



2013/2014

# Implantation et suivi scientifique d'un pilote récif artificiel dans la Réserve Naturelle de Saint-Martin

Organisme d'accueil : Réserve Naturelle de Saint-Martin  
Maître de stage : Julien Chalifour  
Enseignant coordinateur : Gilles Radennac



Réserve Naturelle  
**SAINT-MARTIN**

Tonon adrien

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Nicolas Maslach de m'avoir permis de réaliser mon stage au sein de la réserve naturelle de Saint-Martin.

Je remercie Julien Chalifour pour les connaissances transmises, sa passion, son accompagnement tout au long de la rédaction de ce rapport et la confiance qu'il m'a accordée.

Un grand merci à l'ensemble de l'équipe ; Franck, Christopher, Steeve, Romain, Béatrice et enfin Daniel (LD) pour leurs bonnes humeurs, leurs connaissances de l'île et les moments de franche rigolade.

Bien sûr, je ne peux pas finir ces remerciements sans avoir une pensée pour les stagiaires, Eva Moisan et Wilson Celini, sans qui ce stage n'aurait pas été aussi riche !

## Table des matières

1. La réserve naturelle de Saint-Martin.....	4
2. Introduction .....	4
2.1. Contexte général .....	4
2.2. Le rôle des récifs artificiels.....	5
2.3. Les types de récifs artificiels.....	6
2.4. Objectifs .....	6
3. Matériels et méthodes .....	7
3.1. Le récif artificiel.....	7
3.1.1. Présentation .....	7
3.1.2. Dimension.....	8
3.2. Plan d'échantillonnage.....	8
3.3. Indices .....	9
3.3.1. Richesse spécifique.....	9
3.3.2. Abondance.....	9
3.3.3. Diversité spécifique .....	9
3.3.4. Biomasse .....	11
4. Résultats .....	11
4.1. Richesse spécifique .....	11
4.1. Abondance.....	12
4.2. Diversité spécifique .....	12
5. Discussion.....	13
6. Conclusion.....	16
7. Place du stagiaire dans la structure.....	16
8. Bibliographie .....	17
Annexes.....	19

## Table des illustrations

FIGURE 1 ET 2 : ESSAI DE CONSTRUCTION A TERRE ET CONSTRUCTION SUR SITE, JULIEN CHALIFOUR. ....	6
FIGURE 3 : LOCALISATION DU SITE DU RECIF ARTIFICIEL DANS LA RESERVE DE SAINT-MARTIN, WIKIPEDIA. ....	7
TABLEAU 1 : RICHESSE SPECIFIQUE GLOBALE ET PAR FAMILLE AU COURS DU TEMPS. ....	11
TABLEAU 2 : ABONDANCE RELATIVE EN FONCTION DU TEMPS. ....	12
TABLEAU 3 : INDICE DE DIVERSITE EN FONCTION DU TEMPS. ....	12
TABLEAU 4 : BIOMASSE TOTALE EN FONCTION DU TEMPS. ....	13

# 1. La réserve naturelle de Saint-Martin.

L'île de Saint-Martin, bordée par l'océan Atlantique, fait partie des Antilles Françaises. Elle se situe à environ 240 kilomètres au nord de la Guadeloupe.

La particularité de l'île, est sa frontière qui coupe l'île en deux états. La partie sud est un état autonome du royaume des Pays-Bas depuis le 10 Octobre 2010, et faisait partie des anciennes Antilles néerlandaises. La partie nord est française et faisait partie du département de la Guadeloupe avant de devenir une Collectivité d'Outre-Mer à part entière en 2007.

La réserve naturelle de saint martin a été créée en 1998. Elle s'étend sur 3 060 hectares au Nord-Est de l'île, dans la partie française. La partie marine de la Réserve d'une superficie de 2 900 hectares, s'étend sur le plateau continental continu entre les îles d'Anguilla, de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy. Cette AMP comprend 154 hectares de parcelles terrestres, soit 11 kilomètres de linéaire côtier et 198 hectares de zones humides. Ces territoires ont été affectés par l'État au Conservatoire du Littoral et déléguant aujourd'hui la gestion à la réserve.

La réserve a pour but de gérer et de protéger les nombreux écosystèmes présents sur et autour de l'île. On y retrouve des écosystèmes comme les mangroves, les herbiers de phanérogames marines, les récifs coralliens, les forêts littorales et les étangs. La Réserve naturelle de Saint-Martin abrite une faune et une flore marine et terrestre diversifiées, parmi lesquelles plusieurs espèces terrestres protégées comme le cactus « tête à l'anglais » (*Melocactus intortus*) ou encore de nombreuses espèces de mammifères marins comme la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*).

De plus, la réserve a en gestion les terrains propriétés du Conservatoire du littoral, comme par exemples les étangs. Ces territoires ne sont pas classés en Réserve Naturelle Nationale mais représentent un écosystème fragile et particulier justifiant leur protection.

L'équipe se compose de huit personnes. La réserve est dirigée par Nicolas Maslach et le reste de l'équipe se répartie sur quatre pôles. Romain Renoux est en charge du pôle « Coopération régionale et animation pédagogique », Julien Chalifour du pôle « Missions et suivis scientifiques », Béatrice Galdi du pôle « Prospective et aménagement-Conservatoire du Littoral » et Franck Roncuzzi du pôle « Police de la Nature, administration et logistique » encadrant Christophe Joé, Steve Ruillet et Daniel Lewis.

## 2. Introduction

### 2.1. Contexte général

Dans un contexte de raréfaction du couvert corallien dans les Antilles françaises et de montée en puissance des activités touristiques comme la plongée sous-marine (A. Baker et al., 2008). Les récifs sont le support de la vie marine, offrant toute une gamme d'habitats indispensables à la survie de la biodiversité marine tropicale. Ils contribuent également au développement économique local en étant le support d'un grand nombre d'activités commerciales comme la pêche commerciale, la plongée ou le snorkeling (S. Sutton et L. Bushnell, 2007).

L'implantation de récifs artificiels semble être une alternative pour la création d'habitats et le redéploiement de la fréquentation touristique (O. Polak, N. Shashar, 2012). Ces structures artificielles sous-marines peuvent permettre d'augmenter la disponibilité en habitats et ainsi d'augmenter le taux de survie lors du recrutement larvaire des coraux, ainsi que de l'ichtyofaune. Ces structures peuvent également devenir le support de bouture de coraux récupérées suite à des événements climatiques propices à la fragmentation des colonies naturelles ou provenant d'élevage en bassins artificiels (Johnson et al., 2011).

Dans ce contexte, la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin a décidé de mettre en place un projet de récif artificiel de production. Ce projet a pour but premier d'augmenter la biomasse, ainsi que la diversité, sur le substrat meuble dépourvue d'herbiers. En effet, ces zones ne sont pas très productives et diversifiées en comparaison à une zone de récif.

Celui-ci doit aussi être en adéquation avec les prérogatives économiques et logistiques. Le récif doit être constitué de structures légères permettant l'installation in situ par des moyens techniques déjà disponible. En effet, le coût d'installation et d'entretien de structures imposantes, comme les reef-ball, sont prohibitifs. De plus, l'absence d'entreprises spécialisées sur Saint-Martin limite le recours à des moyens techniques extérieurs.

## 2.2. Le rôle des récifs artificiels

Les récifs artificiels peuvent être définis de plusieurs manières suivant les objectifs de ceux-ci. Une définition consensuelle a été proposée par Ifremer : « Les récifs artificiels sont : des structures immergées volontairement dans le but de créer, protéger, restaurer un écosystème, pouvant induire des réponses d'attraction, de concentration, de protection, d'augmentation de la biomasse de certaines espèces » (Lacroix, 2001).

Charbonnel distingue généralement deux grandes catégories de récifs artificiels (2000).

Les récifs de « protection », utilisés en tant que barrières physiques contre la pêche illégale, sont généralement déployés dans la bande côtière des 3 milles. Ce type de récif a également un but écologique, en protégeant les habitats naturels riches ou en danger comme les herbiers ou en périphérie d'autres récifs artificiels. L'implantation de ces structures de protections va aussi créer des zones de nurseries et d'alimentation pour des espèces de substrat meuble. Comme par exemple, les récifs anti-chalutage (Parc marin de la côte bleue, 2007).

Les récifs de « production » visent quant à eux, à l'accroissement de la biomasse. En créant de nouveaux habitats, de type dur rocheux, la biomasse disponible pour les activités de pêche commerciale ou récréative est augmentée. En outre, ces récifs contribuent aussi à la restauration d'habitats dégradés par l'homme, avec une augmentation de la biodiversité et une diversification des peuplements. Cependant, la taille de ces ouvrages doit être suffisamment importante pour créer des niches écologiques favorisant le recrutement de nouvelles populations.

Les récifs artificiels peuvent également offrir des espaces récréatifs pour les activités de loisir telles que la plongée, la chasse sous-marines ou le snorkeling. Cette fonction est sans doute amenée à se développer fortement sur le littoral, compte tenu de la pression touristique grandissante, ceci permettrait de soulager des sites naturels trop fréquentés. (Lacroix, 2003).

### 2.3. Les types de récifs artificiels

Les premiers récifs artificiels ont été réalisés au Japon au 16<sup>ème</sup> siècle. Ils étaient constitués de barques remplies de pierres ou de fagots de bambou. Les pêcheurs locaux remarquant de meilleurs rendements de pêche en périphérie des épaves, développèrent des structures dans le but d'accroître la disponibilité de la ressource. Depuis, les techniques ont évolué et divers types de structures ont vu le jour. Chaque structure répond aux besoins du gestionnaire et/ou aux contraintes du milieu et/ou logistiques.

Le choix du type de matériaux et de structures répond à une problématique principale, à savoir la facilité de manipulation et d'implantation de celle-ci. Le fait que l'équipe ne puisse pas avoir recours à des intervenants extérieurs pour l'implantation des structures a fortement orienté le choix des matériaux et de la structure du récif artificiel. Les matériaux employés pour la création de ces structures est extrêmement diversifiée, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients (cf annexe 1).

L'utilisation d'une structure en parpaings garantit une bonne légèreté, ainsi qu'une facilité de mise en place. De plus, les parpaings présentent une surface colonisable importante grâce à ces cavités internes et aux possibilités architecturales importantes (création de grotte intra-structural). La taille variable des cavités ainsi constituées permet l'accueil d'une grande variété d'espèces. Bien que cette structure n'ait pas pour objectif la colonisation corallienne, le béton rugueux des parpaings favorise la colonisation des organismes sessiles.



Figure 1 et 2 : Essai de construction à terre et construction sur site, Julien Chalifour.

Pour estimer l'impact de ces structures et leurs efficacités, il est nécessaire de mettre en place des suivis des populations de poissons, de crustacés et d'invertébrés.

### 2.4. Objectifs

Sur la réserve naturelle de Saint-Martin, il a été décidé d'implanter un récif de production dans le but de favoriser la biomasse et la diversité des poissons et des crustacés en créant de nouvelles niches écologiques. Plusieurs missions m'ont donc été confiées.

Tout d'abord, la rédaction d'une synthèse bibliographique sur les connaissances et retours d'expériences en matière de récifs artificiels m'a été confiée afin de faire un état de l'art des techniques et technologies à la disposition des gestionnaires.

Le principal objectif de ce stage fut de mettre en place le suivi scientifique des récifs artificiels en cours de déploiement au sein de la réserve naturelle. Ce suivi a pour but d'évaluer et de quantifier le recrutement de poissons et de crustacés mobiles grâce à des techniques de comptages visuelles. Puis de traiter les premiers résultats.

En parallèle de cette problématique, il m'a été demandé d'accompagner la suite du déploiement du récif artificiel 1 et de formuler des préconisations pour le second récif tant au niveau des structures que des protocoles de suivis.

## 3. Matériels et méthodes

### 3.1. Le récif artificiel

#### 3.1.1. Présentation

Figure 3 : localisation du site du récif artificiel dans la réserve de Saint-Martin, wikipédia.



Un récif a besoin d'une courantologie particulière et d'une profondeur adaptée. Un site sur la partie Nord-Ouest de la partie marine de la réserve naturelle remplissant toutes ces caractéristiques a été choisi.

A une profondeur de 20 mètres, le récif artificiel subit en moindre mesure l'action de la houle même en cas de gros temps. Le courant, principalement orienté Nord/Est-Nord/Ouest lors des marées montantes et inversement lors des marées descendantes. Il assure l'apport continu en larves planctoniques, mais aussi en nutriments nécessaires au développement de la vie au sein du récif.

La salinité varie quant à elle peu sur ce site en l'absence d'apports d'eau douce. La température varie de façon saisonnière, avec des pics de température pendant la saison chaude (juillet-aout). Les valeurs fluctuent entre 25 et 30°C. La profondeur importante limite fortement les risques de braconnage qui ont lieu principalement en apnée.

### 3.1.2. Dimension

Le récif élaboré se compose de neuf modules. La structure centrale, la plus imposante, est une pyramide formée de 83 parpaings. Autour de cette dernière, sont disposées quatre structures en croix (20 parpaings) et quatre structures pyramidales (35 parpaings).

La surface externe colonisable par parpaing est de 500 centimètres carrés. La surface totale du récif est d'environ 690 mètres carrés. Cependant, ce chiffre estimé est à revoir à la hausse considérant la grande porosité de ces matériaux. De plus, ce chiffre n'est qu'indicatif, la colonisation corallienne n'étant pas actuellement l'objectif principale.

La distance prévue entre modules est d'environ 5 mètres. Le récif couvre ainsi une surface de 225 mètres carrés, subdivisée en neuf cases de cinq mètres carrés chacune. Ces cases sont délimitées au sol par un filin maintenu grâce à des ancrages dans le sédiment.

A l'heure actuelle, seule la pyramide centrale et une croix sont en place. Celles-ci ont été immergées mi-janvier 2014 et font l'objet des premiers suivis scientifiques.

## 3.2. Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage s'inspire de plusieurs travaux, notamment de ceux de E. Tessier (2005, La réunion) et du projet RAMOGE (A. Le Guillou, 2009).

Une plongée par mois est effectuée, durant toute l'année en début de mois. Les plongées sont réalisées par les plongeurs professionnels de la réserve naturelle. Les conditions climatiques et l'heure des plongées doivent être similaires entre chaque plongée. La visibilité sur le site est variable (5 à 20 mètres) tout au long de l'année mais reste correct pour assurer un comptage pertinent.

En cours de plongée, le comptage et l'identification des poissons est réalisé méthodiquement. Sur sites, le plongeur fait d'abord un tour du récif à bonne distance pour comptabiliser les poissons pélagiques nageant au-dessus du récif avant que ceux-ci ne fuient.

Par la suite, chaque module est échantillonné séparément, en commençant par les modules périphériques. Le plongeur compte les poissons benthos-pélagiques autour de la structure, comme les Haemulidés ou les Scaridés. Puis, identifie et dénombre les poissons et crustacés présents dans les cavités du module, comme les Apogonidés ou les langoustes.

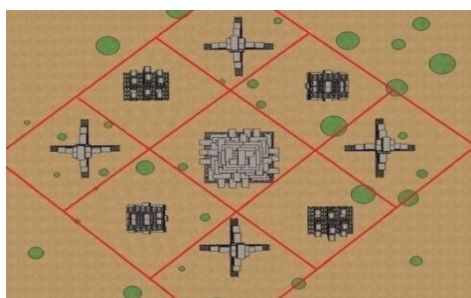


Figure 4 : quadrat sur le récif artificiel.



Un comptage quantitatif et qualitatif est réalisé par le plongeur. Pour chaque espèce, est noté le nombre d'individus et la taille des individus, ainsi que leur position sur le récif (numéro de case) sur une plaquette immergeable. Par la suite, une fiche Excel préétablie est remplie grâce aux données acquises sous l'eau.

De plus, lors des comptages visuels, le plongeur filme les modules à l'aide d'une caméra étanche (GoPro©) fournissant des images en haute définition. Ces données sont ensuite visionnées de retour au bureau afin de compléter les comptages sous-marins.

Le temps d'échantillonnage est limité par l'autonomie en air du plongeur. C'est-à-dire environ une heure par plongeur car le récif artificiel se situe à une profondeur de 20 mètres. Pour échantillonner l'ensemble des structures déjà en place, un seul plongeur est nécessaire.

### **3.3. Indices**

Une fois les données retranscrites sur informatique, plusieurs indices sont calculés. Ces indices ont pour but de mesurer l'évolution du peuplement de poissons et de crustacés sur l'ensemble du récif artificiel.

#### **3.3.1. Richesse spécifique**

La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces total présentes sur le récif. Ce chiffre permet d'appréhender la vitesse de colonisation du récif. La richesse spécifique sera également exprimée par Famille pour mettre en évidence l'éventuelle existence d'un habitat préférentiel pour une famille donnée.

#### **3.3.2. Abondance**

L'abondance représente le nombre total de poissons et invertébrés de la zone. Elle indique s'il y a plus ou moins de poissons et crustacés quelle que soit leur espèce ou leur taille. Lorsqu'elle augmente, cela peut résulter de l'augmentation de l'espèce dominante seulement ou de l'augmentation de plusieurs espèces. On calculera l'abondance totale et l'abondance relative. L'abondance relative est le rapport du nombre des individus de l'espèce prise en considération au nombre total des individus de toutes espèces confondus (Zaimé et Gautier, 1989). L'abondance relative est représentée par la formule suivante :

$$A.R. = (ni/A.T.)*100$$

ni = effectif de l'espèce

A.T. = effectif total

#### **3.3.3. Diversité spécifique**

##### **3.3.3.1. Indice de Shannon-Weaver**

L'indice de diversité spécifique  $H_i$  (Shannon-Weaver) est fondé à la fois :

– sur le nombre d'espèces présentes dans le relevé  $i$  :  $n_i$

– sur le recouvrement relatif  $R_{ij}$  des différentes espèces  $j$  dans le relevé  $i$

L'équation prend donc la forme suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

### 3.3.3.2. Indice de Simpson

L'indice de Simpson mesure quant à lui la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce :

$$D = \frac{\sum Ni(Ni-1)}{N(N-1)}$$

Ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité. Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Le fait d'ajouter des espèces rares à un échantillon, ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité.

### 3.3.3.3. Indice de Hill

Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon-Weaver et de Simpson :

$$\text{Hill} = (1/D)/e^{H'}$$

1/D : c'est l'inverse de l'indice de Simpson.

e<sup>H'</sup> : c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. 1/D va permettre la mesure du nombre effectif d'individus très abondants. e<sup>H'</sup> va en revanche permettre de mesurer le nombre effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares. Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1, et plus la diversité est faible. Afin de faciliter l'interprétation, il est alors possible d'utiliser l'indice 1-Hill, où la diversité maximale sera représentée par la valeur 1, et la diversité minimale par la valeur 0.

### 3.3.3.4. Régularité ou équitabilité de Pielou

Cet indice mesure la régularité de la distribution des espèces. Elle évolue en fonction de l'âge d'un peuplement ou d'une communauté.

Les peuplements pionniers comportent généralement une ou deux espèces très dominantes et plusieurs très rares, (basse régularité), et évoluent ensuite vers une représentation plus équilibrée des différentes espèces, sans toutefois atteindre l'égalité numérique entre les

espèces. Cette dernière n'aurait d'ailleurs pas de sens particulier, puisque chaque espèce exploite le milieu selon son niveau trophique, sa taille, etc.

$$E = R = H'/H'\max$$

$$H'\max = \log 2S$$

Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une seule espèce; elle tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Un indice d'équitabilité inférieur à 60%, caractérise un environnement perturbé.

### 3.3.4. Biomasse

Les fiches de données morpho-métriques sur le site Fishbase permettent de calculer une estimation de la biomasse totale des poissons et crustacés présents sur le récif. Lorsqu'elle augmente, cela peut résulter de l'augmentation de l'espèce dominante seulement ou de l'augmentation de plusieurs espèces. Cependant, ce calcul nécessite une identification de l'espèce et la présence d'une fiche de calcul disponible en ligne sur l'espèce concernée ou que des recherches spécifiques aient été menées comme pour la langouste (Henri Farugio, 1975).

## 4. Résultats

### 4.1. Richesse spécifique

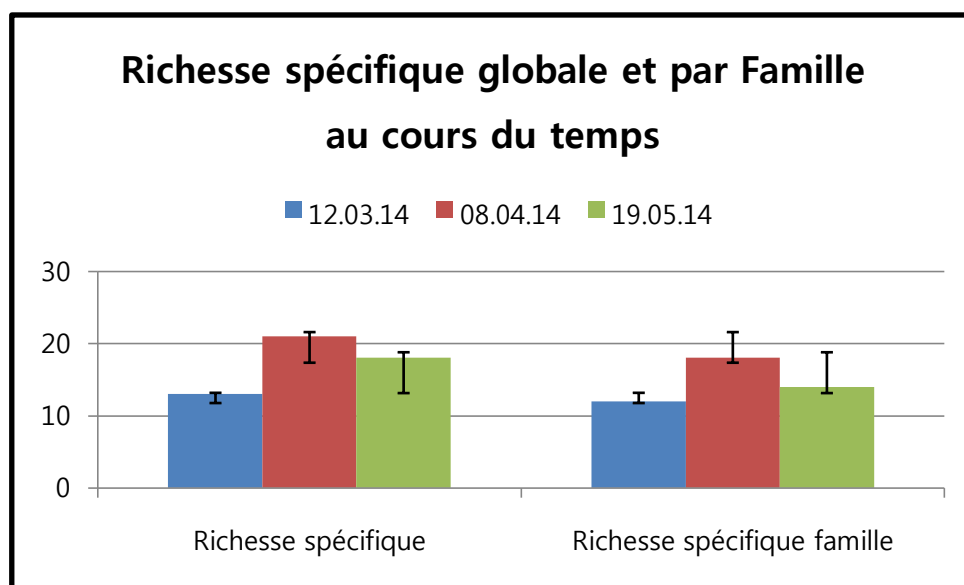


Tableau 1 : Richesse spécifique globale et par famille au cours du temps.

#### 4.1. Abondance

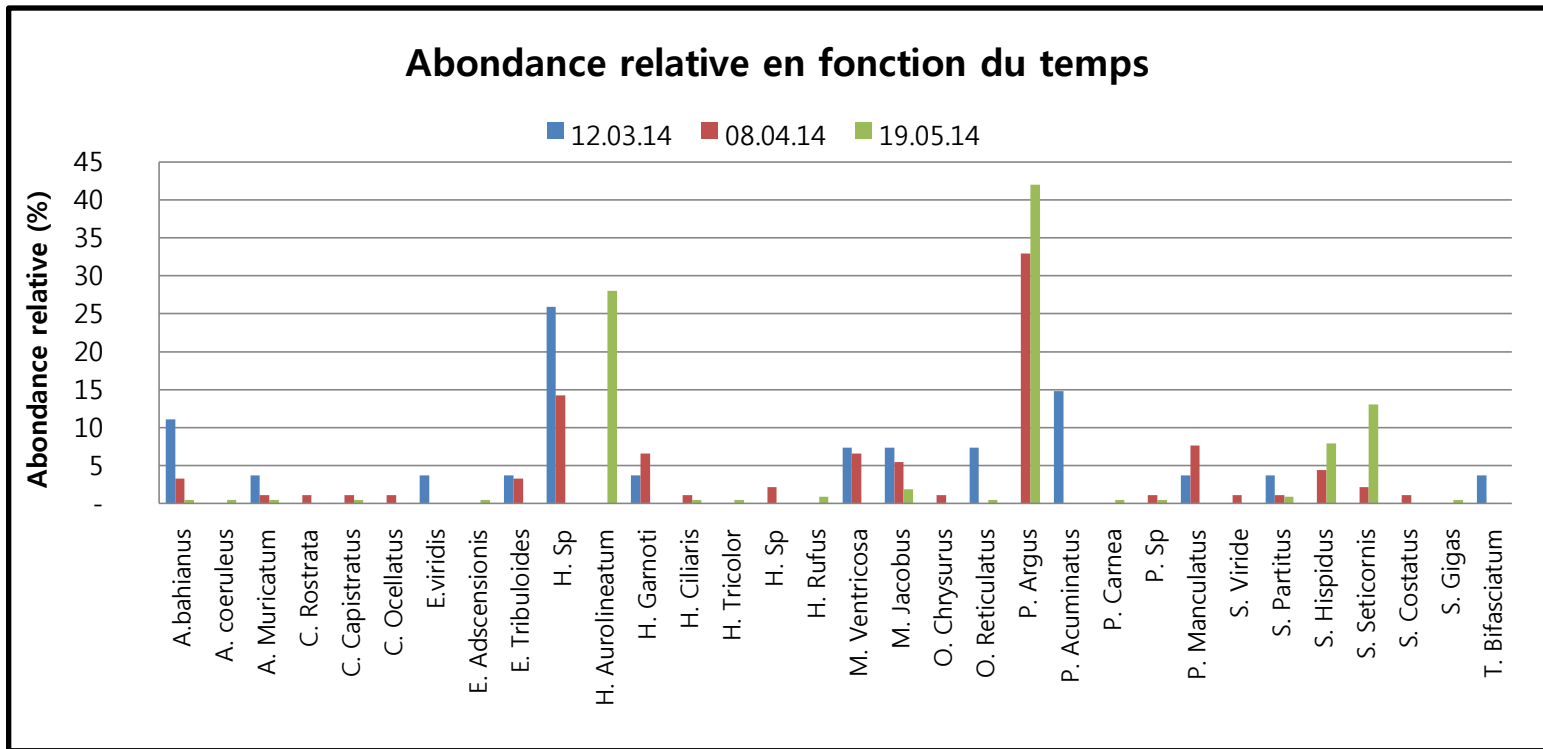


Tableau 2 : Abondance relative en fonction du temps.

#### 4.2. Diversité spécifique

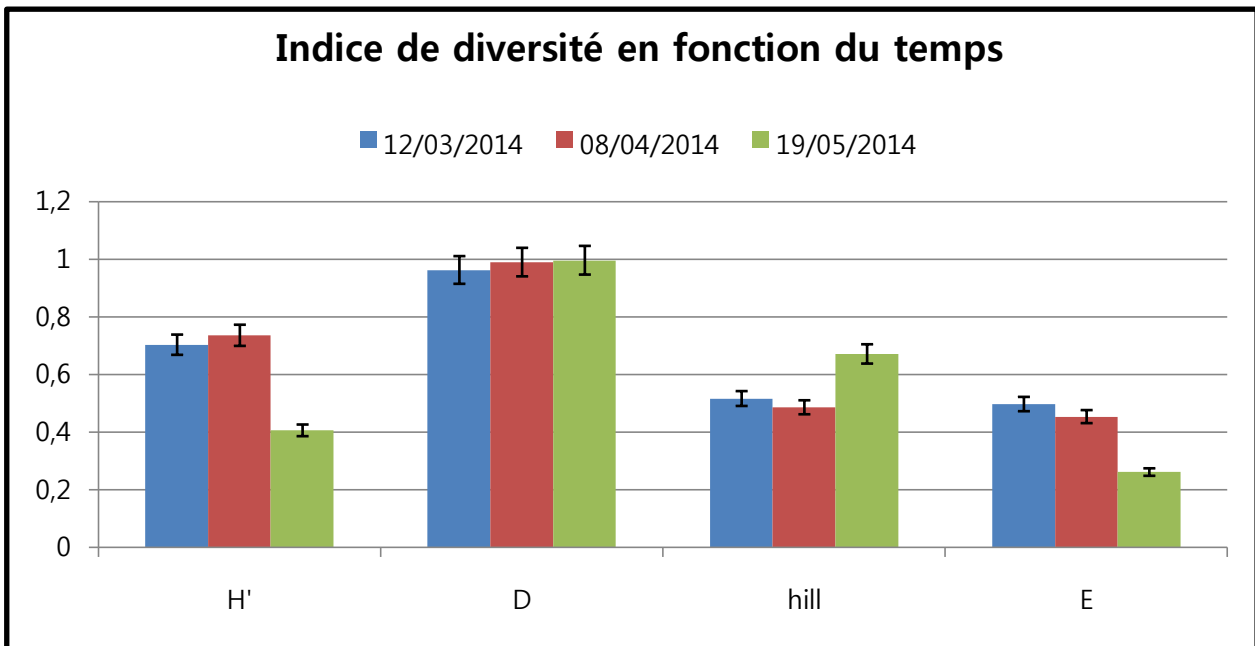


Tableau 3 : Indice de diversité en fonction du temps.

### 4.3 Biomasse totale

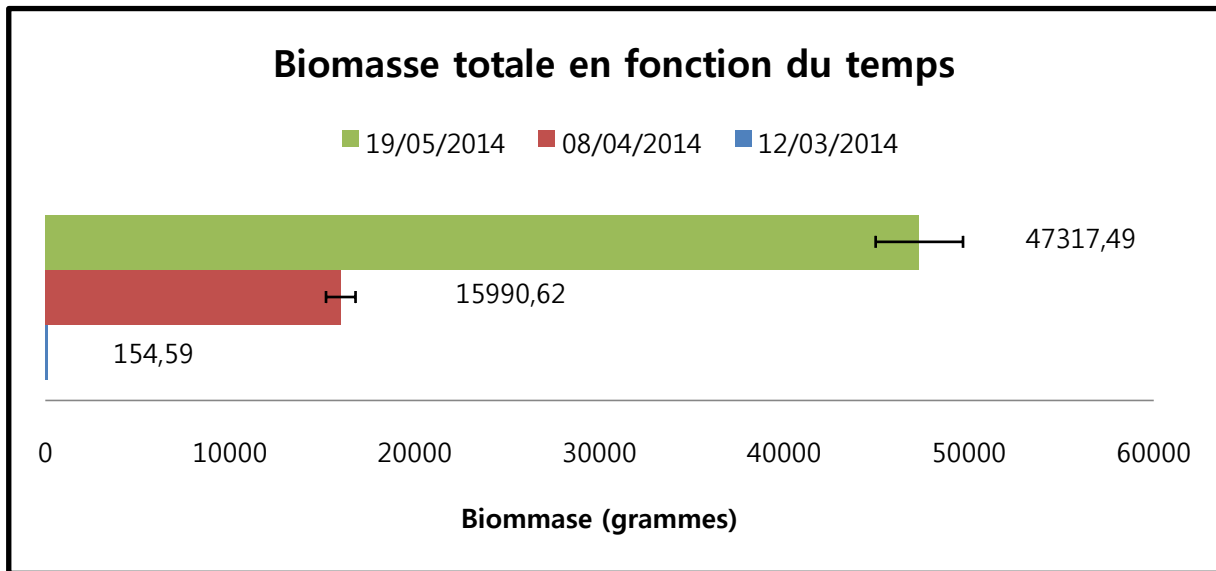


Tableau 4 : Biomasse totale en fonction du temps.

## 5. Discussion

Les résultats traduisent une richesse spécifique globalement faible pour un écosystème corallien. Ceci semble cohérent s'agissant d'un suivi de colonisation d'un habitat artificiel initialement vierge. Une hausse significative semble cependant s'opérer entre le 12 mars (RS=13) et le 8 avril (RS=21). Elle peut s'expliquer par la colonisation d'espèces comme les langoustes ou les crabes du Genre *Portunus* convoitant ces nouvelles niches. Cependant, une diminution non-significative de la richesse spécifique globale s'opère entre le 8 avril (RS=21) et le 19 mai (RS=18).

La richesse spécifique des familles, entre le 12 mars (RSF=12) et le 8 mars (RSF=18) présentent aussi des différences significatives. Celles-ci sont dues à l'arrivée des espèces citées plus haut.

L'abondance totale augmente de manière significative au cours des trois dates d'échantillonnage. La différence la plus remarquable se situe entre le 8 avril (A.T.= 91) et le 19 mai (A.T.=214). Elle s'explique par l'arrivée massive de langoustes (A.R.=42.06%) et de poissons du genre *Haemulon* (A.R.=28.04%).

Cependant, les effectifs relativement faibles par Familles ne permettent pas d'appréhender précisément les modifications de structure de population entre ces trois échantillonnages. La richesse spécifique et l'abondance relative traduisent de faibles effectifs par espèces sur le site.

Le calcul de l'indice de Shannon-Weaver met en évidence une diversité spécifique importante pour les deux premières dates d'échantillonnages ( $H' = 0.702$  et  $0.734$ ). La troisième date est quant à elle significativement différente, affichant une faible diversité ( $H' = 0.404$ ). L'effectif important des langoustes diminue la valeur de  $H'$ .

Le calcul de l'indice de Simpson ne permet pas de distinguer une différence significative de diversité entre les trois dates. La diversité est, dans l'ensemble, très faible ( $D$  proche de 1). Ces valeurs peuvent s'expliquer par le déploiement récent du récif artificiel et par les faibles effectifs des poissons au sein des familles. Le grand nombre d'espèces présentes en milieu tropical réduit d'autant les chances que deux individus colonisant un même habitat, soient issus de la même espèce.

Le calcul de l'indice de Hill met en évidence une diversité spécifique moyenne pour les deux premières dates (Hill= 0.515 et 0.485). La troisième date est significativement différente et met en avant une diversité plus faible que les deux autres (Hill= 0.67).

L'indice d'équitabilité de Pielou nous montre que les espèces sont moyennement distribuées pour les deux premiers échantillonnages ( $E=0.496$  et  $0.452$ ). Cependant, le troisième échantillonnage aboutit à une valeur significativement plus faible que pour les deux autres ( $E=0.260$ ), traduisant la dominance d'une ou plusieurs espèces au sein du peuplement du récif. Cette différence peut s'expliquer par l'effectif important de langoustes et de *Haemulon sp.* en comparaison des autres espèces.

L'estimation exhaustive de la biomasse du récif artificiel est rendue difficile en l'état par manque de données morpho-métriques sur les espèces considérées. De plus, quand les données sont disponibles, elles ne reflètent pas les spécificités propres aux Caraïbes. Une quantification précise de la biomasse, implique l'établissement d'un catalogue morpho-métrique des espèces sur Saint-Martin. Cependant, une évaluation approximative de la biomasse basée sur 11 des 28 espèces présentes reste envisageable (cf : annexe 2). La biomasse subit donc un important accroissement entre le 12 mars ( $B=154$ ) et le 8 avril ( $B=47317$ ). Cette dernière est principalement due à l'installation des langoustes. La biomasse augmente encore lors du troisième échantillonnage, du fait d'une colonisation massive par les langoustes et les *Haemulon sp.*

Aux vues des premiers comptages, il apparaît que certaines des espèces présentent sur site sont de taille relativement importante. Ainsi, sur les 90 langoustes (*Panulirus argus*) observées, toute présentaient une taille de 10 à 20 centimètres sans qu'aucun juvéniles n'ait été observé sur les modules. Ce constat peut s'expliquer soit par une plus grande discrétion des juvéniles plus exposés à la prédation, soit par un phénomène d'attraction d'individus sub-adultes recherchant de nouvelles cachettes et attirés par le récif artificiel (B. Pary, 2004). En créant une discontinuité physique sur le sol meuble, le récif attire les animaux des zones de substrat dur alentour. Ce phénomène permet le recrutement rapide de plusieurs espèces et apparaît d'autant plus important que le premier bloc de substrat dur se situe à une faible distance du récif artificiel (300 mètres). En effet, P. Jernakoff a pu observer des déplacements nocturnes de langoustes de l'ordre de 585 mètres (1987).

Ces résultats pourraient également être biaisés par des contraintes liées à l'échantillonnage. Tout d'abord, la profondeur du site impose des temps de plongée ne dépassant pas une heure, limitant ainsi la durée d'échantillonnage. Ce temps d'échantillonnage peut induire une absence d'observation des individus et espèces les plus discrets. Ce biais ne fera que se renforcer avec le temps et l'augmentation du nombre de modules et de la population les colonisant. Pour y pallier, plusieurs plongeurs procéderont simultanément aux relevés, afin de maximiser le temps d'observation. Cependant, la multiplication du nombre de plongeurs sera également à l'origine de nouveaux biais : augmentation du dérangement, risque de double comptage, précision variable des relevés d'un plongeur à l'autre (H. Pickering, 1997).

Une autre solution serait non plus de faire un comptage par module, mais un comptage sur trois transects (E. Tessier, 2005). La méthode consiste à compter les individus en suivant les transects, physiquement délimités au sol, qui traverse le récif artificiel (cf : Figure 5). Cette méthode permet de réduire le temps de présence du plongeur sur site et donc l'attractivité négative ou positive de celui-ci. Cependant, cette méthode limite les observations d'espèces cryptiques.

En complément des relevés sous-marin, des relevés vidéo furent mis en place. Ils montrent cependant vite leurs limites du fait du manque de lumière et de la proximité entre individus de petite taille. L'ajout de torche ou de flash n'est pas envisageable, entraînant des modifications significatives du comportement des individus ; attraction ou répulsion en fonction des espèces. La vidéo apparaît donc comme technique d'appoint complétant ou affinant les résultats des relevés sous-marins.

Bien que le comptage individuel soit envisageable sur les récifs artificiels en début de colonisation ; cette méthode ne sera en revanche pas viable sur un récif artificiel mature. Plusieurs auteurs préconisent la mise en place de classes de taille et d'abondance pour minimiser la perte d'information (Harmelin-Vivien et Harmelin, 1975). Cette méthode permet de réduire le temps d'échantillonnage, mais limite la précision du comptage.

Enfin, il est communément observé d'importantes variations dans la compositions des assemblages de poissons et des abondances des espèces entre le jour et la nuit (Santos et al., 1996). Aucun échantillonnage nocturne sur le récif artificiel n'a pour l'heure été prévu. Cependant, ce paramètre influence la discrétion des espèces nocturne, comme les langoustes ou encore les mérous, ainsi que celle des espèces effectuant des raids alimentaires nocturnes sur le récif artificiel.

La fréquence d'échantillonnage doit intégrer les taux de renouvellement et les cycles de vie des espèces considérées. Les communautés et les populations biologiques évoluent au cours du temps au sein d'un récif artificiel (E. Charbonnel, 1995). Les premières acquisitions de données montrent que l'intervalle d'un mois entre les comptages est adapté, mais cette période pourra par la suite être affinée, grâce à une meilleure connaissance des espèces colonisatrices. Une plus grande fréquence permettra de suivre les recrutements massifs saisonniers, alors qu'une plus faible fréquence suffira au suivi de peuplement stable. Cependant, l'objectif de ce suivi étant de suivre l'évolution de la colonisation et la diversité. L'échelle de temps choisie ici semble être un bon compromis entre précision et temps investi.

Pour les gestionnaires d'AMP, il est prépondérant de connaître l'efficacité et la « rentabilité » de tels ouvrages. En effet, il leur est fréquemment demandé par la filière pêche d'attester de l'efficacité de l'outil AMP, en termes de retombées économiques. Il en va de même avec les récifs artificiels. L'effet spillover (Mesnildrey et al., 2010) pourrait en effet contribuer à l'augmentation de la disponibilité de la ressource (espèces d'intérêt commerciales). Les langoustes et les *Haemulon sp.* en sont l'exemple type. Cet aspect non pris en compte ici, pourra mettre en évidence la rentabilité du récif artificiel situé en bordure de la Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin.

## **6. Conclusion**

L'outil récif artificiel est aujourd'hui largement connu et médiatisé. Il reste cependant encore peu utilisé par les gestionnaires d'AMP, du fait des contraintes logistiques, et financières qu'il implique. L'objectif du projet pilote de la Réserve Naturelle de Saint-Martin est d'élaborer un outil adapté aux besoins de conservation, tout en adoptant un dimensionnement cohérent avec les capacités matérielles d'un gestionnaire associatif.

Le suivi et l'évaluation des résultats de ce projet autour duquel s'articule ce stage, a impliqué la conception d'une méthodologie spécifique. L'échantillonnage et l'analyse des données collectées doivent permettre de retranscrire fidèlement les évolutions des peuplements de poissons et de crustacés colonisant la structure.

L'évolution de la richesse spécifique, de l'abondance totale et de la biomasse totale traduisent une colonisation du récif artificiel répondant aux objectifs du gestionnaire, en offrant de nouvelles niches à la faune marine. Cependant, les indices de diversité caractérisent la présence d'un peuplement récifal encore récent ou « jeune » : prédominance des espèces pionnières et déséquilibre du peuplement. L'évolution de ce peuplement devrait avec le temps, tendre vers un meilleur équilibre et une meilleure équitabilité.

Le protocole d'échantillonnage nécessite des adaptations particulières pour en faciliter la mise en œuvre et garantir une plus grande robustesse des résultats. La constitution d'une banque de données morpho-métriques spécifique aux espèces marines de Saint-Martin ou encore l'introduction d'indices supplémentaires pourraient également contribuer à une meilleure évaluation du pilote, pour à l'avenir permettre l'élaboration d'un outil adapté aux besoins de Saint-Martin.

Les résultats préliminaires de ce projet-pilote, permettent d'entrevoir sereinement l'implantation d'un second récif dans la baie de North-curve à proximité de l'île de Tintamarre.

## **7. Place du stagiaire dans la structure**

Durant ce stage, j'ai intégré l'équipe de gestionnaires au même titre qu'un chargé de mission. Mes prérogatives incluaient donc une relative autonomie, sous la direction et la responsabilité du Responsable du Pôle scientifique. Dans le cadre de mon sujet de stage, des objectifs mettaient confiés et l'avancée des travaux était contrôlée régulièrement. Je fus force de proposition avant validation des solutions élaborées, pour une mise en œuvre sur le terrain. Je fus donc à même de coordonner en partie la conduite du projet sur la durée de mon stage (suivis, traitement des données et interprétation des premiers résultats).

En plus de cette mission, j'ai pu participer aux diverses missions de routines de la réserve : le suivi hebdomadaire des pontes de tortues marines, le suivi hebdomadaire du nichage des oiseaux marins, le suivi mensuel des oiseaux limicoles, action de sensibilisation et contrôles de Police de l'environnement. J'ai également pu intégrer un atelier technique international



organisé par la réserve, sur le thème de « La gestion des espèces invasives dans la caraïbes », réunissant divers experts et gestionnaires des Petites Antilles.

J'ai également pu collaborer à la conduite des recherches d'autres stagiaires universitaires présent sur la même période, ainsi qu'à une formation à la capture et à la manipulation des iguanes. Certaines de ces interventions furent menées en totale autonomie.

## 8. Bibliographie

- Andrew C. Baker, Peter W. Glynn, Bernhard Riegl, Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 80, Issue 4, 10 December 2008, Pages 435-471, ISSN 0272-7714
- Béatrice Pary, Récifs artificiels en Languedoc-Roussillon : des outils originaux d'aménagement de la bande côtière, Conférence Agropolis Museum , 2004.
- Charbonnel E., Francour P., Harmelin J.-G., 1996. Finfish populations assessment techniques on artificial reefs: a review in the European Union. In *Proceedings of the 1st Conference of the European Artificial Reef Research Network*, pp. 12, Ancona, Italy.
- Charbonnel E., Francour P., Harmelin J.-G., Ody D., 1995. Les problèmes d'échantillonnage et de recensement du peuplement ichthyologique dans les récifs artificiels. *Biologia Marina Mediterranea* 2, 85-90.
- Charbonnel E., Francour P., Harmelin J.-G., Ody D., Bachet F., 2000. Effects of artificial reef design on associated fish assemblages in the Côte Bleue Marine Park (Mediterranean Sea, France). In *Artificial Reefs in European Seas*, eds. Jensen A.C., Collins K.J., Lockwood A.P.M., pp. 365-378. Kluwer Academics Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Charbonnel E., Ruitton S., Bachet F., Maisonneuve De L., Daniel B., Geoffray C., 2001. Les peuplements de poissons des récifs artificiels du parc Marin de La Côte Bleue. Suivi 2000 et évolution à moyen et long terme. *Contrat parc Marin de la côte Bleue & GIS Posidonie, Sausset-les-Pins*.
- Charbonnel E., Serre C., Ruitton S., Harmelin J.-G., Jensen A., 2002. Effects of increase habitat complexity on fish assemblages associated with large artificial reef units (French Mediterranean coast). *ICES Journal of Marine Science* 59, S208-S213.
- Doherty, P.J., 1987. Light-traps selective but useful devices for quantifying the distributions and abundances of larval fishes. *Bull. Mar. Sci.* 41, 423– 431
- Farrugio henri, Observations sur deux langoustes de la martinique *panulzrus argus* et *panulzrus guttatus* : premières données biométriques et étude comparée de leurs croissances relative. *Science et pêche, bull. inst. pêches rarif.*, no 247, mai 1975.
- « Fishbase », Fiches et informations sur les poissons, <http://www.fishbase.org/>, consulté le 9Avril 2014.

- Frontier Serge. Calcul de l'indice de diversité de MARGALEF. Nosy-Bé : ORSTOM, 1968, 4 p. multigr.
- Harmelin-Vivien M.L., J.G. Harmelin & V. Leboulleux. 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiologia*. 300/301: 309-320.
- Helen Pickering, David Whitmarsh, Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the 'attraction versus production' debate, the influence of design and its significance for policy, *Fisheries Research*, Volume 31, Issues 1–2, July 1997, Pages 39-59
- Johnson, M. E., C. Lustic, E. Bartels, I. B. Baums, D. S. Gilliam, L. Larson, D. Lirman, M. W. Miller, K. Nedimyer, S. Schopmeyer. 2011. Caribbean *Acropora* Restoration Guide: Best Practices for Propagation and Population Enhancement. The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Lacroix, D. (2003). « Littoral marin et aménagements artificiels ». Montpellier, Agropolis muséum, 27 p.
- Le Guillou Alexandra, 2009. Etudes sur les récifs artificiels de la zone RAMOGE.
- Mesnildrey, L., Gascuel, D., Lesueur, M., Le Pape, O. 2010. Analyse des effets des réserves de pêche. Rapport de synthèse. Cellule Etudes et Transfert du Pôle halieutique, AGROCAMPUS OUEST. 109 pp
- Omer Polak, Nadav Shashar, Can a small artificial reef reduce diving pressure from a natural coral reef? Lessons learned from Eilat, Red Sea, *Ocean & Coastal Management*, Volume 55, January 2012, Pages 94-100, ISSN 0964-5691
- P. Jernakoff, B.F. Phillips, R.A. Maller, A quantitative study of nocturnal foraging distances of the western rock lobster *Panulirus cygnus* George, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Volume 113, Issue 1, 1987, Pages 9-21, ISSN 0022-0981.
- Santos M.N., Monteiro C.C. & G. Lasserre, 1996. Finfish attraction and fisheries enhancement on artificial reefs: a review. *In*: Jensen A.C. (ed). *European Artificial Reef Research*. Proceedings of the 1st EARRN Conference, Ancona, Italy, 97-114.
- Stephen G. Sutton, Sally L. Bushnell, Socio-economic aspects of artificial reefs: Considerations for the Great Barrier Reef Marine Park, *Ocean & Coastal Management*, Volume 50, Issue 10, 2007, Pages 829-846.
- Sylvain Pioch, Philippe Saussola, Kirk Kilfoyle, Richard Spieler, Ecological design of marine construction for socio-economic benefits: Ecosystem integration of a pipeline in coral reef area, *Procedia Environmental Sciences*, Volume 9, 2011, Pages 148-152, ISSN 1878-0296
- Tessier E., Chabanet P., Pothin K., Soria M. & G. Lasserre, 2005. Visual censuses of tropical fish aggregations on artificial reefs: slate versus video recording devices. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* (315)1:17-30.

## Annexes

Matériaux	Avantages	Inconvénients
Béton moulé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solidité</li> <li>• Durabilité (~50 ans)</li> <li>• Coût modéré</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulation (poids)</li> <li>• Faiblesse des bétons en zone tropicale</li> </ul>
Parpaing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface adaptée à la fixation</li> <li>• Solidité</li> <li>• Durabilité (~50 ans)</li> <li>• Coût faible</li> <li>• Disponibilité</li> <li>• Possibilités architecturales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessité de fixer les parpaings entre eux</li> </ul>
Métal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualités mécaniques</li> <li>• Possibilités architecturales</li> <li>• Épaves « disponibles »</li> <li>• Grande plasticité</li> <li>• Volume important</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hétérogénéité de la corrosion</li> <li>• Aspect de déchet</li> <li>• Relargage</li> <li>• Coût des métaux</li> <li>• Durabilité (~20 ans)</li> </ul>
Pneu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilité</li> <li>• Coût des matières premières</li> <li>• Durabilité (~40 ans)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface peu adaptée à la fixation</li> <li>• Relargage</li> <li>• Aspect de déchet</li> </ul>
Roche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspect naturel</li> <li>• Surface adaptée à la fixation</li> <li>• Résistance mécanique et chimique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulation (poids)</li> <li>• Coût des matières premières et du transport</li> <li>• Pas de cavité intra-structurale</li> <li>• Surface réduite</li> </ul>
Bois	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspect naturel</li> <li>• Coût des matières premières</li> <li>• Résistance mécanique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durée de vie limitée</li> <li>• Dégradé par organismes ligniphages</li> <li>• Possibilités architecturales</li> </ul>

Annexe 1 : avantages et inconvénients des différents types de récifs artificiels (d'après S.Pioch)

12/03/2014				08/04/2014				19/05/2014				
	nb indiv	taille moyenne (cm)	poils indiv (g)	nb indiv	taille moyenne (cm)	poils indiv (g)	nb indiv	taille moyenne (cm)	poils indiv (g)	nb indiv	taille moyenne (cm)	poils indiv (g)
Acanthurus coeruleus	0,0	0,0	0	0	0	0	1	7	10,08	0	0	0
Acanthurus bahianus	3,0	4,3	1,77	3	6	4,64	1	2	0,19	0,19	0	0
Astrophyton muricatum	1,0	6,0	VA	1	NA	VA	1	NA	0	0	0	0
Canthigaster rostrata	0,0	0,0	0	1	3	VA	0	0	0	0	0	0
Chaetodon sp.	0,0	0,0	0	2	4,5	2,62	1	5	3,6	3,6	0	0
Echinometra viridis	1,0	NA	VA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epinephelus adscensionis	0,0	0,0	0	0	0	0	1	6	VA	0	0	0
Eucladus tribuloides	1,0	6,0	VA	3	5,5	VA	0	0	0	0	0	0
Haemulon sp.	7,0	3,0	0,46	13	3	0,46	60	3	0,46	27,6	0	0
Halichoeres garnoti	1,0	2,0	VA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holacanthus sp.	0,0	0,0	0	6	5,2	4,16	2	5	3,7	7,4	0	0
Holocentrus sp.	0,0	0,0	0	2	7	5,98	2	8,5	10,42	20,84	0	0
Meoma ventricosa	2,0	16,0	VA	6	9,3	VA	0	0	0	0	0	0
Myripristis sp.	2,0	12,0	48,41	5	7,5	11,33	4	4	1,62	6,48	0	0
Ogurus chrysurus	0,0	0,0	0	1	2	0,2	0	0	0	0	0	0
Oreaster reticulatus	2,0	NA	VA	0	0	0	1	15	VA	0	0	0
Panulirus argus	0,0	0,0	0	30	15	525	90	15	525	47250	0	0
Pareques acuminatus	4,0	2,0	VA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinna carnea	0,0	0,0	0	0	0	0	1	10	VA	0	0	0
Portunus sp.	0,0	0,0	0	1	10	VA	1	7	VA	0	0	0
Pseudupeneus maculatus	1,0	12,0	30,91	7	10	17,73	0	0	0	0	0	0
Sparisoma viride	0,0	0,0	0	1	10	21,87	0	0	0	0	0	0
Stegastes sp.	1,0	3,0	0,69	1	3	0,69	2	3	0,69	1,38	0	0
Stenopus hispidus	0,0	0,0	0	4	5	VA	0	4	VA	0	0	0
Stenorhynchus seticosus	0,0	0,0	0	2	2	VA	28	3	VA	0	0	0
Strombus gigas	0,0	0,0	0	0	0	0	1	10	VA	0	0	0
Strombus costatus	0,0	0,0	0	1	15	VA	0	0	0	0	0	0
Thalassoma bifasciatum	1,0	12,0	17,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Biomasse totale			Biomasse totale			Biomasse totale			Biomasse totale
			154,59			15990,62			47317,49			

Annexe 2 : tableau de calcul de la biomasse totale et spécifique.