins (TE) au cours des différents suivis. Les zones grisées correspondent aux données qui semblent valider la présence en abondance supérieure des poissons corallivores sur les zones transplantées par rapport aux zones témoins.

	Genre	Espèce	Régime alimentaire	T+1an		T+2ans		T+3ans		T+4ans	
				TE	TR	TE	TR	TE	TR	TE	TR
Site 1	<i>Chaetodon</i>	<i>kleinii</i>	Majoritairement corallivore			1	1				
	<i>Chaetodon</i>	<i>melanotus</i>	Majoritairement corallivore					1			
	<i>Chaetodon</i>	<i>speculum</i>	Majoritairement corallivore		1					1	
	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>	Majoritairement corallivore	1							1
	<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>	Corallivore strict						3	2	2
	<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>	Corallivore strict	1	1		1		2	2	2
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	Corallivore strict			1	1	1	3	3	2
		TOTAL		2	2	2	3	2	8	8	7
Site 2	<i>Chaetodon</i>	<i>kleinii</i>	Majoritairement corallivore				1				
	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>	Majoritairement corallivore		2						
	<i>Chaetodon</i>	<i>speculum</i>	Majoritairement corallivore		1						
	<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>	Corallivore strict						2		1
	<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>	Corallivore strict	1	2		1		6		6
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	Corallivore strict		3			1	2	2	
	<i>Chaetodon</i>	<i>trifascialis</i>	Corallivore strict								1
		TOTAL		1	8	0	2	1	10	2	8
Site 3	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>	Majoritairement corallivore		1						
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	Corallivore strict						1	1	1
		TOTAL		0	1	0	0	0	1	1	1

Bien qu'il soit délicat de conclure en l'absence de données de recouvrement corallien au niveau des zones témoins et vu la faible abondance des poissons papillons observée, il semble que :

- Il n'y a pas de tendance particulière sur les sites 1 et 3, hormis lors du suivi à T+3ans sur le site 1 où l'on observe un peuplement uniquement composé de corallivores stricts et plus abondant sur les secteurs transplantés par rapport aux secteurs témoins.
- Un effet apparaît au niveau du site 2, avec une abondance en corallivores plus importante sur les secteurs transplantés par rapport aux secteurs témoins, et ce au cours des 4 années de suivi.

Ces données restent toutefois à prendre avec précaution et demanderaient quelques investigations complémentaires.



Figure 32 : Poissons papillons les plus communément rencontrés au niveau des sites de comptage

Le poisson lime arlequin (*Oxymonacanthus longirostris*, Figure 33) est plutôt rare sur les sites témoins et restaurés. Cette espèce est un corallivore strict qui se nourrit généralement de colonies du genre *Acropora*, sur des récifs relativement abrités et peu profonds (<-30m) (Randall, 2005). L'analyse des données collectées ne permet pas de mettre en évidence une quelconque tendance.

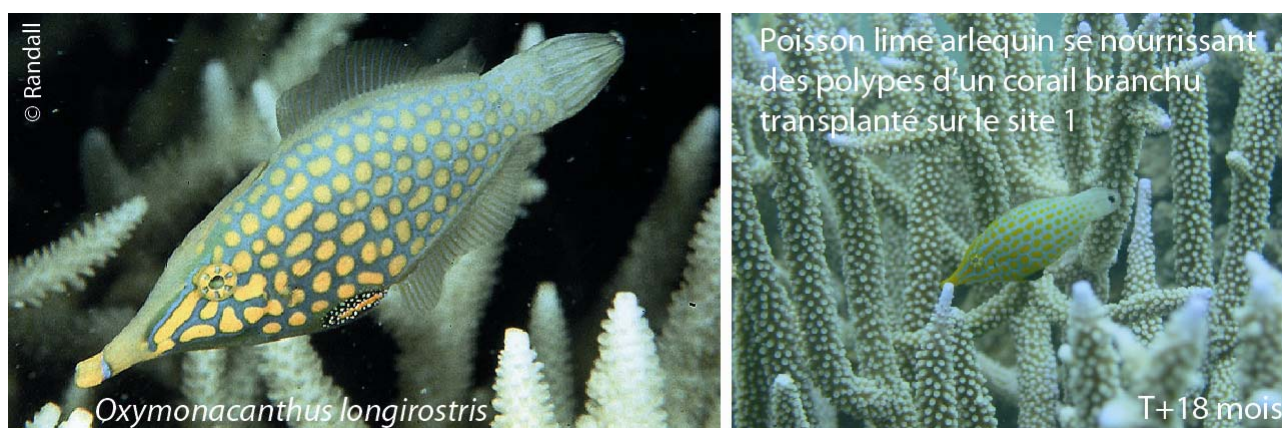


Figure 33 : Poisson lime arlequin (*Oxymonacanthus longirostris*)

5 SYNTHÈSE DES RESULTATS

				% de recouvrement moyen en Corail vivant				% de survie moyen des transplants			Nombre moyen annuel de coraux juvéniles/100m²
	Surface du site transplantation	Nombre de transplants	Nombre de Transects pour le suivi	T=0	T= 1 mois	T= 4 ans	Croissance annuelle moyenne (§ 4.2.2)	T=1 mois	T= 24 mois	T=54 mois	Moyenne sur 5 années
Site 1 (Montravel abrité)	1000 m²	832	10	4%	14,4%	27,90%	3%	94,8%	89,0%	89,0%	54
Site 2 (Montravel exposé)	600 m²	615	5	5%	13,0%	31,70%	3,10%	90,2%	91,0%	89,0%	32
Site 3 (Casy)	400 m²	315	5	11%	17,0%	22,90%	<<1%	65,5%	45,0%		9

Presque 5 ans après transplantation, les résultats obtenus illustrent le succès global de l'opération de transplantation en baie de Prony (voir illustrations sur planches photographiques par site en annexe). D'un point de vue technique les méthodes de transplantation appliquées dans le cadre de ce projet ont montré leur efficacité et la pertinence de leur choix. Un total de 1762 colonies coralliennes a été prélevé et transplanté sur trois sites de la Baie de Prony.

Le choix des sites de transplantation est un facteur essentiel dans la réussite des opérations comme le montre les résultats qui diffèrent entre les sites. Les deux sites présents au niveau de l'île de Montravel montrent un excellent taux de survie de près 90% à 24 mois, taux stabilisé jusqu'à la fin du suivi. Le site de Casy présente lui un taux de mortalité plus important avec un taux survie nettement moins bon de 50% après 30 mois de suivi.

Les conditions environnementales présentes sur les sites de transplantation sont probablement à l'origine de différences observées. Plusieurs raisons expliquent les différences dans le succès de l'opération sur le site de Casy :

- Les récifs frangeants du site d'accueil présentaient des eaux beaucoup plus claires que celles du site de prélèvement. Cela a pu induire un stress supplémentaire aux coraux lié à une plus forte irradiance et expliquer un plus fort taux de mortalité durant la phase d'acclimatation ;
- Un plus faible hydrodynamisme nécessaire à l'alimentation des polypes et leur oxygénation ;
- Une prédation par deux espèces de la classe des *asteroidae* : l'étoile de mer coussin (*Culcita novaguinea*) et l'étoile de mer épineuse (*Acanthaster planci*). Lors du premier mois après transplantation nous avons en effet mesuré une dégradation (mortalité ou nécroses) de plus d'un tiers des transplants, une stabilisation de ce phénomène pendant quelques mois, puis à nouveau une forte augmentation des taux de mortalité et de nécroses touchant plus de la moitié des transplants 9 mois.

Le taux de survie des transplants est souvent considéré comme un indicateur dans la réussite des projets de transplantation. Par comparaison avec d'autres projets similaires menés de part le monde, la transplantation des coraux du port de Vale NC s'inscrire comme une réussite. Nos résultats montrent qu'il est possible de transplanter des coraux d'un récif frangeant de fond de baie vers un récif frangeant sous influence plus océanique.

Depuis 2006, le recouvrement corallien vivant est en constante augmentation sur les trois sites de transplantation, avec un accroissement plus important sur les sites de la presqu'île de Montravel. Une approche simplifiée par régression linéaire nous a permis d'estimer l'évolution du taux annuel d'accroissement de recouvrement qui est de 1% sur le site de Casy et de 3% sur les sites de Montravel. Cette augmentation est une subtile combinaison liée à la dynamique des populations entre les colonies transplantées, celles déjà présentes et celles nouvellement recrutées.

Outre la croissance et la survie des transplants, on a pu observer lors de chaque suivi sur les sites de Montravel la présence de nombreuses recrues coralliennes (visibles à l'œil nu et dont le diamètre est inférieur à 3cm) et de colonies dites « juvéniles » (dont le diamètre est compris entre 3 et 20cm) principalement de la famille des Acroporidae, indiquant que les portions de récif restaurées sont en bonne santé et équilibrées : de nouvelles larves s'y installent régulièrement et y croissent. Le site de Casy présente toutefois un plus faible nombre de recrues coralliennes. Le site de Casy semble donc s'inscrire dans une dynamique corallienne différente où la croissance et le recrutement sont plus faibles. Ce constat est probablement en rapport avec

- une plus faible occurrence de substrats durs favorables à la fixation ;
- une activité de prédation par broutage plus intense notamment par les échinodermes plus abondants ;
- un taux de sédimentation plus important ;

- une localisation sur une zone où l'hydrodynamisme est moins important et qui peut induire une plus faible connectivité avec les zones sources de larves.

L'effet de la transplantation sur les communautés de macro-invertébrés benthiques et populations de poissons est difficilement mesurable du fait de l'absence de suivi des communautés coralliennes et des macro-invertébrés au niveau de sites témoins. L'assemblage des espèces de macro-invertébrés benthiques est dominé par les échinodermes : les oursins diadèmes en particulier mais également les holothuries. Les bivalves sont bien représentés : arches ventrues, huîtres *Isognomon isognomon* et bénitiers occupent une part importante de la communauté macro-benthique des sites transplantés. Cet assemblage a présenté une relative stabilité de 2005 à 2009 (36 mois) puis un accroissement important lors du dernier suivi, tant en termes de diversité que d'abondance. Une très forte augmentation de l'abondance en oursins a été constatée, sur les trois sites. Elle est probablement liée à une variation naturelle du recrutement (larves pélagiques) dont l'origine est une combinaison de variables environnementales (à différentes échelles) difficile à cerner sans étude spécifique et dédiée. L'augmentation du nombre est relative puisqu'en termes de densité on reste à des niveaux de population faible ($< 1/m^2$). Les oursins jouent un rôle majeur dans l'équilibre dynamique des récifs coralliens et leur bonne santé en limitant la croissance algale et en favorisant la disponibilité de substrats de recrutement pour les coraux. Les bénitiers ont vu leur nombre croître fortement au cours des 2 derniers suivis sur le site 1: 12 individus étaient recensés à T+3ans, et 28 individus à T+4ans.

L'abondance en poissons cibles est toujours supérieure sur les secteurs transplantés par rapport aux secteurs témoins, quel que soit le site considéré. En fournissant abri et nourriture l'ajout de colonies coralliennes, branchues et tabulaires en particulier, a probablement entraîné une attraction des populations de poissons papillons, poissons demoiselles et poissons limes arlequins sur les sites de restauration. Toutefois en l'absence de données sur le recouvrement en corail sur les zones témoins, il est impossible de valider cette hypothèse. On remarque enfin que les tendances interannuelles (augmentation ou diminution) entre les secteurs témoins et transplantés sont identiques semblant indiquer un contrôle indépendant du facteur « transplantation ».

BIBLIOGRAPHIE

- Adjeroud M, Fernandez JM, Carroll AG, Harrison PL & Penin L (2010). Spatial patterns and recruitment processes of coral assemblages among contrasting environmental conditions in the south western lagoon of New Caledonia. *Mar. Poll. Bull.* 61 : 375-386.
- Alcala AC, Gomez E & Alcala LC (1982). Survival and growth of coral transplants in Central Philippines. *Kalikasan Philipp. J. Biol.* 11(1): 136-147.
- Auberson B (1982). Coral transplantation : an approach to the reestablishment of damaged reefs. *Kalikasan Philipp. J. Biol.* 11(1): 158-172.
- Bak RPM and Luckhurst BE (1980). Constancy and change in coral reef habitats along depth gradients at Curacao. *Oecologia*. Vol. 47(2): 145-155.
- Berumen ML & Pratchett MS (2006). Effects of resource availability on the competitive behaviour of butterflyfishes (Chaetodontidae). *Proc. 10th Int. Coral Reef Sympo.* pp 644-650.
- Bouchon C, Jaubert J & Bouchon-Navaro Y (1981). Evolution of a semi-artificial reef built by transplanting coral heads. *Tethys*. 10: 173-176.
- Chabanet P & Naim O (2001). Restauration mixte d'un récif détruit par le passage d'un cyclone. Programme de recherche « Recréer la nature ».
- Clark S & Edwards AJ (1995). Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldives Islands. *Coral Reefs*. 14: 201-213.
- Edwards AJ (2010). Reef Rehabilitation Manual. *Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Program*: St Lucia, Australia. ii+166 pp.
- Edwards AJ & Clark S (1998). Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling? *Mar. Poll. Bull.* 37: 8-12.
- English SA, Wilkinson CR & Baker VJ (1997). Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Harriott VJ (1985). Mortality rates of scleractinian corals before and during a mass bleaching event. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 21: 81-88.
- Harriott VJ & Fisk DA (1988). Coral transplantation as a reef management option. . *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.* 2: 375-379.
- Kojis BL & Quinn NJ (2001). The importance of regional differences in hard coral recruitment rates for determining the need for coral restoration. *Bull. Mar. Sci.* 69: 967-974.
- Morancy R, Job S & Thomassin B (2005). Transplantation des coraux du port de Longoni et suivi de l'opération. Rapport technique. Carex Environnement.
- Munoz-Chagin RF (1997). Coral transplantation program in the Paraiso Coral Reef, Cozumel Island, Mexico. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.* 2: 2075-2078.
- Ortiz-Prosper AL, Bowden-Kerby A, Ruiz H, Tirado O, Caban A, Sanchez G, Crespo JC (2001). Planting small massive corals on small artificial concrete reefs or Dead coral heads. *Bull. Mar. Sci.* 69: 1047-1051.
- Permetta JC (1993). Monitoring coral reefs for global change. IUCN. ISBN 2-8317-0117-1. 76p.
- Plucer-Rosario GP & Randall RH (1987). Coral transplantation. *Bull. Mar. Sci.* 41: 586-593.

- Pratchett MS (2005). Dietary overlap among coral-feeding butterflyfishes (Chaetodontidae) at Lizard Island, northern Great Barrier Reef. *Mar. Biol.* 148:373-382.
- Pratchett MS, Munday PL, Wilson SK, Graham NAJ, Cinner JE, Belwood DR, Jones GP, Polunin NVC & McClanahan TR (2008). Effects of climate-induced coral bleaching on coral reef fishes – Ecological and economic conséquences. *Oceanography and Marine Biology: An annual review.* 46: 251-296.
- Randall JE (2005). Reef and shore fishes of the South Pacific : New Caledonia and the Pitcairn Islands. University of Hawai'i Press, Honolulu.
- Richmond RH & Hunter CL (1990). Reproduction and recruitment of corals: comparisons among Caribbean, the tropical Pacific and the Red Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 60: 185-203.
- Salvat B, Chancerelle Y, Schrimm M, Morancy R & Porcher M (2002). Restauration d'une zone corallienne dégradée et implantation d'un jardin corallien. *Rev. Ecol. Supp.* 9: 81-96.
- Thornton SL, Dodge RE, Gilliam DS, DeVicor, Cooke P (2002). Success and growth of corals transplanted to cement Armor mat tiles in SE Florida: implications for reef restoration. *Proc. 9th Int. Coral Reef Symp.* 2: 955-962.

ANNEXES

Planches photographiques :

- Planches 1 & 2 : Aspect des fonds sur le site de Montravel abrité (site 1)
- Planche 3 : Aspect des fonds sur le site de Montravel exposé (site 2)
- Planche 4 : Aspect des fonds sur le site de Casy (site 3)

Remarque sur les planches photographiques : des comparaisons sont présentées entre le suivi initial (T+1 mois) et le suivi final (T+54 mois) sur les sites 1 et 2, les photos n'ont pas toujours été prises avec le même angle, cependant elles ont été prises sur le même secteur de transplantation.

Tableaux de synthèse des données sur l'ensemble des suivis :

- Données sur les macro-invertébrés par espèce
- Données sur les macro-invertébrés par groupe taxonomique
- Données sur les poissons cibles par famille
- Données sur les poissons cibles par espèces

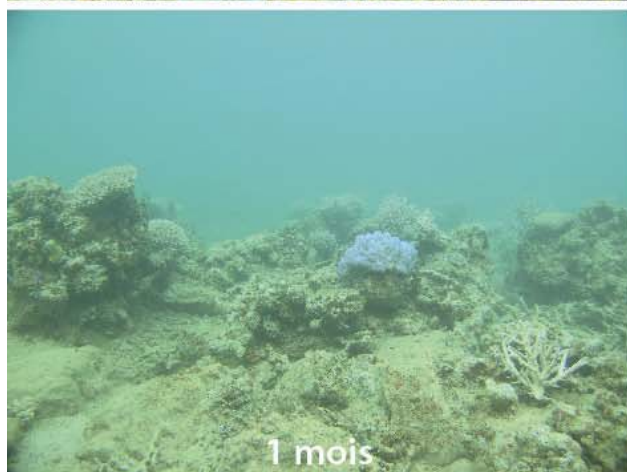
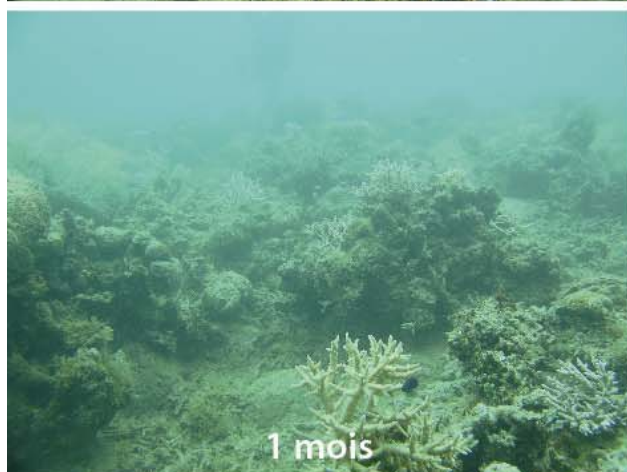
Planche 1 : Aspect des fonds sur le site de Montravel abrité (Site 1)

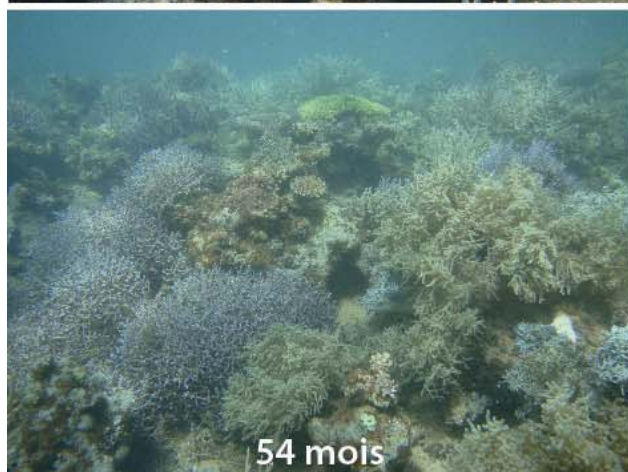
Planche 2 : Aspect des fonds sur le site de Montravel abrité (Site 1)

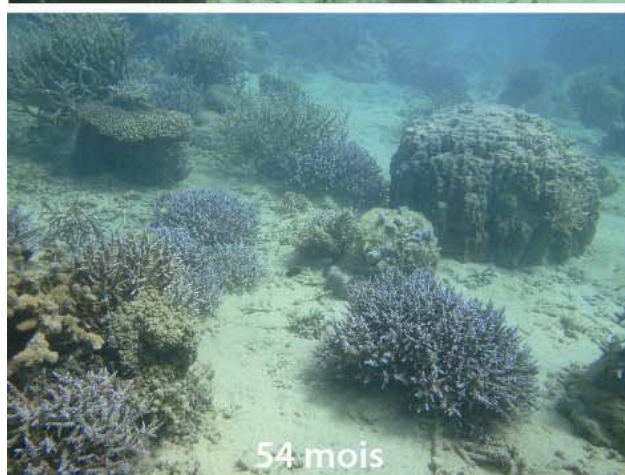
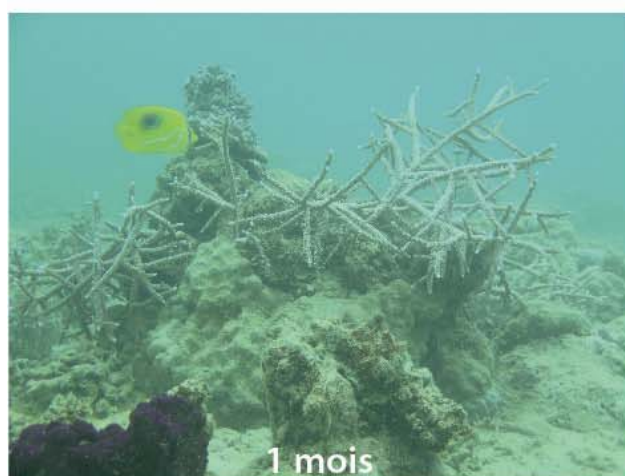
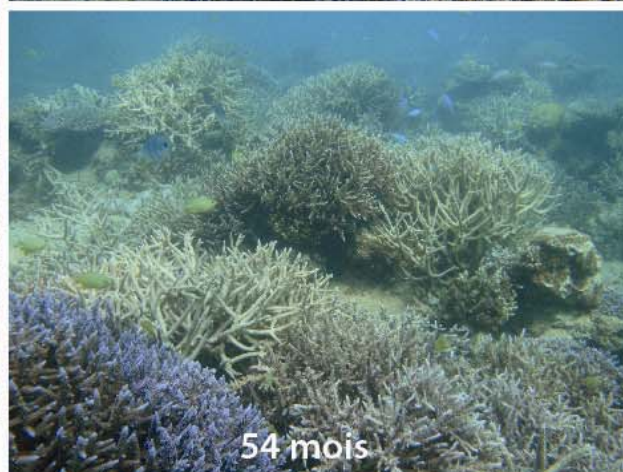
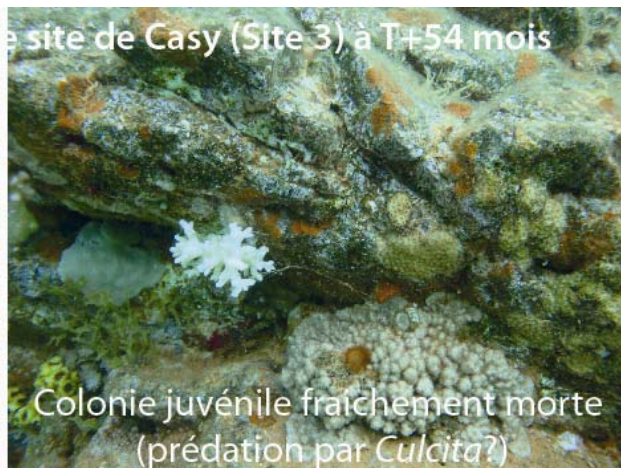
Planche 3 : Aspect des fonds sur le site de Montravel exposé (Site 2)

Planche 4 : Aspect des fonds sur le site de Casy (Site 3) à T+54 mois



SOPRONER
Dossier n°05040

Densité en macro-invertébrés (nombre d'individus par m²) par taxons

	T+1mois										T+1an										T+1,5ans										T+3ans										T+4ans																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
SITE 1	Sous-groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	Astérides	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0,06	0,06	0,03	0,12	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abondance totale en poissons cibles par famille

		T+1an										T+2ans										T+3ans										T+4ans										
SITE 1		TEMOIN					TRANSPLANTE					TEMOIN					TRANSPLANTE					TEMOIN					TRANSPLANTE					TEMOIN					TRANSPLANTE					
		1	0	1	1	3	2	0	1	3	6	0	3	0	0	3	1	3	0	0	4	0	0	2	3	5	1	4	4	0	9	3	5	1	2	11	0	3	2	2	7	
Total Chaetodontidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 <td>3<td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td></td>	3 <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
Total Monacanthidae		68	42	164	163	437	176	177	109	102	564	33	107	41	21	202	95	139	54	131	419	28	49	62	83	222	142	117	151	106	516	173	128	102	43	446	211	109	200	78	598	
ABONDANCE TOTALE		69	42	165	164	440	178	177	110	105	570	33	110	41	21	205	96	142	54	131	423	28	49	64	89	230	144	121	155	106	526	176	133	103	45	457	211	114	202	80	607	
SITE 2																																										
Total Chaetodontidae		0	1	0	0	1	1	7	0	0	8	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	5	5	0	0	10	3	1	0	0	4	4	4	0	0	8
Total Monacanthidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	5	0	0	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Total Pomacentridae		0	0	0	0	0	117	177	0	0	294	51	31	0	0	82	209	124	0	0	333	33	166	0	0	199	109	252	0	0	361	87	104	0	0	191	135	113	0	0	248	
ABONDANCE TOTALE		0	1	0	0	1	118	184	0	0	302	51	31	0	0	82	212	124	0	0	336	34	171	0	0	205	115	257	0	0	372	90	105	0	0	195	141	117	0	0	258	
SITE 3																																										
Total Chaetodontidae		1	0	0	0	1	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1
Total Monacanthidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total Pomacentridae		67	84	0	0	151	295	128	0	0	423	13	59	0	0	72	160	40	0	0	200	188	49	0	0	237	160	234	0	0	394	153	16	0	0	169	84	248	0	0	332	
ABONDANCE TOTALE		68	84	0	0	152	297	130	0	0	427	13	59	0	0	72	162	40	0	0	202	189	49	0	0	238	161	235	0	0	396	153	17	0	0	170	85	248	0	0	333	

SOPRONER
Dossier n°05040