

UNIVERSITE DES ANTILLES ET DE LA GUYANE  
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES



MASTER RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
BIODIVERSITE TROPICALE  
Spécialité : Ecosystèmes naturels et exploités

INFLUENCE DU FACTEUR ALIMENTAIRE SUR L'ABONDANCE  
DES TORTUES IMBRIQUEES (*Eretmochelys imbricata*)  
DANS L'ARCHIPEL GUADELOUPEEN

*Valérie Houmeau*



*Directeur du stage : Professeur Marc Girondot*

*Co-encadrant : Eric Delcroix*

*Laboratoire Ecologie, Systématique et Evolution - Université de Paris Sud*

*Equipe de Conservation des Populations et des communautés*

*Soutenu le : 29 Juin 2007*

## REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je voudrais remercier mon maître de stage, le **Professeur Marc Girondot**, de m'avoir acceptée en stage et de m'avoir soutenu pendant ces 6 mois. Je le remercie vivement de m'avoir fait partager ses connaissances sur les tortues marines, la modélisation des données et le travail de recherche en général. J'ai énormément appris au cours de ce stage et j'en retire un grand bénéfice. Je le remercie également pour avoir toujours été présent pour moi lors de mon étude malgré la distance (vive **Skype** !!!).

Je voudrais également remercier le **Docteur Claude Bouchon** pour son aide et pour m'avoir fait partager son expérience du travail en plongée sur les organismes benthiques. Je le remercie aussi de m'avoir permis de tester les méthodes d'échantillonnage en sa compagnie. Enfin, je lui suis extrêmement reconnaissante de m'avoir aidée devant mes difficultés à déterminer quelques éponges récalcitrantes.

Je voudrais également accorder des remerciements tout particulier à **Eric Delcroix** et à l'association **Kap' Natirel** pour leur soutien technique, logistique et financier tout au cours de ce stage. Un grand merci à Eric d'avoir toujours été présent dès que j'en ai eu besoin. Merci aussi aux différents membres du réseau des tortues marines de Guadeloupe qui m'ont apporté leur aide avec les autopsies, merci **Eric** et **Laurent** et leur soutien logistique ; un grand merci **Philippe** !

Merci à **Franck Mazéas** de la **DIREN** pour son aide au niveau technique, ses photos et pour m'avoir accompagnée lors de quelques unes de mes plongées.

Cette page ne serait pas complète si je ne remerciais pas les différents clubs de plongées qui ont bien voulu accepter les contraintes de mes sorties de terrain en m'emmenant toujours sur les bons sites. Merci à **Tropical Sub** à Deshaies avec Jean-Pierre, Eric, Emilie, Astride, Sophie et Axel . Merci aussi à **Jazz d'Anse Caraïbe Plongée**, Jacques du **Centre de Plongée des Ilets** à Malendure. Enfin, un grand merci également aux clubs des Saintes : **Pisquettes** avec Cédric, Claire, Petiane, JC et Yannick et **La Dive Bouteille** avec Luc et Sylvie. Merci aussi au **club de plongée de l'Anse à la Barque** et à Stéphane qui m'a permis, avant de

commencer le terrain, de prendre des photos d'éponges en plongée pour m'aider lors de l'identification.

A tous, merci de nous avoir moi et mes binômes aussi bien accueillis au cours de ces 46 plongées, de nous avoir fait partager votre expérience des sites et votre bonne humeur.

Je voudrais adresser des remerciements tous particulier à mes chers binômes de plongée, **Jonas, Fabienne, Thomas, Eric et Franck** pour m'avoir apporté leur aide en plongée et pour m'avoir rapporté des images fabuleuses de notre travail sous l'eau. Merci à vous d'avoir suivi le rythme intense des plongées successives sans jamais vous plaindre, jamais je n'aurais pu terminer cette étude sans votre aide.

Merci enfin à tous les autres qui ont été là à un moment ou à un autre pour m'apporter leur aide ou leur soutien. **Emilie, Murielle et Giulia** se souviendront sûrement longtemps de cadavres et d'estomacs de tortue nauséabonds. Mention particulière à **Murielle** pour son aide avec le SIG !! Merci à **Johan Chevalier** pour ses conseils avisés, au **Dr Carlos Diez** pour l'étude des contenus stomacaux, au **Dr Pedro Alcolado** pour ses conseils sur les éponges, à **ma famille, mes amis ... et surtout...**

*Merci aux tortues et à la mer de continuer à me faire rêver.*



# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
MATERIEL ET METHODE.....	3
1. Analyse des données du protocole INAScuba .....	3
1.1. Présentation du protocole INAScuba.....	3
1.1.1. Objectif du protocole.....	3
1.1.2. Principe.....	3
1.1.3. Sites .....	3
1.2. Tri des données .....	3
1.2.1. Elimination des données occasionnelles.....	3
1.2.2. Elimination des données sur les épaves ou sur les herbiers à phanérogames marines .....	4
1.3. Etude des variations du nombre moyen de tortues imbriquées .....	4
1.3.1. Caractérisation des sites pour l'abondance des tortues imbriquées. ....	4
1.3.2. Estimation de l'effet saisonnier sur chacun des sites .....	5
1.3.3. Etude de la variation du nombre de tortues imbriquées de façon globale.....	6
2. Choix des sites ou groupements de sites.....	6
3. Etude du recouvrement en éponge sur les zones récifales choisies.....	6
3.1. Choix de la méthode .....	6
3.1.1. Transects linéaires.....	6
3.1.2. Méthode d'Eliot Allen (2001).....	7
3.2. Calcul du pourcentage de recouvrement des fonds récifaux en éponge .....	7
3.3. Calcul de la richesse spécifique.....	8
3.4. Calcul de l'indice volumique des éponges.....	8
4. Mise en relation des données INAScuba et des communautés de porifères.....	9
4.1. Analyse Factorielle des Correspondances : Structure des communautés .....	9
4.2. MANOVA : Effet des tortues imbriquées sur les peuplements d'éponges.....	9
RESULTATS.....	10
1. Analyse statistique des données du protocole INAScuba.....	10
1.1. Tri des données .....	10
1.1.1. Côte sous le Vent .....	10
1.1.2. Port-Louis .....	10
1.1.3. Les Saintes .....	10
1.2. Abondances de tortues imbriquées .....	11
Une moyenne d'observation de tortues imbriquées en plongée a été calculée pour chaque site de plongée à partir des données récoltées par les centres de plongée dans le cadre du protocole INAScuba. Ces abondances sont représentées dans les histogrammes suivants. ....	11
1.3. Etude des variations au cours du temps .....	12
1.3.1. Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution des observations de tortues imbriquées en plongée sur la Côte sous le vent.....	12
1.3.2. Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution des observations de tortues imbriquées en plongée sur la zone de Port-Louis.....	14
1.3.3. Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution des observations de tortues imbriquées en plongée aux Saintes.....	14
1.3.4. Effet saisonnier .....	15
1.3.5.1. Effet saisonnier sur la Côte sous le Vent.....	15
1.3.5.2. Effet saisonnier sur la zone de Port-Louis.....	18

1.3.5.3. Effet saisonnier aux Saintes .....	18
1.3.6. Taux d' accroissement identique pour tous les sites .....	20
1.4. Choix des sites d'études .....	20
2. Etude des recouvrements des fonds récifaux en éponges .....	21
2.1. Détermination du recouvrement en éponges .....	21
2.2. Détermination de la Richesse Spécifique en éponges.....	22
2.3 Détermination de l'Indice Volumique Global des éponges .....	24
2.4. Recouvrement spécifique en éponge des fonds récifaux des Saintes et de la Côte sous le Vent .....	26
3. Structuration des communautés d'éponges.....	27
3.1. Structure des communautés de porifères.....	27
3.2. Effet de la présence des tortues marines sur les communautés d'éponges .....	28
4. Représentation cartographique des résultats .....	31
DISCUSSION .....	32
1. Analyse des données INAScuba.....	32
2. Etude des variations d'observations de tortues imbriquées .....	33
3. Etude du recouvrement en éponge des fonds récifaux sur la Côte sous le Vent et aux Saintes.....	34
3.1. Etude du recouvrement en éponge.....	34
3.2. Richesse spécifique.....	35
3.3. Indice Volumique.....	35
3.4. Etude spécifique des éponges.....	35
4. Effet des tortues imbriquées sur les peuplements porifères .....	36
CONCLUSION .....	38
BIBLIOGRAPHIE .....	39

## TABLE DES FIGURES

Figure 1: Estimation du pourcentage de recouvrement des éponges sur les fonds récifaux par la méthode de calcul des intercepts sur transect linéaire .....	8
Figure 2: Dimensions des éponges pour le calcul de l'indice volumique.....	8
Figure 3: Moyenne d'observation de tortues imbriquées par plongée sur chaque site de la Côte sous le Vent entre 2002 et 2006 .....	11
Figure 4: Moyenne d'observation de tortues imbriquées par plongée sur chaque site de la zone de Port-Louis entre 2003 et 2006.....	11
Figure 5: Moyenne d'observation de tortues imbriquées par plongée sur chaque site des Saintes entre 2002 et 2006 .....	12
Figure 6: Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution du nombre d'observations de tortues imbriquées en plongée sur la Côte sous le Vent (N=36).....	13
Figure 7: Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution des observations de tortues imbriquées en plongée sur la Côte sous le Vent (N=25).....	13
Figure 8: Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution du nombre d'observations de tortues imbriquées en plongée sur la zone de Port-Louis (N=7).....	14
Figure 9: Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution du nombre d'observations de tortues imbriquées en plongée aux Saintes (N=16).....	15
Figure 10: Comparaison de la variation saisonnière du nombre d'observation de tortues imbriquées en plongée de quatre sites de la Côte sous le Vent.....	17
Figure 11: Comparaison des variations saisonnières d'observations de tortues imbriquées de deux sites différents des Saintes.....	19

Figure 12: Recouvrement moyen (en %) en éponges sur les fonds récifaux des sites d'étude de la Côte sous le Vent.....	21
Figure 13: Recouvrement moyen (en %) en éponges sur les fonds récifaux des sites d'étude des Saintes.....	22
Figure 14: Comparaison du recouvrement moyen en éponges (en %) entre la Côte sous le Vent et Les Saintes.....	22
Figure 15: Richesse spécifique moyenne en éponge des sites d'étude de la Côte sous le Vent.....	23
Figure 16: Richesse spécifique en éponge des sites d'étude des Saintes.....	24
Figure 17: Comparaison de la richesse spécifique moyenne entre la Côte sous le Vent et les Saintes.....	24
Figure 18: Indice Volumique Global des éponges sur les sites d'étude de la Côte sous le Vent.....	25
Figure 19: Indice Volumique Global des éponges sur les sites d'étude des Saintes.....	25
Figure 20: Comparaison de l'indice volumique moyen des éponges de la Côte sous le Vent et des Saintes.....	26
Figure 21: Recouvrement moyen (en %) de chaque espèce d'éponge sur la Côte sous le Vent.....	26
Figure 22: Recouvrement moyen (en %) de chaque espèce d'éponge aux Saintes.....	27
Figure 23: Résultats sur les trois premiers axes de l'Analyse Factorielle de Correspondance permettant de visualiser la structure des communautés de Porifères en fonction du pourcentage de recouvrement des sites.....	28
Figure 24: Résultat de la MANOVA pour expliquer le recouvrement des sites par les éponges. Les effets hautement significatifs sont surlignés.....	29
Figure 25: Résultats des ANOVA cherchant une relation entre les communautés de porifères et les tortues marines.....	30
Figure 26: Tableau des coefficients ANOVA pour l'Indice volumique linéarisé.....	30
Figure 27: Effets du nombre moyen d'observations sur les 4 dernières années et le taux d'accroissement lambda sur l'Indice volumique linéarisé. La partie basse du graphique présentée en transparence correspond à une zone où le nombre de données disponibles ne permet pas une interprétation sûre des valeurs obtenues.....	31

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoïdale sur chaque site de la Côte sous le Vent.....	16
Tableau 2: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoïdale sur chaque site de la Côte sous le Vent (suite).....	16
Tableau 3: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoïdale sur chaque site de la Côte sous le Vent (fin).....	16
Tableau 4: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoïdale sur chaque site de la zone de Port-Louis.....	18
Tableau 5: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoïdale sur chaque site des Saintes.....	18
Tableau 6: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoïdale sur chaque site des Saintes (fin).....	19
Tableau 7: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle pour r différent sur chaque site au modèle de croissance exponentielle pour r commun à tous les sites.....	20

## **AVANT PROPOS**

Créé en 1999, le Réseau des Tortues Marines de Guadeloupe a pour but de mettre en œuvre le Plan de Restauration des Tortues Marines des Antilles Françaises (PRTMAF) en partenariat avec les acteurs du Réseau Martiniquais. Ce plan a pour but de permettre aux populations de tortues marines de se remettre des importantes diminutions d'effectifs subies au cours des derniers siècles.

Le réseau regroupe un ensemble d'associations, d'administrations, de centres de plongée et de volontaires qui aident à la collecte des données sur les tortues marines dans l'archipel Guadeloupéen, à la sensibilisation de différents publics et à la mise en œuvre d'actions de conservation.

Cette étude fait partie des actions identifiées dans le PRTMAF, déclinée dans l'objectif C.2. « Détermination du statut de conservation des tortues marines en alimentation aux Antilles Françaises ».

L'association Kap' Natirel qui s'occupe de l'animation du réseau, par son animateur Eric Delcroix a permis le financement d'une partie du travail de terrain et de la logistique au cours de ce stage. Le Laboratoire d'Ecologie et de Systématique de l'Université d'Orsay a participé lui aussi au financement d'une partie de cette étude.

Le Professeur Marc Girondot de l'Université d'Orsay, mon maître de stage, fait partie des experts scientifiques ayant participé à l'élaboration du Plan de Restauration des Tortues Marines de Guadeloupe.

## INTRODUCTION

Depuis des siècles, les populations de tortues marines ont subi d'importantes diminutions de leurs populations. Chassées de façon intensive par l'homme pour leur chair, leurs écailles ou leurs œufs, elles sont aujourd'hui menacées de disparition et sont classées comme étant « vulnérable », « en danger » ou « en danger critique d'extinction » par la « World Conservation Union » (IUCN). La tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) fait partie des plus menacées, car considérée comme étant « en danger critique d'extinction ». Elle fait donc, comme les autres tortues marines, l'objet de nombreux programmes d'étude et de conservation un peu partout dans le monde.

Bien que les tortues marines passent, au plus, 1% de leur vie au niveau des plages de ponte (à l'état d'embryon, de nouveau né ou de femelle venant pondre), à peu près 90% de la littérature consacrée à la biologie des tortues marines est consacrée à l'étude des plages de pontes (Bjorndal 1999). De façon générale, la recherche sur les plages de pontes est nettement moins onéreuse et voit un taux d'observation de tortues bien plus élevé, si l'on considère l'effort fourni, que ce que procure la recherche sur les zones d'alimentation (Bjorndal 1999). Il subsiste donc encore des lacunes dans la connaissance de la biologie des tortues marines lorsqu'elles se trouvent en mer.

La tortue imbriquée est une espèce vivant sur les récifs coralliens des zones tropicales. Des études du régime alimentaire de cette espèce dans les caraïbes ont pu établir qu'elle se nourrit presque exclusivement d'éponges (León 2002, Meylan 1988, Van Dam 1997). Par ailleurs, les tortues imbriquées dans la Caraïbe sont considérées comme relativement sélectives vis-à-vis de leur alimentation et se nourrissent d'un nombre assez réduit d'éponges différentes (León 2002).

Cette espèce de tortue a donc un impact non négligeable sur le recouvrement en éponges au niveau des récifs coralliens étant donné qu'elle constitue un prédateur majeur des éponges. Les tortues imbriquées peuvent donc influencer la diversité du récif et la succession des espèces en influençant la compétition pour l'espace (Bjorndal et Jackson 2003) et elles pourraient servir d'indicateur important de la santé des environnements côtiers et marins aussi bien à une échelle locale que globale (Frazier 1999).

L'Etat de conservation des populations de tortue imbriquée en Guadeloupe était au cours des dernières décennies du 20<sup>ème</sup> siècle catastrophique (Kermarrec 1976) et nécessitait la mise en place urgente de mesure de conservation pour éviter leur disparition. Elles sont protégées

depuis 1991 en Guadeloupe et font l'objet d'un Plan National de Restauration. L'évolution de leur population est aujourd'hui suivie depuis 1999 par le Réseau des Tortues Marines.

Au sein de ce programme, un protocole de suivi des populations de tortues en alimentation a été mis au point. Ce programme appelé protocole INAScuba et mis en œuvre en 2002, permet, grâce à la participation des centres de plongée de Guadeloupe, de noter les observations de tortues marines à chacune des sorties en plongée.

Cette présente étude a consisté, dans un premier temps, à trier et analyser ces données, afin de déterminer les grandes tendances d'évolution des populations de tortues imbriquées sur les zones récifales de Guadeloupe.

D'autre part, dans de nombreux cas, les espèces clé ou les espèces indicatrices de la présence de tortues marines sont les proies (Diez 1999). Pour les tortues imbriquées il s'agit en l'occurrence des éponges. La seconde étape de ce travail a donc consisté en l'étude des fonds marins, et plus précisément des zones récifales, pour déterminer le recouvrement en éponges, sur des sites choisis suite à l'analyse statistique des données INAScuba.

Enfin, une comparaison des résultats statistiques obtenus sur les observations de tortues, et sur les pourcentages de recouvrement en éponge, a cherché à déterminer s'il existe un lien entre ces deux paramètres sur les zones récifales de l'archipel guadeloupéen.

# MATERIEL ET METHODE

## 1. Analyse des données du protocole INAScuba

### 1.1. Présentation du protocole INAScuba

#### 1.1.1. Objectif du protocole

Mis en place en 2002, dans le cadre du Plan de Restauration des Tortues Marines de Guadeloupe, le protocole INAScuba a pour but de suivre l'évolution des populations de tortues autour de la Guadeloupe grâce à la participation des centres de plongée.

#### 1.1.2. Principe

Basé sur le volontariat des centres de plongée, ce protocole a pour but d'estimer, au cours du temps, les grandes tendances d'évolution des populations de tortues marines de l'archipel guadeloupéen. Les centres de plongée volontaires notent chacune de leur sortie ainsi que le nombre et l'espèce des tortues marines rencontrées au cours de la plongée. Cette étude s'intéresse principalement aux observations de tortues imbriquées, *Eretmochelys imbricata* car les plongées se déroulent surtout principalement en zones récifales et non sur les herbiers à phanérogames marines, zones d'alimentation des tortues vertes, *Chelonia mydas*. Le modèle de fiches utilisées par les centres pour reporter leurs observations est présenté en **annexe 1**.

#### 1.1.3. Sites

Le protocole INAScuba est suivi dans les eaux guadeloupéennes au niveau de la côte sous le vent, de Port Louis, de Saint-François, mais aussi aux Saintes, à Marie-Galante et à Saint-Barthélemy.

Pour le travail mené dans le cadre de cette étude, il a été décidé de s'orienter sur les zones de la Côte sous le vent, de Port Louis et des Saintes en raison du temps et du budget limité alloué de cette étude.

### 1.2. Tri des données

Les données récoltées dans le cadre du protocole INAScuba depuis 2002 pour certaines zones et depuis 2003 pour la plupart, offrent un panel de plus de 15000 sorties. Il a été indispensable de trier ces données afin d'en extraire un résultat statistiquement homogène.

#### 1.2.1. Elimination des données occasionnelles

Beaucoup de centres de plongée prospectent la côte de façon continue à la recherche de nouveaux sites propices à la plongée. Ainsi, un certain nombre de données correspondent à des plongées uniques ou peu répétées sur des sites peu fréquentés. Toutes ces données

occasionnelles ont été éliminées de la base de données car elles ne présentent aucun intérêt statistique puisque non ou insuffisamment répétées.

De même, les sites de plongée pour lesquels des données ont été récoltées sur une seule année ou les sites pour lesquels aucune observation de tortue n'a été faite ne peuvent pas faire l'objet d'une étude statistique des variations au cours du temps. Ces données ont été éliminées pour l'analyse statistique.

### **1.2.2. Elimination des données sur les épaves ou sur les herbiers à phanérogames marines**

Cette étude s'intéressant uniquement aux zones récifales, il a été nécessaire d'éliminer les données de plongées réalisées sur les sites ne correspondant pas à ce type de milieu. Toutes les observations faites sur les épaves ou les zones d'herbier à phanérogames marines ont donc été supprimées de la base de données. Cela a également permis d'homogénéiser le type de données à analyser car elles correspondent alors à un même type de milieu : les zones récifales.

## **1.3. Etude des variations du nombre moyen de tortues imbriquées**

Afin de choisir les sites sur lesquels l'étude a été menée, il a été indispensable d'effectuer un travail statistique préliminaire, visant à vérifier s'il existe des variations du nombre moyen de tortues observées au cours du temps.

### **1.3.1. Caractérisation des sites pour l'abondance des tortues imbriquées.**

Les données d'observation de tortues imbriquées ont été analysées site par site. Un modèle de croissance exponentielle  $y_t = N_0 e^{rt}$  a été appliqué sur les abondances, la variable  $t$  désignant des quinzaines de jours. L'ajustement des valeurs de  $N_0$  et  $r$  (taux d'accroissement) a été pratiqué par la méthode du maximum de vraisemblance, sous l'hypothèse d'une distribution de Poisson du nombre d'observations. Cette distribution statistique a été choisie car :

- la nature des observations correspond à un nombre d'individus
- le nombre d'observations au cours d'une même plongée est faible

Toutes les vraisemblances ont été calculées et seront présentées sous la forme de l'inverse du logarithme népérien pour faciliter les calculs. Les vraisemblances sont proportionnelles à la probabilité d'observer les données dans le modèle.

La vraisemblance d'une observation  $N_i$  dans une loi de Poisson de paramètre  $\lambda$  est :

$$-LnL_i = -Ln\left(\frac{e^{-\lambda} \lambda^{N_i}}{N_i!}\right)$$

Par ailleurs le nombre moyen de tortues imbriquées observées sur chaque site de plongée pendant les 4 années d'études a été calculé en utilisant les résultats de la modélisation du nombre d'observations par une croissance exponentielle. Une valeur semblable a été calculée prenant en compte uniquement les mois de décembre 2005 et janvier 2006, donc la fin de la série temporelle analysée. Ce nombre représente la situation actuelle de présence des tortues marines sur le site.

L'erreur standard de  $r$ , de  $N_0$  et des deux moyennes précédemment définies a été calculé grâce à la matrice d'information de Fisher : l'inverse de la dérivée seconde partielle pour le paramètre au point correspondant au maximum de vraisemblance est un estimateur de l'erreur standard sur ce paramètre. Les paramètres estimés par le maximum de vraisemblance sont distribués normalement.

Les vraisemblances ont été transformées en Akaike Information Content (Akaike 1974) pour comparer différents modèles (Burnham and Anderson 2002).

L'Akaike Information Content ou AIC est caractérisé de la façon suivante :

$$AIC = -2LnL + 2.p \quad \text{avec } p = \text{Nombre de paramètres pris en compte}$$

Dans le cas de la croissance exponentielle, les paramètres considérés sont  $r$  et  $N_0$  c'est-à-dire deux paramètres ;  $p=2$ .

L'Akaike Weight a ensuite été utilisé pour comparer la probabilité des différents modèles à représenter au mieux les observations. Il est calculé par la formule suivante (Burnham and Anderson 2002):

$$W_i = \frac{\left(\exp\left(-\frac{1}{2}.\Delta AIC_i\right)\right)}{\sum_{j=1}^k \left(\exp\left(-\frac{1}{2}.\Delta AIC_j\right)\right)}$$

L'Akaike weight  $W_i$  donne la probabilité que le modèle  $i$  soit le meilleur parmi les  $k$  testés.

### 1.3.2. Estimation de l'effet saisonnier sur chacun des sites

En raison de leur cycle de reproduction, les tortues imbriquées sont amenées à effectuer des migrations pour se rendre de leur site de ponte à leur site d'alimentation pour les femelles, et du site de reproduction au site d'alimentation pour les mâles. Il est donc possible de penser qu'un effet saisonnier pourrait être discernable au niveau des observations de tortues imbriquées en plongée.

Afin de déterminer s'il existe un effet saisonnier influençant le nombre de tortues imbriquées sur chaque site, une fonction sinusoïdale superposée à la croissance exponentielle a été ajustée

sur les données. La période, c'est-à-dire le nombre de quinzaine dans une année, de cette fonction est de 24.

Pour tester la significativité de cette fonction, l'Akaike Information Content ( $AIC_{sin}$ ) a été calculée et l'Akaike Weight a été utilisé pour comparer ce modèle au modèle de la croissance exponentielle sans effet saisonnier.

Dans ce cas, les paramètres à prendre en compte pour calculer l' $AIC_{sin}$  sont  $r$ ,  $N_0$ , le décalage et l'amplitude, soit quatre paramètres ;  $p=4$ .

### **1.3.3. Etude de la variation du nombre de tortues imbriquées de façon globale.**

Afin de tester si les variations du nombre de tortue imbriquées sont globalement les mêmes sur tous les sites, le modèle de croissance exponentielle a été testé en prenant une valeur de  $r$  commun à tous les sites. Un AIC global a alors été calculé avec  $r$  différent selon le site et un autre avec  $r$  commun à tous les sites. Ces AIC ont été comparés à l'aide de l'Akaike Weight pour établir si un modèle considérant chaque site indépendamment, est meilleur qu'un modèle considérant les sites de façon globale.

## **2. Choix des sites ou groupements de sites**

Une sélection des sites les plus intéressants, d'un point de vue des observations de tortues imbriquées a été nécessaire pour l'étude du recouvrement des fonds en éponge. L'étude des paramètres de la variation du nombre moyen d'observation de tortues imbriquées dans le temps, a permis d'établir des groupements de sites, dont les variations dans le temps et la moyenne de tortues imbriquée sont proches voire similaires. Ces sites ont été regroupés en classes, et deux ou trois sites de chaque classe ont alors été choisis pour être utilisés dans l'étude du recouvrement en éponge.

Par ailleurs, les sites choisis devaient présenter une incertitude faible sur les estimations des paramètres ce qui impliquait de ne sélectionner que les sites avec beaucoup de données.

## **3. Etude du recouvrement en éponge sur les zones récifales choisies**

### **3.1. Choix de la méthode**

#### **3.1.1. Transects linéaires**

La méthode par transects linéaires consiste à compter et répertorier les éponges croisées le long de la ligne du transect. Par ailleurs, la position des éponges est relevée afin de calculer

l'intercept qui correspond à la longueur de contact entre le transect et l'éponge. Cette solution a été préférée à un échantillonnage sur cadrat pour des raisons de faisabilité.

### 3.1.2. Méthode d'Eliot Allen (2001)

La méthode d'Eliot Allen (Allen 2001) est une technique permettant d'estimer le nombre d'échantillons nécessaires, c'est-à-dire la longueur de transect nécessaire, pour obtenir une estimation du recouvrement avec une erreur connue. La taille des linéaires servant d'échantillons est de 5 m. Dans le cas de cette étude, l'erreur admise est de 20% par transect, sachant que ceux-ci sont répétés trois fois. Le nombre d'échantillons nécessaires pour atteindre 20% d'erreur est :

$$N = \frac{s^2}{(0,2^2 \times m^2)} \text{ où } s^2 \text{ et } m \text{ sont respectivement les variances et moyennes des observations}$$

par échantillon.

Si chaque échantillon est un transect de 5 m linéaire, la longueur nécessaire pour estimer le recouvrement des fonds avec une erreur de 20% sera donc de :  $L = N \times 5$ .

Les premières sorties effectuées avec le Pr Claude Bouchon (Université Antilles-Guyane) ont permis d'estimer  $N=12$  pour atteindre cette erreur de 20%. Des transects de 60 m ont donc été réalisés dans la suite de l'étude.

### 3.2. Calcul du pourcentage de recouvrement des fonds récifaux en éponge

Deux types de recouvrement ont été calculés à partir des intercepts mesurés : un pourcentage global de recouvrement en éponge et un recouvrement spécifique c'est-à-dire le recouvrement de chaque espèce d'éponge (lorsque l'identification a été possible).

Pour calculer le pourcentage de recouvrement global, la méthode suivante a été utilisée.

$$RG = \frac{\sum \text{int}}{L} \times 100 \text{ avec } \textit{int} \text{ les intercepts mesurés sur chaque éponge et } L \text{ la longueur de}$$

transect soit 60m.

Le long de chaque transect linéaire, chaque éponge traversée par cette ligne a été comptabilisée et identifiée. Par ailleurs, la longueur de contact (ou intercept) entre le transect et l'éponge a été mesurée. Par ailleurs, les éponges comptabilisées ne concernent que les éponges d'une taille supérieure à 5cm sur au moins une de ses dimensions. Cette taille de référence a été choisie de façon arbitraire en émettant l'hypothèse que les tortues imbriquées s'intéressent plus facilement aux éponges de taille non négligeable qu'elles pourraient repérer facilement. Par ailleurs, cela simplifie l'échantillonnage en matière de temps.

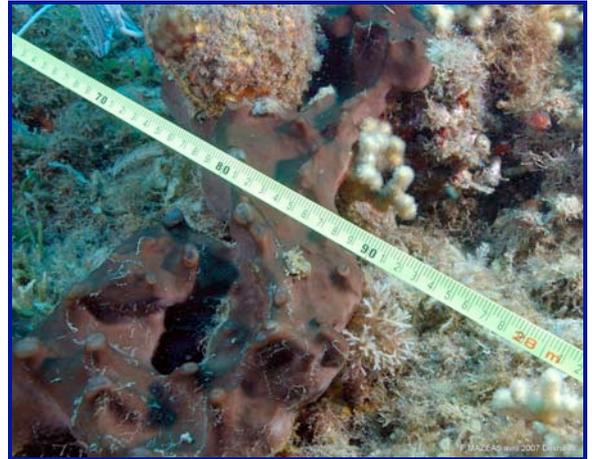


Figure 1: Estimation du pourcentage de recouvrement des éponges sur les fonds récifaux par la méthode de calcul des intercepts sur transect linéaire

### 3.3. Calcul de la richesse spécifique

Chaque espèce d'éponge rencontrée sur le transect a été identifiée visuellement le plus précisément possible.

La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces d'éponges rencontrées sur chaque transect.

### 3.4. Calcul de l'indice volumique des éponges

Lors de la réalisation des transects linéaires, chaque éponge rencontrée en plus d'être comptabilisée et identifiée a été mesurée dans les 3 dimensions. A partir de ces mesures un indice volumique a pu être déterminé. Pour cela, il a été nécessaire de calculer le volume  $V = L \times l \times H$  avec  $L$  la longueur,  $l$  la largeur et  $H$  la hauteur.

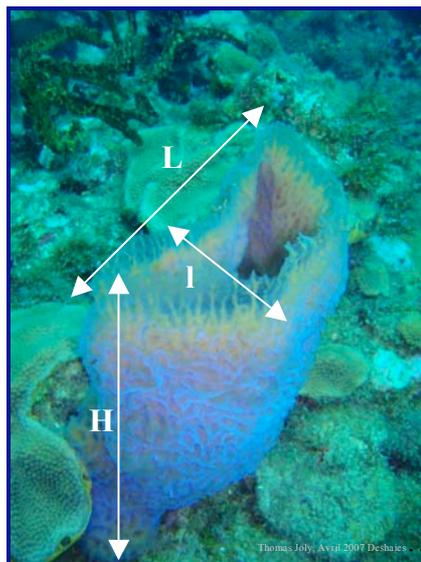


Figure 2: Dimensions des éponges pour le calcul de l'indice volumique

En raison de leurs formes multiples et variées, il est difficile de considérer que les éponges correspondent à un volume mathématiquement parfait et cette valeur ne peut être considérée que comme un indice volumique. Pour les analyses statistiques ultérieures, cet indice volumique est ramené à une dimension en prenant sa racine cubique :

$$IV = \sqrt[3]{V}$$

#### ***4. Mise en relation des données INAScuba et des communautés de porifères***

##### **4.1. Analyse Factorielle des Correspondances : Structure des communautés**

Le traitement des données récoltées sur les transects a été réalisé par une Analyse Factorielle des Correspondances avec le logiciel ©XLStat. Cette analyse a pour but de rechercher si les espèces d'éponges sont plus présentes sur un site que sur un autre et si des associations préférentielles sont observées.

##### **4.2. MANOVA : Effet des tortues imbriquées sur les peuplements**

###### **d'éponges**

Dans cette partie, il s'agira de déterminer si l'abondance des tortues influence le recouvrement, la richesse spécifique et l'indice volumique des éponges. Afin d'étudier tous les aspects de la relation de dépendance tortues-éponge, une MANOVA (ANOVA multiple) a été réalisée. L'ANOVA multiple est une analyse permettant de comparer les variances dans le but de tester l'effet de différents facteurs sur plusieurs variables en prenant en compte une éventuelle dépendance des variables entre elles.

Les variables à expliquer dans cette MANOVA sont le pourcentage de recouvrement en éponge (normalisé par une transformation angulaire de type  $2 \times \arcsin \sqrt{\%rec/100}$ ), la richesse spécifique et l'indice volumique linéarisé. On recherchera un effet site (côte sous le vent ou Les Saintes), ainsi qu'un effet des variables décrivant la présence des tortues imbriquées sur le site : le taux de croissance de type  $\lambda = e^r$ , le nombre moyen de tortues observées par quinzaine sur les 4 dernières années et le nombre moyen de tortues vues fin 2005 et début 2006. Les deux premiers paramètres représentent l'historique des tortues marines sur le site alors que le dernier représente la situation actuelle.

Seules les effets majeurs et les interactions de premier ordre seront prises en compte.

Ensuite, pour les facteurs significatifs en MANOVA, une ANOVA permettra de caractériser plus précisément l'effet.

# RESULTATS

## *1. Analyse statistique des données du protocole INAScuba*

### **1.1. Tri des données**

Les trois grands secteurs étudiés au cours de cette analyse statistique sont la Côte Sous le Vent, la zone de Port-Louis et les Saintes. Pour chacun de ces sites, il existe des observations de tortues dont l'espèce n'a pas pu être identifiée. Cette étude consistant en l'étude des tortues imbriquées uniquement, les nombres de tortues vertes, de tortues non identifiées et les nombres totaux de tortues observées ont été écartés. L'ensemble de l'étude est donc basé sur les observations avérées de tortues imbriquées. Il faut donc considérer que dans la plupart des cas, le nombre de tortues imbriquées considéré sera sous estimé par rapport au nombre réel.

#### **1.1.1. Côte sous le Vent**

Sur la côte sous le vent, depuis 2002, 64 sites de plongée différents ont été visités. Parmi ces sites quatre ont été éliminés car il s'agissait d'épaves, 13 autres parce qu'aucune observation de tortue n'a été faite sur ces sites et enfin 4 sites dont les observations n'ont été effectués que sur une seule année. Cela fait donc un total de 21 sites éliminés avant l'analyse statistique.

Les tableaux résumant les données INAScuba pour la Côte Sous le Vent sont présentés en **annexe 2, 3, 4, 5, 6 et 7.**

#### **1.1.2. Port-Louis**

Sur la zone de Port-Louis, depuis 2003, 23 sites de plongée différents ont été fréquentés par les clubs de plongée. Pour cette étude, 2 sites ont été éliminés car il s'agissait de site de plongée sur épave, 8 autres sites ont été retirés de l'étude car aucune observation de tortue n'a été faite dont un site pour lequel une seule année a été suivie. Cela fait donc un total de 13 sites éliminés pour l'étude sur la zone de Port-Louis.

Les tableaux résumant les données INAScuba pour Port-Louis sont présentés en **annexe 8 et 9.**

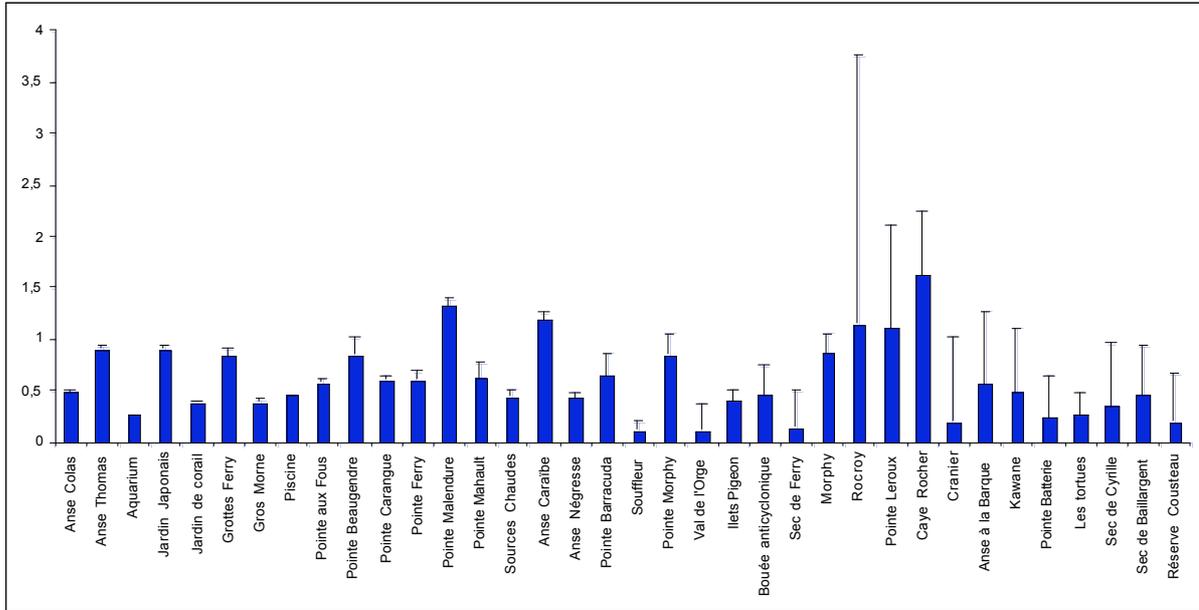
#### **1.1.3. Les Saintes**

Sur le secteur des Saintes, depuis 2003, 30 sites de plongée différents ont été fréquentés par les clubs de plongée. Pour cette étude, un site a été retiré car il s'agissait d'une épave, 4 autres car aucune observation de tortue a été faite et enfin 6 sites pour lesquels seulement une année avait été suivie dont un avec 0 observation de tortue. Pour le secteur des Saintes, il y a donc eu 11 sites retirés de l'étude.

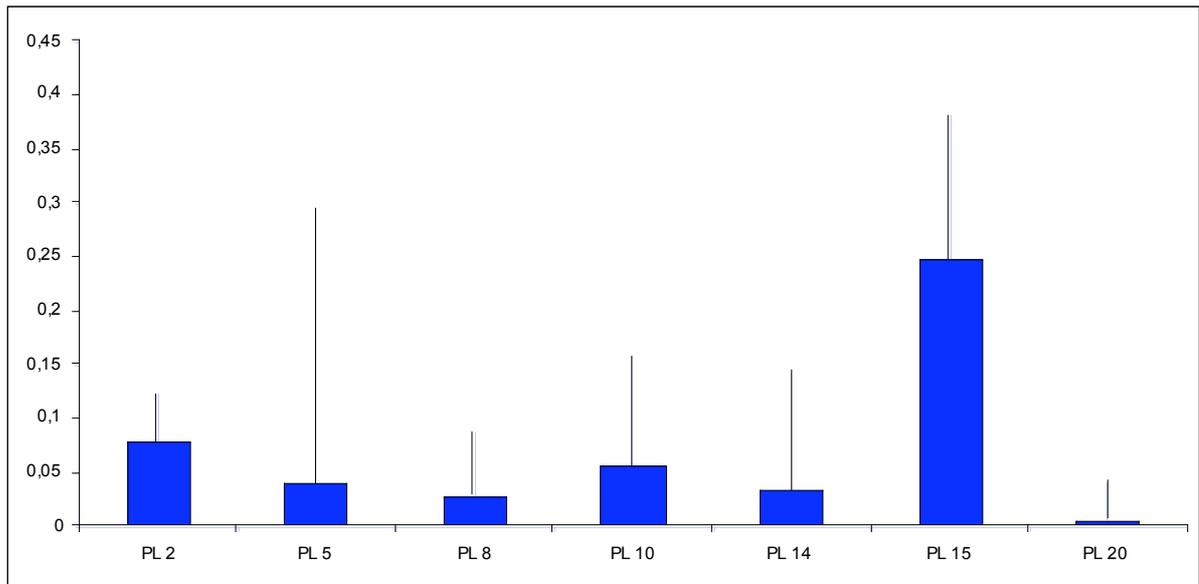
Les Tableaux résumant les données INAScuba pour les Saintes sont **annexe 10 et 11.**

## 1.2. Abondances de tortues imbriquées

Une moyenne d'observation de tortues imbriquées en plongée a été calculée pour chaque site de plongée à partir des données récoltées par les centres de plongée dans le cadre du protocole INAScuba. Ces abondances sont représentées dans les histogrammes suivants.



**Figure 3: Moyenne d'observation de tortues imbriquées par plongée sur chaque site de la Côte sous le Vent entre 2002 et 2006**



**Figure 4: Moyenne d'observation de tortues imbriquées par plongée sur chaque site de la zone de Port-Louis entre 2003 et 2006**

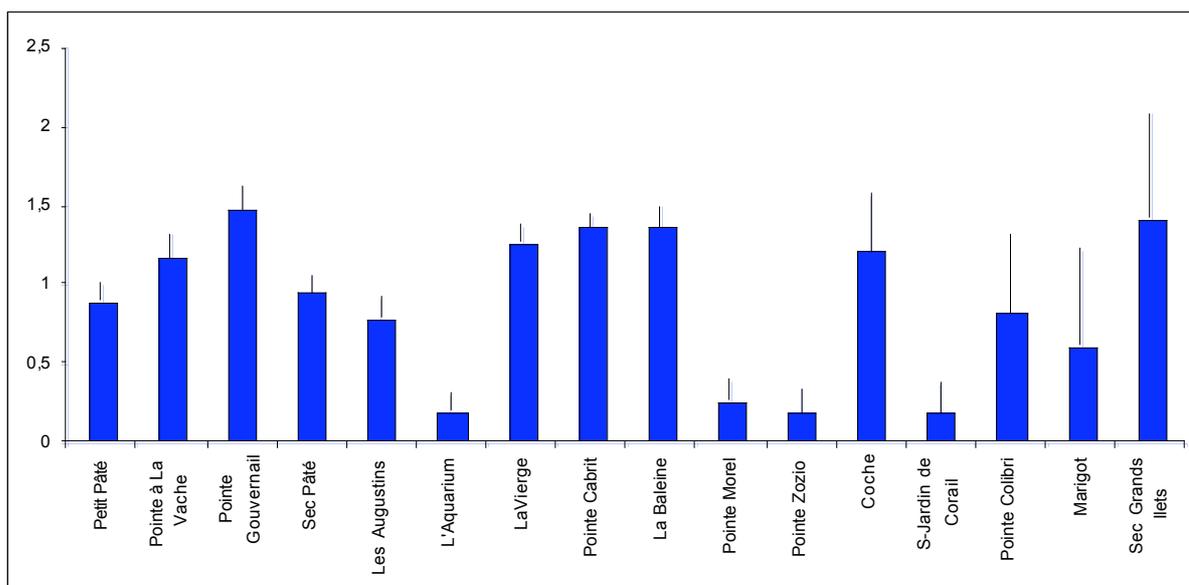


Figure 5: Moyenne d'observation de tortues imbriquées par plongée sur chaque site des Saintes entre 2002 et 2006

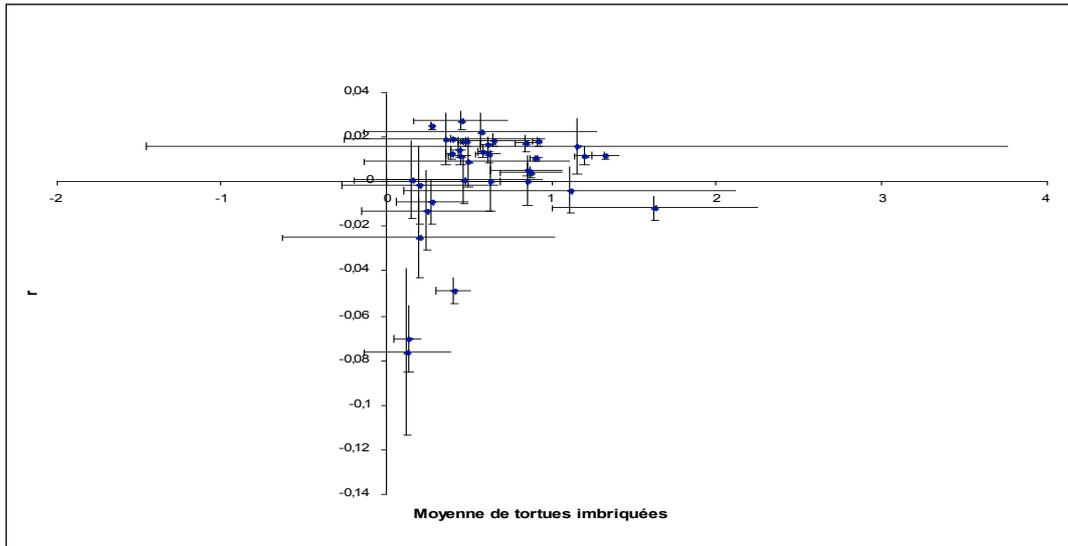
### 1.3. Etude des variations au cours du temps

#### 1.3.1. Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution des observations de tortues imbriquées en plongée sur la Côte sous le vent

Dans le cas de la côte sous le vent, deux tiers des sites pour lesquels une étude statistique a été possible, montrent une tendance à la croissance. Un tiers des sites ont vu cependant le nombre d'observations de tortues décroître. Les taux de croissance se situent entre  $-0,076$  (ES [erreur standard]  $0,082$ ) et  $0,027$  (ES  $0,01$ ).

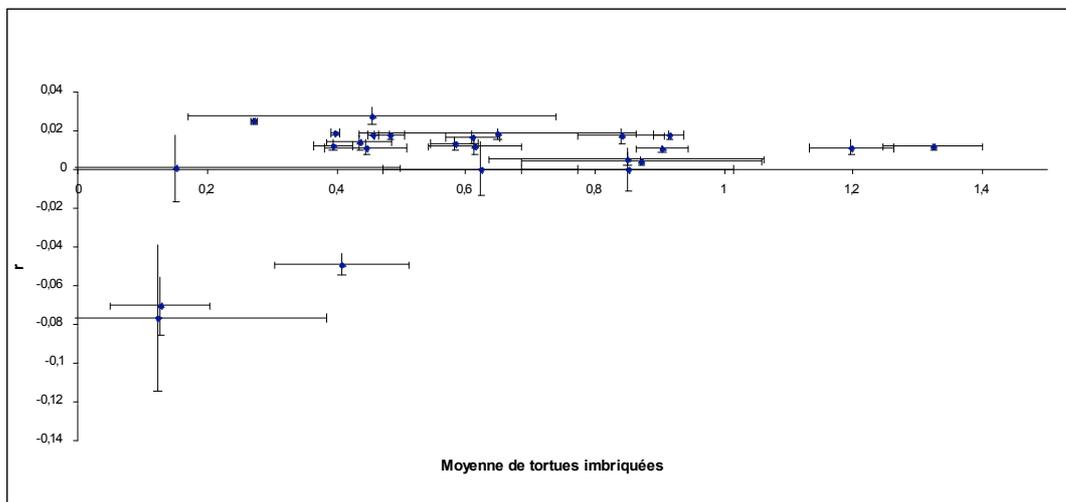
Par ailleurs, le nombre moyen de tortues observées en plongée sur la côte sous le vent durant les 4 années de suivi se situe entre  $0,122$  (ES  $0,126$ ) et  $1,624$  (ES  $0,621$ ).

Graphiquement, il est possible de voir que l'ensemble des sites se situe autour d'une même tendance.



**Figure 6: Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution du nombre d'observations de tortues imbriquées en plongée sur la Côte sous le Vent (N=36)**

Afin de visualiser ces tendances de façon plus claire, les sites pour lesquels l'écart-type était trop important ont été supprimés de la représentation graphique. Un ensemble de onze sites ont été retirés de la représentation graphique. L'écart type important par rapport à la moyenne de chacun de ces sites était dû au nombre réduit d'observations ou de plongées sur ces sites. La représentation graphique des paramètres de croissance sans ces sites est montrée sur le graphique suivant :



**Figure 7: Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution des observations de tortues imbriquées en plongée sur la Côte sous le Vent (N=25)**

### 1.3.2. Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution des observations de tortues imbriquées en plongée sur la zone de Port-Louis

Dans le cas de Port-Louis, très peu de sites ont été sélectionnés pour l'étude des paramètres de croissance en raison d'un nombre d'observations de tortues très faible et très peu répété dans la plupart des cas. Les moyennes d'observations de tortues imbriquées par plongée se situent entre 0,0067 (ES 0,0355) et 0,2472 (ES 0,1340). Pour le coefficient d'accroissement, les valeurs se situent entre -0,0812 (ES 0,0366) et -0,0227 (ES 0,0337).

La représentation graphique de ces paramètres est présentée ci-dessous :

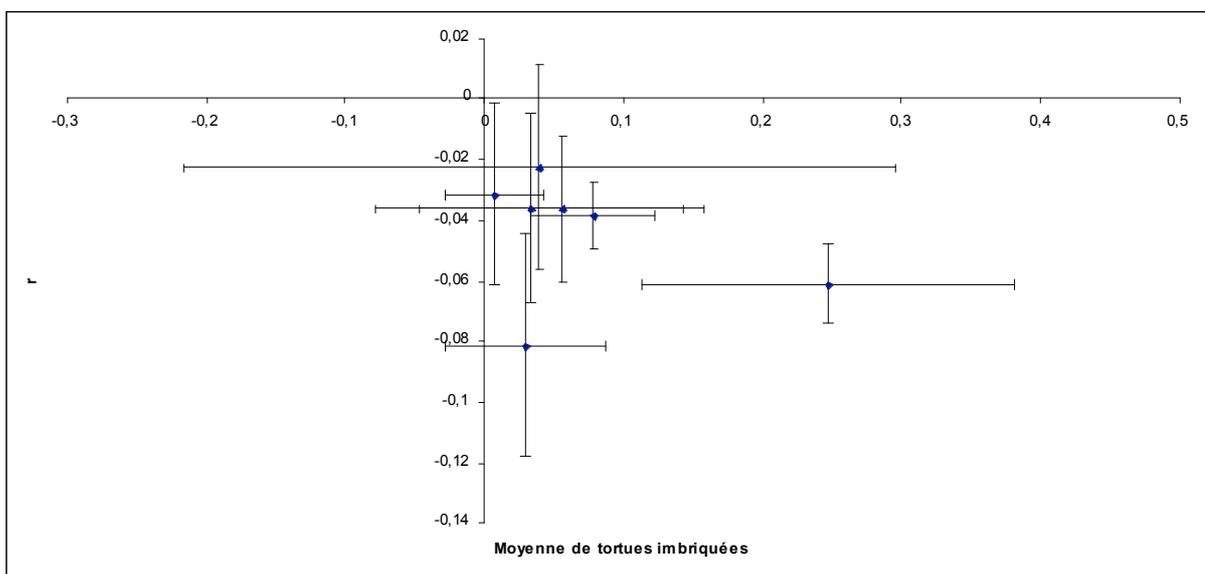


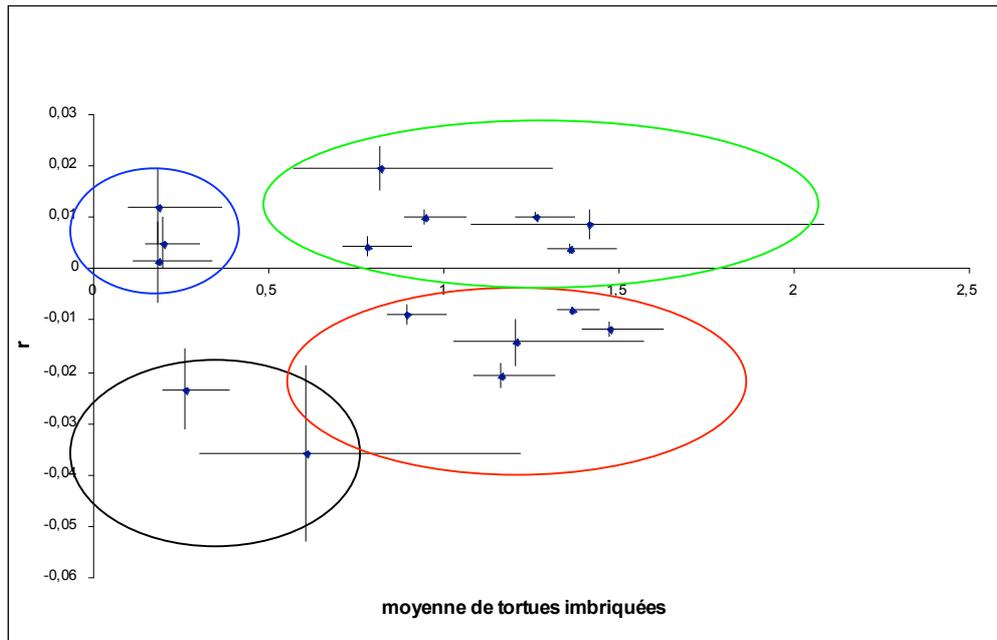
Figure 8: Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution du nombre d'observations de tortues imbriquées en plongée sur la zone de Port-Louis (N=7)

La totalité des sites de plongée étudiés dans la zone de Port-Louis a donc vu une diminution du nombre de tortues imbriquées observées en plongée entre 2003 et 2006.

### 1.3.3. Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution des observations de tortues imbriquées en plongée aux Saintes

Dans le cas des Saintes, les moyennes d'observation de tortues imbriquées en plongée se situent entre 0,1883 (ES 0,1541) et 1,4769 (ES 0,1545). Le coefficient  $r$  de la croissance exponentielle se situe selon les sites entre -0,0357 (ES 0,0171) et 0,0197 (ES 0,0043).

La représentation graphique de ces paramètres est représentée ci-dessous.



**Figure 9: Paramètres de la croissance exponentielle montrant l'évolution du nombre d'observations de tortues imbriquées en plongée aux Saintes (N=16)**

Dans ce cas, il est clairement possible d'observer qu'il existe quatre tendances d'évolution du nombre d'observations de tortues imbriquées en plongées.

- Ensemble noir : sites pour lesquels le nombre d'observation est en diminution et la moyenne d'observation est faible (moins de 0,8)
- Ensemble bleu : sites pour lesquels le nombre d'observation de tortues est en augmentation mais la moyenne d'observation reste faible (moins de 0,5).
- Ensemble rouge : sites pour lesquels le nombre d'observation de tortues est en diminution mais la moyenne d'observation est élevée (entre 0,8 et 1,5)
- Ensemble vert : sites pour lesquels le nombre d'observation de tortues est en augmentation et pour lesquels la moyenne d'observation est élevée (entre 0,7 et 1,5)

### 1.3.4. Effet saisonnier

#### 1.3.5.1. Effet saisonnier sur la Côte sous le Vent

Les résultats des calculs de l'Akaike Weight pour le modèle exponentiel simple et celui avec un patron sinusoïdal rajouté et ce pour chaque site donnent les résultats suivants.

Tableau 1: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoidale sur chaque site de la Côte sous le Vent

	Anse Colas	Anse Thomas	Aquarium	Jardin Japonais	Jardin de Corail	Grottes Ferry	Gros Morne	Piscine
<i>AICsin</i>	300,03	387,91	692,25	1071,77	1866,84	119,86	412,33	2067,27
<i>AIC</i>	298,87	384,20	690,39	1070,30	1867,72	117,58	411,26	2079,17
<i>Deltasin</i>	1,16	3,71	1,86	1,46	0,00	2,28	1,06	0,00
<i>Delta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	11,90
<i>Expsin</i>	0,56	0,16	0,39	0,48	1,00	0,32	0,59	1,00
<i>Exp</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,64	1,00	1,00	0,00
<i>Somme</i>	1,56	1,16	1,39	1,48	1,64	1,32	1,59	1,00
<i>Wsin</i>	35,89%	13,53%	28,30%	32,47%	<b>60,82%</b>	24,23%	37,02%	<b>99,74%</b>
<i>W</i>	<b>64,11%</b>	<b>86,47%</b>	<b>71,70%</b>	<b>67,53%</b>	39,18%	<b>75,77%</b>	<b>62,98%</b>	0,26%

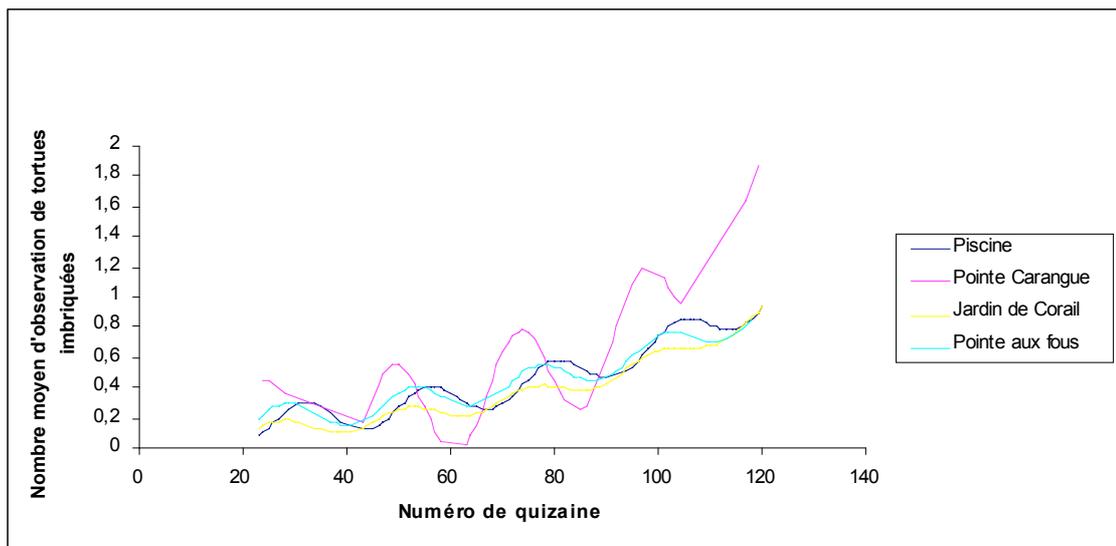
Tableau 2: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoidale sur chaque site de la Côte sous le Vent (suite)

	Pointe aux Fous	Pointe Beaugendre	Pointe Carangue	Pointe ferry	Pointe Malendure	Pointe Mahaut	Sources chaudes	Anse Caraïbe
<i>AICsin</i>	311,19	290,79	195,60	156,47	381,77	220,11	121,09	17,39
<i>AIC</i>	313,22	287,35	200,77	154,35	379,21	219,03	117,96	13,77
<i>Deltasin</i>	0,00	3,44	0,00	2,12	2,56	1,08	3,12	3,62
<i>Delta</i>	2,03	0,00	5,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Expsin</i>	1,00	0,18	1,00	0,35	0,28	0,58	0,21	0,16
<i>Exp</i>	0,36	1,00	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<i>Somme</i>	1,36	1,18	1,08	1,35	1,28	1,58	1,21	1,16
<i>Wsin</i>	<b>73,41%</b>	15,20%	<b>93,00%</b>	25,69%	21,72%	36,81%	17,33%	14,07%
<i>W</i>	26,59%	<b>84,80%</b>	7,00%	<b>74,31%</b>	<b>78,28%</b>	<b>63,19%</b>	<b>82,67%</b>	<b>85,93%</b>

Tableau 3: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoidale sur chaque site de la Côte sous le Vent (fin)

	Anse Négresse	Pointe Barracuda	Souffleur	Pointe Morphy	Val de l'Orge	Ilets Pigeon	Bouée anticyclonique	Sec de Ferry	Morphy
<i>AICsin</i>	105,91	285,66	50,19	582,59	18,82	126,82	119,40	29,04	267,99
<i>AIC</i>	104,03	284,27	49,45	579,11	15,14	138,46	116,54	33,17	265,99
<i>Deltasin</i>	1,89	1,38	0,73	3,48	3,68	0,00	2,86	0,00	2,01
<i>Delta</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,64	0,00	4,13	0,00
<i>Expsin</i>	0,39	0,50	0,69	0,18	0,16	1,00	0,24	1,00	0,37
<i>Exp</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,13	1,00
<i>Somme</i>	1,39	1,50	1,69	1,18	1,16	1,00	1,24	1,13	1,37
<i>Wsin</i>	28,02%	33,36%	40,92%	14,95%	13,71%	<b>99,70%</b>	19,34%	<b>88,73%</b>	26,84%
<i>W</i>	<b>71,98%</b>	<b>66,64%</b>	<b>59,08%</b>	<b>85,05%</b>	<b>86,29%</b>	0,30%	<b>80,66%</b>	11,27%	<b>73,16%</b>

D'après ces résultats, il est possible de dire qu'il existe un effet saisonnier dans seulement six des sites de la Côte sous le Vent qui sont : Le Jardin de Corail (60,82%), la Piscine (99,74%), la Pointe Carangue (93%), la Pointe aux Fous (73,41%), les îlets Pigeon (99,70%) et le Sec de Ferry (88,73%). Afin de comparer si les variations saisonnières se situent aux mêmes périodes sur chacun des sites, une représentation graphique de celles-ci a été réalisée pour quatre de ces sites. Les sites des Ilets Pigeon et du Sec de Ferry n'ont pas été représentés graphiquement car le nombre de donnée est insuffisant pour être statistiquement représentatif dans ce cas.



**Figure 10: Comparaison de la variation saisonnière du nombre d'observation de tortues imbriquées en plongée de quatre sites de la Côte sous le Vent**

On peut voir sur cette représentation que les variations saisonnières des différents sites ne sont pas coordonnées. Il semblerait donc qu'il n'y ait en fait pas de variations saisonnières réellement marquées du nombre d'observation de tortues imbriquées sur la Côte sous le Vent. L'effet semble en effet trop marginal pour être pris en compte.

### 1.3.5.2. Effet saisonnier sur la zone de Port-Louis

Dans le cas de la zone de Port-Louis, les calculs de l'Akaike Weight sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 4: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoïdale sur chaque site de la zone de Port-Louis**

	<b>PL 2</b>	<b>PL 5</b>	<b>PL 8</b>	<b>PL 10</b>	<b>PL 14</b>	<b>PL 15</b>	<b>PL 20</b>
<b>AICsin</b>	71,14	13,79	17,84	56,24	16,29	37,18	17,42
<b>AIC</b>	68,65	12,14	13,85	19,21	13,00	37,25	16,26
<b>Deltasin</b>	2,49	1,66	3,98	37,03	3,29	0,00	1,15
<b>Delta</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
<b>Expsin</b>	0,29	0,44	0,14	0,00	0,19	1,00	0,56
<b>Exp</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00
<b>Somme</b>	1,29	1,44	1,14	1,00	1,19	1,96	1,56
<b>Wsin</b>	22,34%	30,41%	12,02%	0,00%	16,15%	<b>50,99%</b>	35,98%
<b>W</b>	<b>77,66%</b>	<b>69,59%</b>	<b>87,98%</b>	<b>100,00%</b>	<b>83,85%</b>	49,01%	<b>64,02%</b>

Il est possible d'observer un effet saisonnier sur un seul des sites, PL 15 (50,99%). Cependant, le pourcentage reste faible et proche de 50%, ce qui permet de dire que l'effet saisonnier est peu marqué et à la vue des autres résultats pour les autres sites, l'effet saisonnier sur la zone de Port-Louis est probablement inexistant.

### 1.3.5.3. Effet saisonnier aux Saintes

Dans le cas des Saintes, les résultats de l'Akaike Weight sont présentés dans les tableaux suivants.

**Tableau 5: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoïdale sur chaque site des Saintes**

	<b>Petit Pâté</b>	<b>Pointe à la Vache</b>	<b>Pointe Gouvernail</b>	<b>Sec Pâté</b>	<b>Les Augustins</b>	<b>L'Aquarium</b>	<b>La Vierge</b>	<b>Pointe Cabrit</b>	<b>La Baleine</b>	<b>La Bombarde</b>
<b>AICsin</b>	518,97	371,37	582,76	793,00	405,06	114,40	1473,99	2129,37	1056,11	174,93
<b>AIC</b>	515,24	367,59	581,17	807,28	402,00	110,48	1470,62	2128,06	1056,79	178,41
<b>Deltasin</b>	3,73	3,78	1,59	0,00	3,05	3,92	3,37	1,32	0,00	0,00
<b>Delta</b>	0,00	0,00	0,00	14,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	3,48
<b>Expsin</b>	0,15	0,15	0,45	1,00	0,22	0,14	0,19	0,52	1,00	1,00
<b>Exp</b>	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,71	0,18
<b>Somme</b>	1,15	1,15	1,45	1,00	1,22	1,14	1,19	1,52	1,71	1,18
<b>Wsin</b>	13,41%	13,13%	31,11%	<b>99,92%</b>	17,85%	12,34%	15,67%	34,11%	<b>58,36%</b>	<b>85,05%</b>
<b>W</b>	<b>86,59%</b>	<b>86,87%</b>	<b>68,89%</b>	0,08%	<b>82,15%</b>	<b>87,66%</b>	<b>84,33%</b>	<b>65,89%</b>	41,64%	14,95%

Tableau 6: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle au modèle de croissance sinusoïdale sur chaque site des Saintes (fin)

	Pointe Gros Cap	S-Jardin de Corail	Pain de Sucre	Pointe Morel	Pointe Zozio	La Patate	Coche	Pointe Colibri	Marigot
<b>AICsin</b>	141,31	69,02	12,00	69,63	41,97	57,66	77,87	57,84	16,93
<b>AIC</b>	137,71	61,66	8,01	67,46	40,92	58,07	76,05	58,32	14,74
<b>Deltasin</b>	3,59	7,36	3,99	2,17	1,05	0,00	1,82	0,00	2,19
<b>Delta</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,47	0,00
<b>Expsin</b>	0,17	0,03	0,14	0,34	0,59	1,00	0,40	1,00	0,33
<b>Exp</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,81	1,00	0,79	1,00
<b>Somme</b>	1,17	1,03	1,14	1,34	1,59	1,81	1,40	1,79	1,33
<b>Wsin</b>	14,22%	2,46%	11,99%	25,22%	37,15%	<b>55,17%</b>	28,67%	<b>55,90%</b>	25,03%
<b>W</b>	<b>85,78%</b>	<b>97,54%</b>	<b>88,01%</b>	<b>74,78%</b>	<b>62,85%</b>	44,83%	<b>71,33%</b>	44,10%	<b>74,97%</b>

Dans le cas des Saintes, il est possible d'observer une variation saisonnière sur sept des sites seulement. Ces sites sont : le Sec Pâté (99,92%), La Baleine (58,36%), La Bombarde (85,05%), La Patate (55,17%) et la Pointe Colibri (74,97%).

Seulement deux de ces sites ; le Sec Pâté et La Bombarde ont été comparés graphiquement, les autres ne disposant pas d'un nombre suffisant de données pour avoir une représentation statistiquement significative.

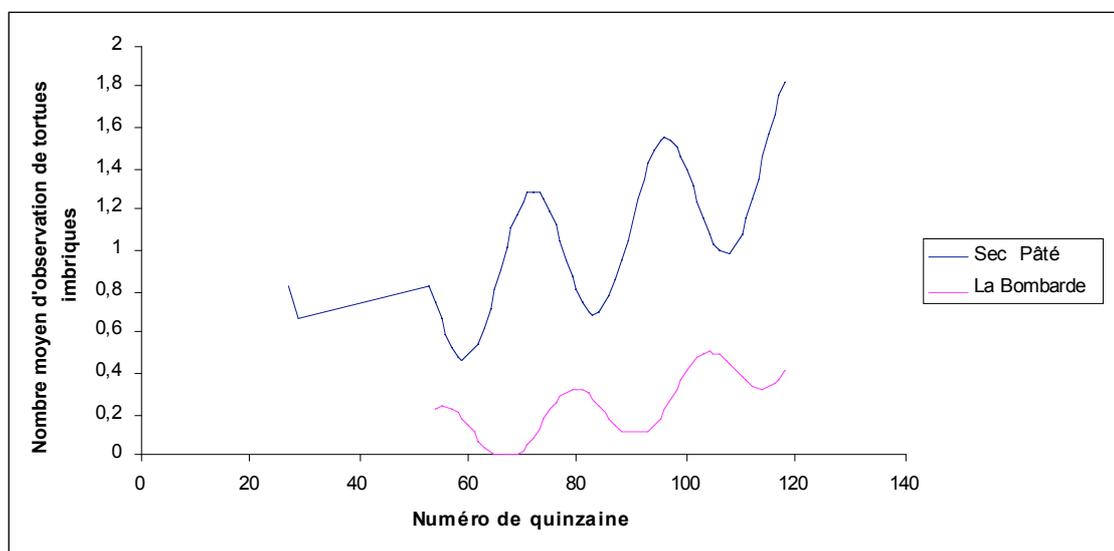


Figure 11: Comparaison des variations saisonnières d'observations de tortues imbriquées de deux sites différents des Saintes

Sur cette représentation graphique il est possible de voir que les variations saisonnières ne sont pas coordonnées sur les deux sites. Il semblerait donc plus sûr de ne pas prendre en compte cet effet qui, s'il existe, n'est que marginal.

### 1.3.6. Taux d'accroissement identique pour tous les sites

Pour déterminer si les variations du nombre d'observation de tortues sont identiques sur tous les sites de chaque secteur, une même valeur de  $r$  (taux d'accroissement intrinsèque) a été ajustée pour tous les sites.

Tableau 7: Calculs de l'Akaike Weight comparant le modèle de croissance exponentielle pour  $r$  différent sur chaque site au modèle de croissance exponentielle pour  $r$  commun à tous les sites

	<i>Côte sous le Vent</i>	<i>Les Saintes</i>	<i>Port-Louis</i>
<i>AICrcommun</i>	10910,59	10326,56	614,4511629
<i>AIC</i>	10596,708	8036,906	598,7236588
<i>Deltarcommun</i>	313,88	2289,65	15,73
<i>Delta</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Exprcommun</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Exp</i>	1,00	1,00	1,00
<i>Somme</i>	1,00	1,00	1,00
<i>Wrcommun</i>	0,00%	0,00%	0,04%
<i>W</i>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>99,96%</b>

A partir des calculs de l'Akaike Weight, il est possible de dire qu'il n'existe pas de variation commune à tous les sites. Chaque site a donc une variation du nombre d'observation de tortues imbriquées qui lui est propre et il n'y a pas de tendance commune à tous les sites d'un même secteur.

### 1.4. Choix des sites d'études

D'après toutes les statistiques réalisées précédemment, il a été nécessaire de choisir un certain nombre de sites pour lesquels une étude du pourcentage de recouvrement en éponge par transect serait réalisée.

Pour la côte sous le vent, trois classes ont été déterminées en fonction des moyennes d'observation de tortues en plongée.

- Moyenne autour de 0,4 tortues imbriquées par plongée
- Moyenne autour de 0,6 tortues imbriquées par plongée
- Moyenne autour de 0,8 tortues imbriquées par plongée

Pour chacune des classes 2 ou 3 sites ont été choisis selon un écart-type minimal à la moyenne. Par ailleurs, il a été évité de choisir deux sites trop proches géographiquement dans l'hypothèse que les fonds marins sont constitués du même recouvrement en éponge et l'éventualité d'un passage des tortues d'un site à un autre lorsque ceux-ci sont contigus.

Les sites choisis sont : pour les 0,4 : Gros Morne, Le Jardin de Corail et l'Anse Nègresse, pour les 0,6 : Anse Colas et Pointe aux Fous et pour les sites à 0,8 : Grottes Ferry, Pointe Beaugendre et Pointe Malendure.

Pour les Saintes, il a été décidé d'étudier les sites selon la tendance d'évolution des observations de tortues imbriquées.

Les sites choisis ont été : Pointe Zozio, Aquarium, S-Jardin de Corail, Pointe Gouvernail, Pointe Cabri, Pointe Morel, La Baleine et La Vierge.

## 2. Etude des recouvrements des fonds récifaux en éponges

### 2.1. Détermination du recouvrement en éponges

Le pourcentage global de recouvrement en éponges a été calculé à partir des mesures d'intercepts sur chacun des sites d'étude de la côte sous le Vent et des Saintes. Les données brutes sont présentées en annexe 12 et 13.

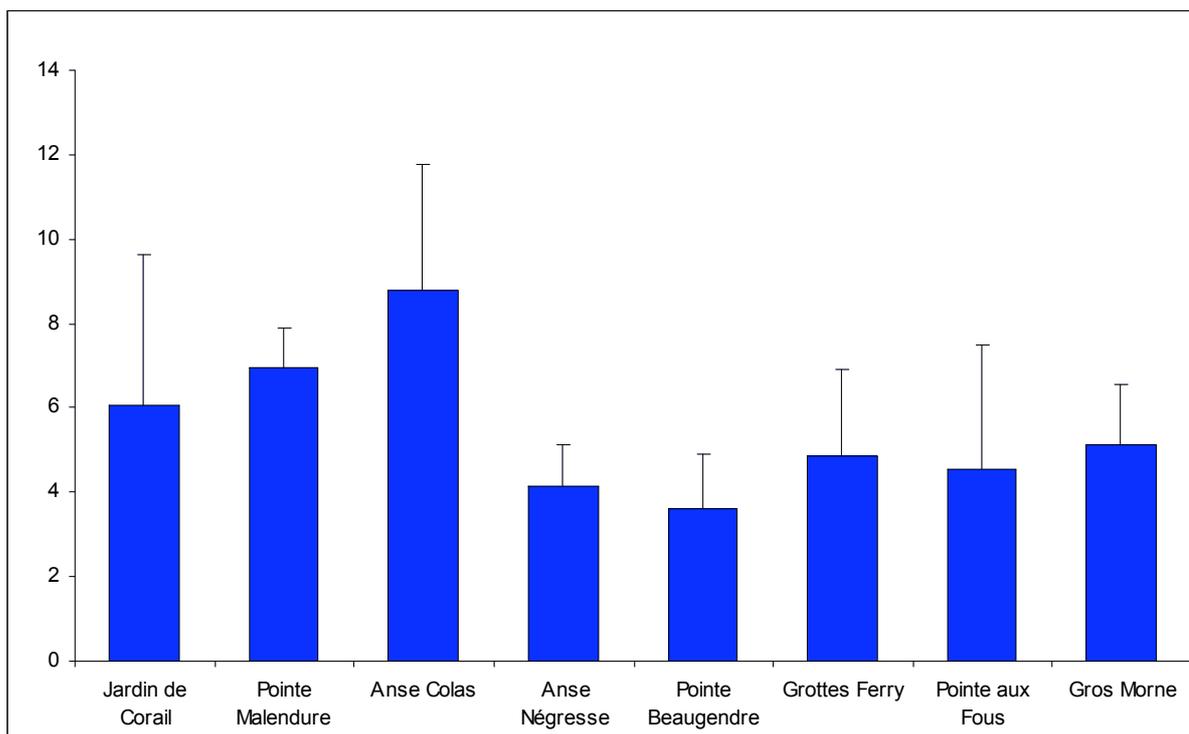
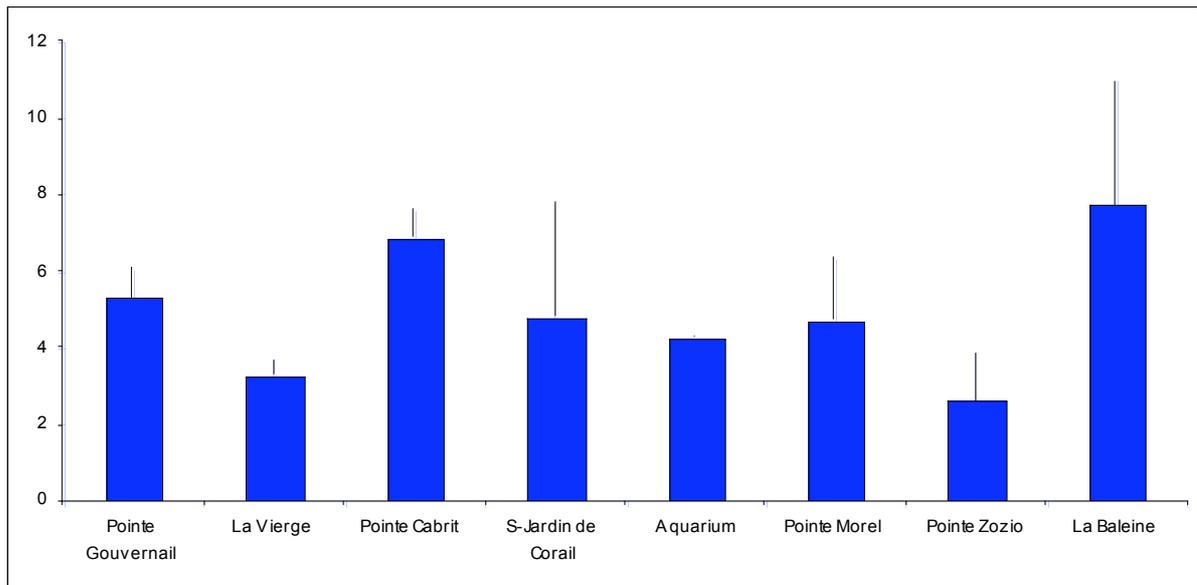


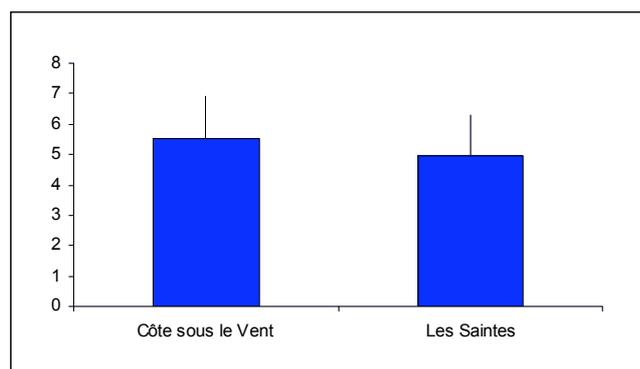
Figure 12: Recouvrement moyen (en %) en éponges sur les fonds récifaux des sites d'étude de la Côte sous le Vent

D'après cet histogramme il est possible d'observer que le recouvrement moyen en éponge sur les sites d'étude de la Côte sous le Vent se situe entre 3,62% (ET 1,27%) pour la Pointe Beaugendre et 8,79% (ET 2,99%) pour l'Anse Colas.



**Figure 13: Recouvrement moyen (en %) en éponges sur les fonds récifaux des sites d'étude des Saintes**

Aux Saintes, le recouvrement moyen en éponge se situe entre 2,61% (ET 1,28%) pour le site de la Pointe Zoio et 7,75%(ET 3,21%) pour le site de La Baleine.



**Figure 14: Comparaison du recouvrement moyen en éponges (en %) entre la Côte sous le Vent et Les Saintes**

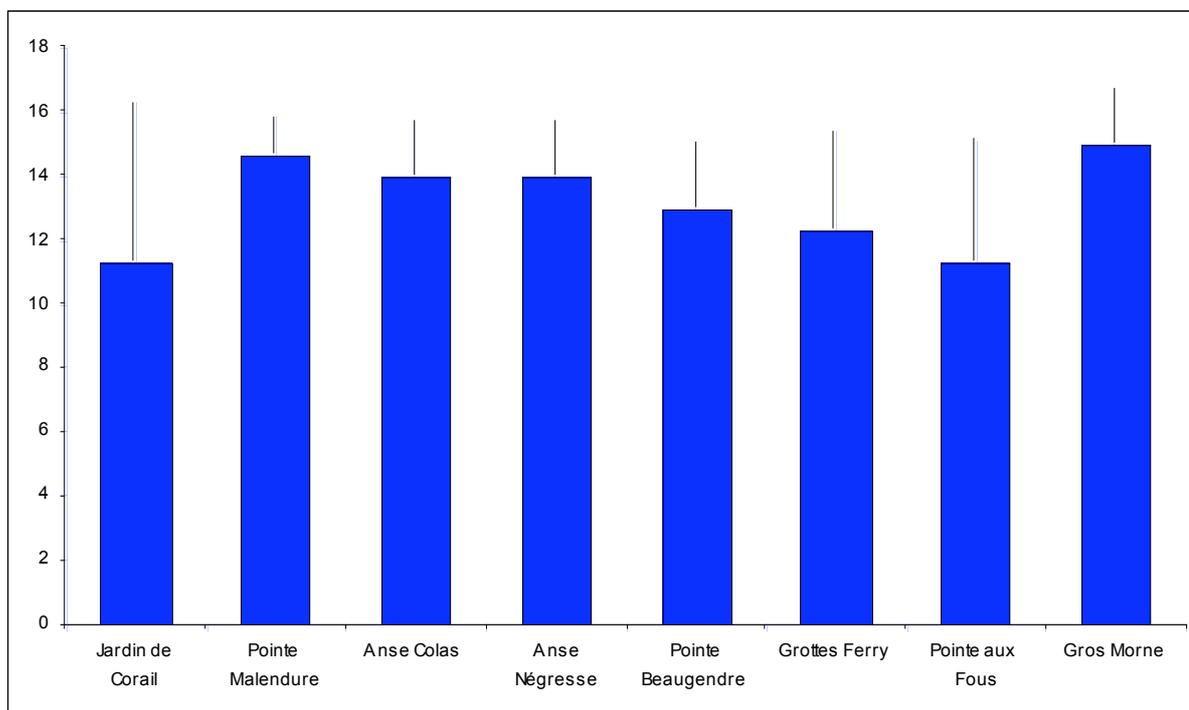
En comparant le recouvrement moyen en éponges de la Côte sous le Vent avec celui des Saintes, aucune différence significative n'est observée entre les Saintes (4,94% ET 1,38) et la Côte sous le Vent (5,51% ET 1,41).

## **2.2. Détermination de la Richesse Spécifique en éponges**

A partir des données récoltées sur les transects linéaires lors de chaque plongée, la plupart des éponges ont été identifiées de façon visuelle. Certaines éponges n'ont pas pu être déterminées et chaque type d'éponge non identifié a alors été regroupé comme une espèce d'éponge inconnue. Il a ensuite été possible de calculer la richesse spécifique qui correspond au nombre

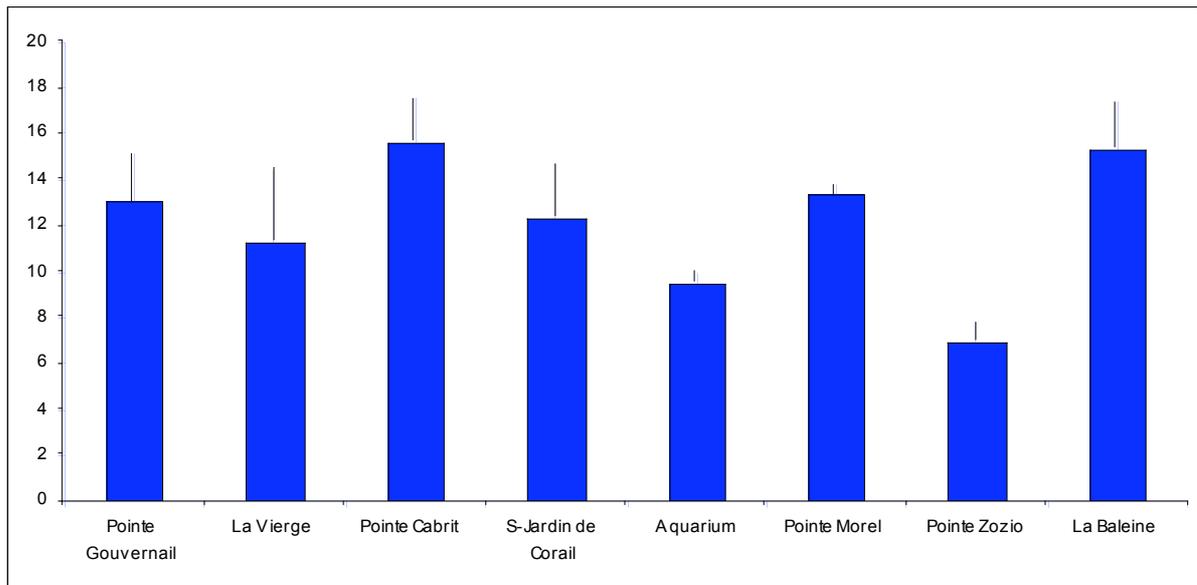
d'espèces d'éponges différentes trouvées sur chaque transect. Une moyenne de la richesse spécifique a alors été calculée pour chaque site d'étude.

Ces résultats sont présentés dans les histogrammes suivants.



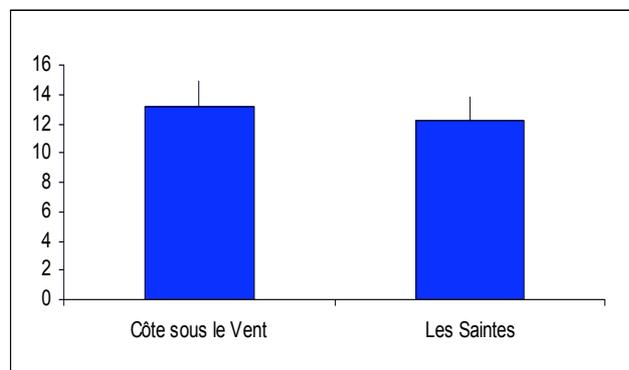
**Figure 15: Richesse spécifique moyenne en éponge des sites d'étude de la Côte sous le Vent**

Pour la Côte sous le Vent la richesse spécifique moyenne en éponge se situe entre 11,33 espèces pour le Jardin de Corail (ET 4,93) et la Pointe aux Fous (ET 3,78) et 15 (ET 1,73) espèces pour le site du Gros Morne. Toutefois, il est possible d'observer que pour l'ensemble de ces sites la richesse spécifique en éponges est relativement homogène.



**Figure 16: Richesse spécifique en éponge des sites d'étude des Saintes**

La richesse spécifique moyenne en éponges pour les Saintes est, en revanche, plus hétérogène que sur la côte sous le vent. Le nombre moyen d'espèce d'éponges sur chacun des sites oscille en effet entre 7 (0,82) espèces pour la Pointe Zoizio et 15,67 (ET 1,89) espèces pour la Pointe Cabrit.

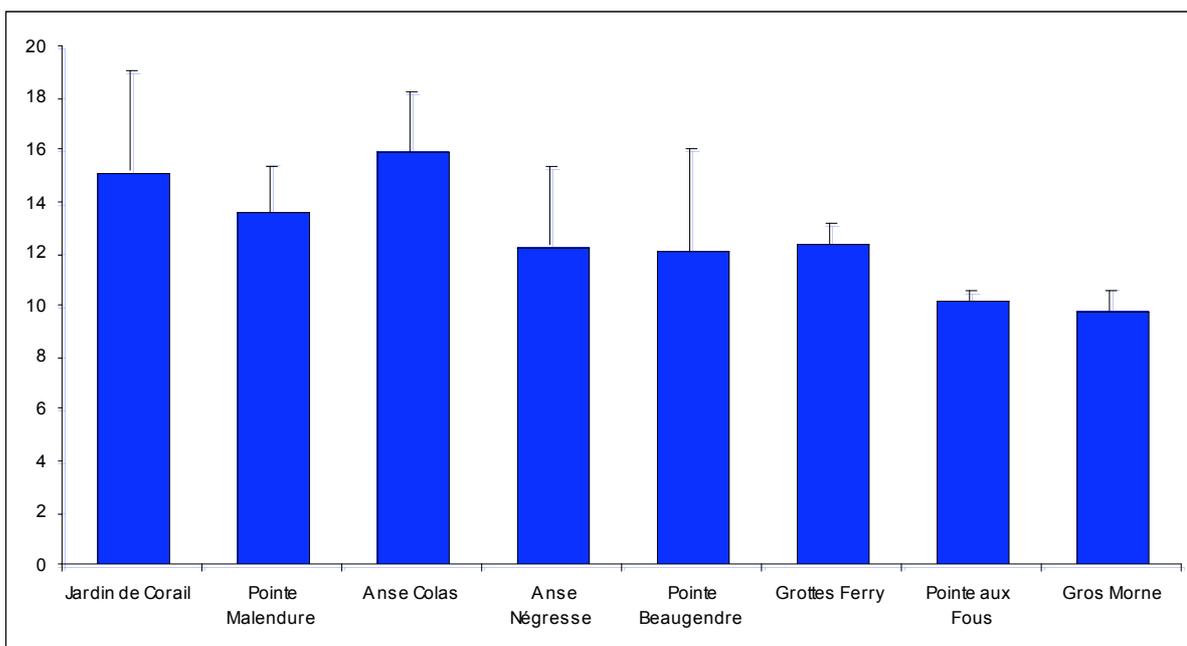


**Figure 17: Comparaison de la richesse spécifique moyenne entre la Côte sous le Vent et les Saintes**

La richesse spécifique moyenne n'est pas significativement différente sur la côte sous le Vent avec 13,21 (ET 1,73) et aux Saintes avec 12,19 (ET 1,67) espèces.

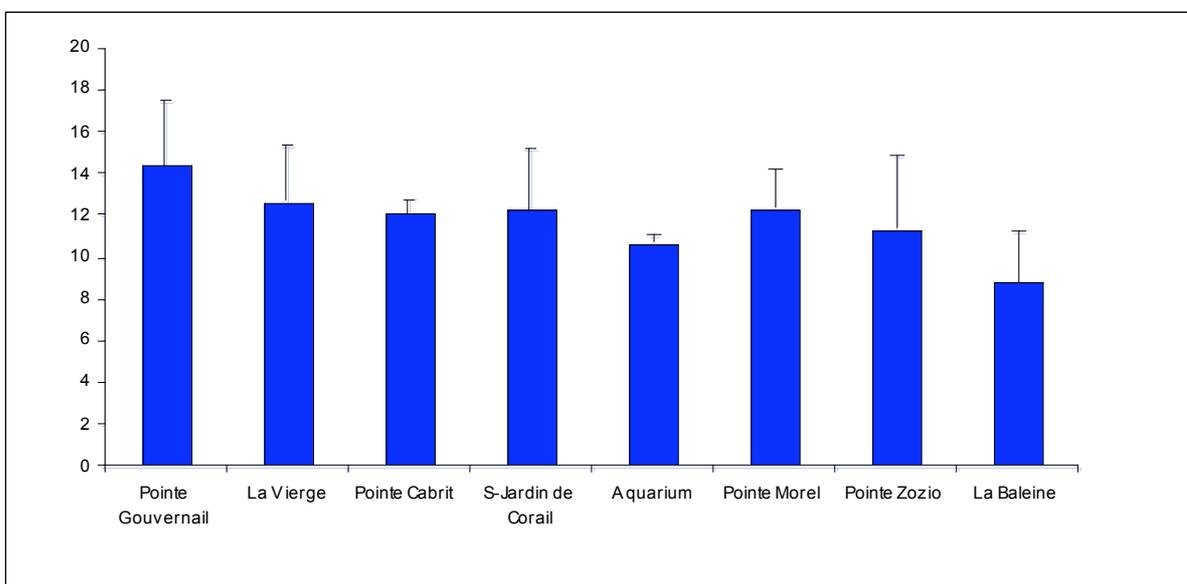
### 2.3 Détermination de l'Indice Volumique Global des éponges

L'indice volumique de chaque éponge rencontrée sur les transects a été calculé et une moyenne de cet indice volumique a été calculée sur chacun des sites d'étude. Les résultats sont présentés dans les histogrammes suivants.



**Figure 18: Indice Volumique Global des éponges sur les sites d'étude de la Côte sous le Vent**

Les moyennes d'indices volumiques globaux oscillent entre 9,8 (ET 0,83) au Gros Morne et 15,95 (ET 2,30) pour l'Anse Colas. Les valeurs d'Indice Volumique Global entre chacun des sites restent relativement proches et homogènes.



**Figure 19: Indice Volumique Global des éponges sur les sites d'étude des Saintes**

En ce qui concerne les Saintes, les indices volumiques globaux oscillent entre 8,80 (ET 2,43) à La Baleine et 14,40 (ET 3,08) à la Pointe Gouvernail.

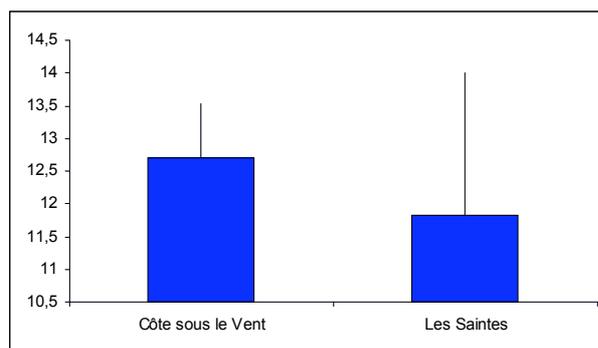


Figure 20: Comparaison de l'indice volumique moyen des éponges de la Côte sous le Vent et des Saintes

L'Indice volumique moyen est de 12,70 (ET 0,84) sur la Côte sous le Vent et de 11,82 (ET 2,18) aux Saintes sans qu'une différence significative ne soit notée.

#### 2.4. Recouvrement spécifique en éponge des fonds récifaux des Saintes et de la Côte sous le Vent

Une moyenne de recouvrement en éponge de chaque espèce identifiée a été calculée sur l'ensemble des transects et l'ensemble des sites de la Côte sous le Vent.

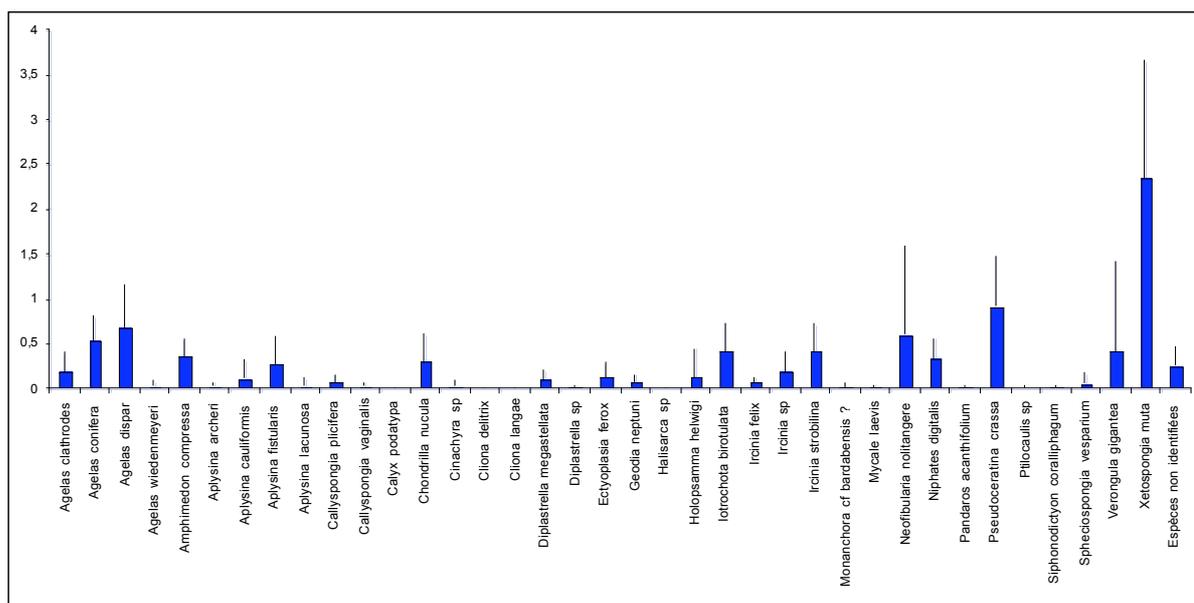
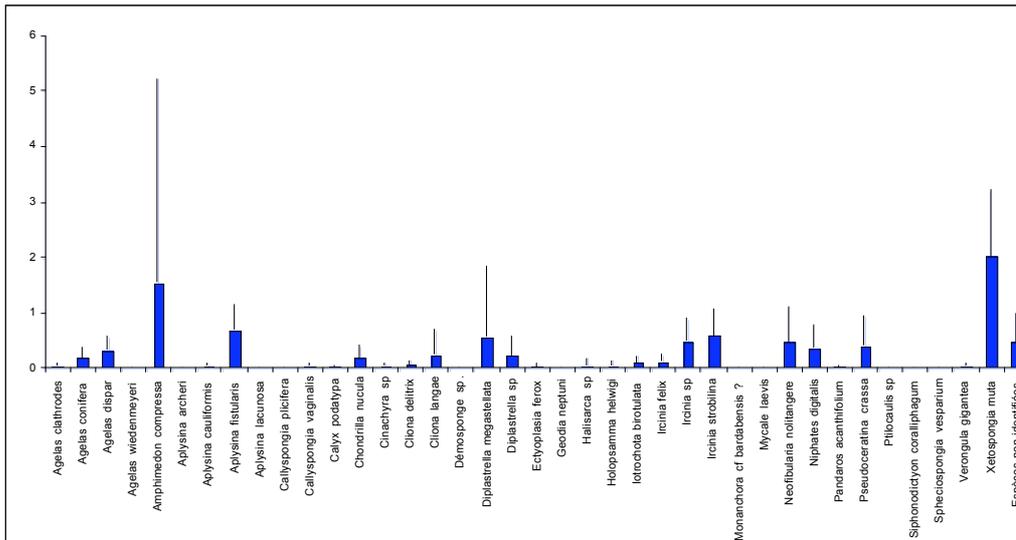


Figure 21: Recouvrement moyen (en %) de chaque espèce d'éponge sur la Côte sous le Vent

Sur la Côte sous le Vent, l'espèce dont le recouvrement est le plus important est l'espèce *Xetospongia muta* avec un recouvrement moyen de 2,34% (ET 1,31). Par ailleurs, un certain nombre d'espèces d'éponges a un recouvrement supérieur à 0,5%. C'est le cas de *Agelas conifera*, *Agelas dispar*, *Neofibularia nolitangere* et *Pseudoceratina crassa*.



**Figure 22: Recouvrement moyen (en %) de chaque espèce d'éponge aux Saintes**

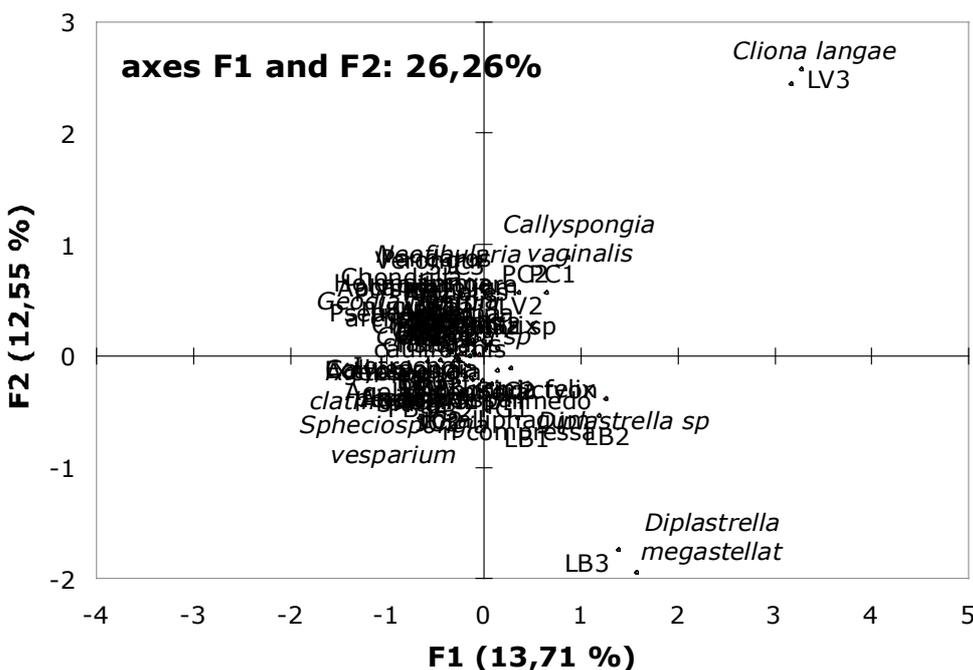
Aux Saintes, *Xetospongia muta* est l'espèce dont le recouvrement moyen est le plus important avec une valeur de 2,01% (ET 1,21). Cependant, *Amphimedon compressa* a également un recouvrement moyen important de 1,55% (ET 3,67).

D'autre part, *Aplysina fistularis*, *Diplastrella megastellata* et *Ircinia strobilina*, ont un recouvrement supérieur à 0,5%.

### 3. Structuration des communautés d'éponges

#### 3.1. Structure des communautés de porifères

L'AFC permet la comparaison des sites en fonction du recouvrement des différentes espèces d'éponges. Les trois premiers axes expliquent une part très importante de la variance : 35%



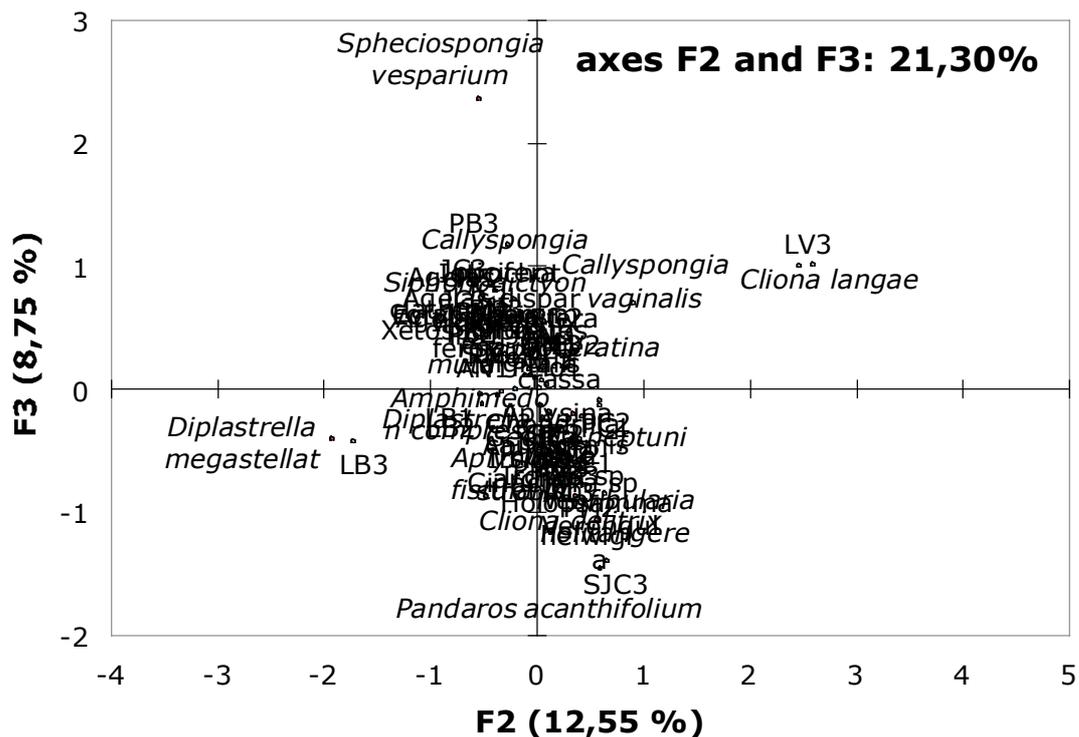
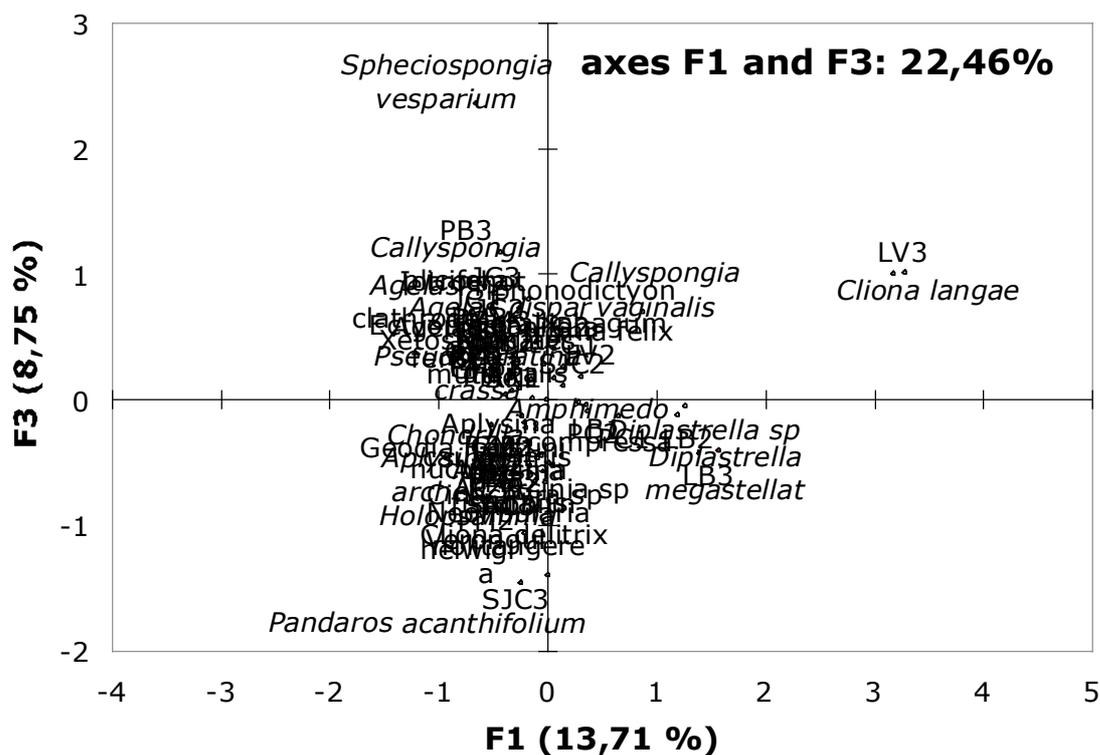


Figure 23: Résultats sur les trois premiers axes de l'Analyse Factorielle de Correspondance permettant de visualiser la structure des communautés de Porifères en fonction du pourcentage de recouvrement des sites

### 3.2. Effet de la présence des tortues marines sur les communautés

#### d'éponges

Les résultats de l'analyse de variance multiple (MANOVA) sont synthétisés sur le tableau suivant.

Effet	Lambda de Wilks	F	ddl Num	ddl num	p
Région	0,915	1,055	3	34	0,3810
Moyenne actuelle	0,800	2,841	3	34	0,0523
Lambda	0,876	1,599	3	34	0,2076
Moyenne sur 4 ans	0,698	4,893	3	34	0,0062
Région x Moyenne actuelle	0,830	2,328	3	34	0,0919
Région x Lambda	0,914	1,061	3	34	0,3784
Région x Moyenne sur 4 ans	0,850	1,995	3	34	0,1333
Moyenne actuelle x Lambda	0,794	2,933	3	34	0,0474
Moyenne actuelle x Moyenne sur 4 ans	0,988	0,142	3	34	0,9338
Lambda x Moyenne sur 4 ans	0,702	4,807	3	34	0,0068

**Figure 24: Résultat de la MANOVA pour expliquer le recouvrement des sites par les éponges. Les effets hautement significatifs sont surlignés.**

Dans le but d'identifier sur quelle composante des communautés de porifères les tortues jouent le plus, des ANOVA ont été réalisées en prenant chacune des trois mesures séparément.

**Tableau ANOVA pour %Recouvrement (transformation angulaire)**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Région	1	,020	,020	1,828	,1848	1,828	,246
Moyenne actuelle	1	,034	,034	3,065	,0885	3,065	,383
Lambda	1	,018	,018	1,623	,2108	1,623	,224
Moyenne sur 4 ans	1	,001	,001	,076	,7842	,076	,058
Région * Moyenne actuelle	1	4,561E-4	4,561E-4	,041	,8402	,041	,054
Région * Lambda	1	,020	,020	1,855	,1817	1,855	,249
Région * Moyenne sur 4 ans	1	,001	,001	,103	,7504	,103	,061
Moyenne actuelle * Lambda	1	,034	,034	3,093	,0871	3,093	,386
Moyenne actuelle * Moyenne sur 4 ans	1	2,605E-5	2,605E-5	,002	,9615	,002	,050
Lambda * Moyenne sur 4 ans	1	,001	,001	,061	,8057	,061	,057
Résidu	36	,398	,011				

**Tableau ANOVA pour Richesse spécifique**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Région	1	,755	,755	,084	,7736	,084	,059
Moyenne actuelle	1	5,411	5,411	,602	,4429	,602	,113
Lambda	1	,002	,002	1,839E-4	,9893	1,839E-4	,050
Moyenne sur 4 ans	1	3,747	3,747	,417	,5227	,417	,094
Région * Moyenne actuelle	1	,167	,167	,019	,8924	,019	,052
Région * Lambda	1	,818	,818	,091	,7646	,091	,060
Région * Moyenne sur 4 ans	1	,330	,330	,037	,8491	,037	,054
Moyenne actuelle * Lambda	1	5,709	5,709	,635	,4308	,635	,117
Moyenne actuelle * Moyenne sur 4 ans	1	2,383	2,383	,265	,6098	,265	,078
Lambda * Moyenne sur 4 ans	1	3,650	3,650	,406	,5281	,406	,093
Résidu	36	323,697	8,992				

**Tableau ANOVA pour Indice volumique linéarisé**

	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de F	Valeur de p	Lambda	Puissance
Région	1	23,371	23,371	2,883	,0982	2,883	,363
Moyenne actuelle	1	10,808	10,808	1,333	,2558	1,333	,192
Lambda	1	40,202	40,202	4,959	,0323	4,959	,575
Moyenne sur 4 ans	1	87,936	87,936	10,847	,0022	10,847	,911
Région * Moyenne actuelle	1	47,200	47,200	5,822	,0210	5,822	,650
Région * Lambda	1	23,419	23,419	2,889	,0978	2,889	,364
Région * Moyenne sur 4 ans	1	43,684	43,684	5,389	,0260	5,389	,613
Moyenne actuelle * Lambda	1	11,758	11,758	1,450	,2363	1,450	,205
Moyenne actuelle * Moyenne sur 4 ans	1	,046	,046	,006	,9401	,006	,051
Lambda * Moyenne sur 4 ans	1	87,246	87,246	10,762	,0023	10,762	,909
Résidu	36	291,845	8,107				

**Figure 25: Résultats des ANOVA cherchant une relation entre les communautés de porifères et les tortues marines.**

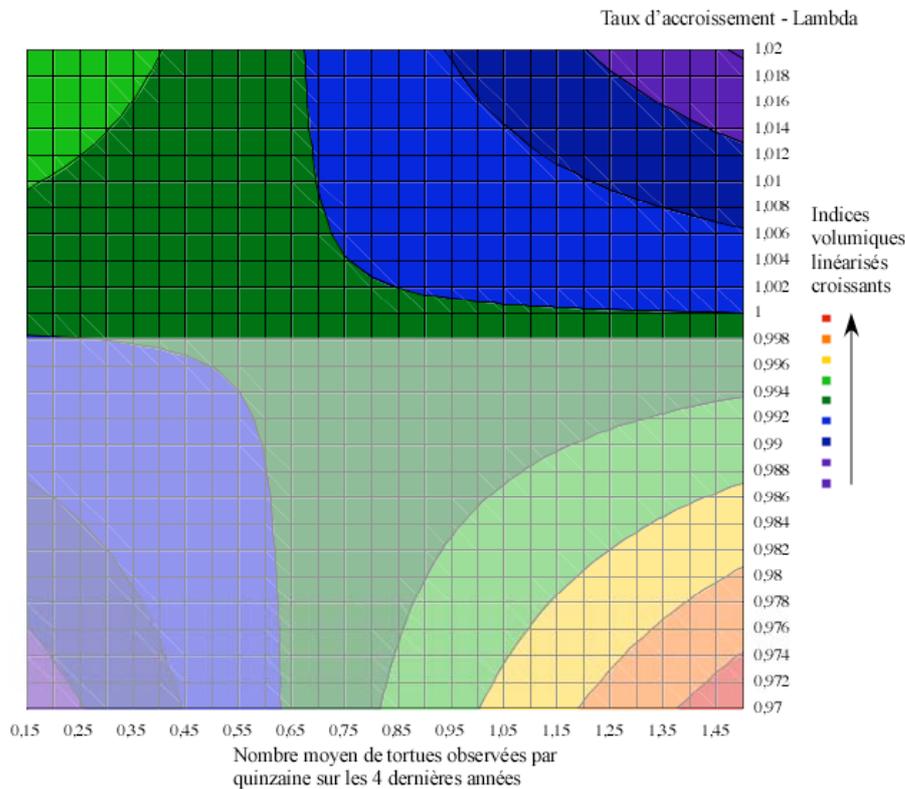
On voit que l'effet significatif de la MANOVA est guidé entièrement par un effet de la présence plus ou moins importante des tortues marines sur l'indice volumique linéarisé. Pour interpréter cet effet, il est nécessaire de connaître la direction de l'association. Pour ce faire, les coefficients de l'ANOVA sont présentés :

**Tableau des coefficients ANOVA pour Indice volumique linéarisé**

	Coef	Erreur std.	Test t	Valeur de p
Terme cst.	-637,901	293,345	-2,175	,0363
Région: Côte sous le vent	-466,589	274,804	-1,698	,0982
Les Saintes	466,589			
Moyenne actuelle	-623,719	540,189	-1,155	,2558
Lambda	641,141	287,907	2,227	,0323
Moyenne sur 4 ans	1820,612	552,788	3,294	,0022
Région * Moyenne actuelle: Côte sous le vent	-22,341	9,259	-2,413	,0210
Les Saintes	22,341			
Région * Lambda: Côte sous le vent	458,535	269,783	1,700	,0978
Les Saintes	-458,535			
Région * Moyenne sur 4 ans: Côte sous le v...	33,090	14,255	2,321	,0260
Les Saintes	-33,090			
Moyenne actuelle * Lambda	633,563	526,080	1,204	,2363
Moyenne actuelle * Moyenne sur 4 ans	,486	6,422	,076	,9401
Lambda * Moyenne sur 4 ans	-1822,071	555,413	-3,281	,0023

**Figure 26: Tableau des coefficients ANOVA pour l'Indice volumique linéarisé.**

Pour interpréter ces résultats, l'effet d'un changement des valeurs des deux facteurs significatifs, Moyenne sur 4 ans et Lambda, a été analysé en maintenant les autres paramètres à leur valeur moyenne observée (Région=0, Moyenne actuelle=0,85).



**Figure 27: Effets du nombre moyen d'observations sur les 4 dernières années et le taux d'accroissement lambda sur l'Indice volumique linéarisé. La partie basse du graphique présentée en transparence correspond à une zone où le nombre de données disponibles ne permet pas une interprétation sûre des valeurs obtenues.**

#### ***4. Représentation cartographique des résultats***

Un résumé des résultats a été représenté graphiquement grâce au logiciel de SIG (Système d'Information Géographique) ©MapInfo.

Les sites présentés en rouge sont les sites sur lesquels l'étude du recouvrement en éponge a été réalisée.

Les sites présentés en bleu sont les sites pour lesquels l'analyse statistique des données INAScuba a été possible.

Les sites présentés en noir sont les sites sur lesquels des plongées ont été effectués mais pour lesquels l'analyse statistique n'a pas pu être réalisée et les sites écartés de l'étude lors du tri des données INAScuba.

Tous les sites de plongée enregistrés dans le cadre du protocole INAScuba ne sont pas présents sur les cartes. En effet, pour un certain nombre d'entre eux, les coordonnées GPS n'étaient pas disponibles.

Enfin, les moyennes d'observation de tortues imbriquées correspondent aux chiffres présentés en vert et les recouvrements en éponges correspondent aux nombres en rose.

Les représentations cartographiques sont présentées en annexe 14, 15, 16, 17 et 18.

## DISCUSSION

### *1. Analyse des données INAScuba*

Le Protocole INAScuba, mis au point dans le cadre du Plan de Restauration des Tortues Marines de Guadeloupe, a permis de rapporter un nombre conséquent (15656 plongées enregistrées) d'observations de tortues marines en plongée dans les eaux récifales guadeloupéennes entre 2002 et 2006.

L'objet de ce travail étant d'étudier l'impact de la ressource alimentaire sur l'abondance de tortues imbriquées, il a été nécessaire de trier les données à disposition. En effet, une partie des données concerne des observations de tortues vertes, il a donc été nécessaire d'éliminer ces données qui n'ont pas d'intérêt pour l'objet de cette étude. Par ailleurs, il a été possible d'observer dans cette base de données que les moniteurs des centres de plongée n'ont pas toujours pu identifier de façon certaine l'espèce des tortues rencontrées. L'ensemble du travail réalisé ici a donc été réalisé sur les observations avérées de tortues imbriquées, c'est-à-dire dont l'identification est certaine.

Dans un second temps, l'objet de cette étude portant sur les zones récifales de Guadeloupe, il a été indispensable d'éliminer toutes les plongées enregistrées sur des sites d'herbier ou d'épave.

Enfin, l'analyse statistique de ces données n'ayant pas de valeur lorsque le nombre de données est insuffisant, lorsque les observations n'ont été faites que sur une seule année de la période d'étude qui s'étend de 2002 à 2006, ou lorsque très peu, voire pas, d'observations ont été faites, il a été indispensable de supprimer toutes les données correspondant aux cas énoncés précédemment.

Par la suite, cette étude s'intéressant uniquement aux zones de la Côte sous le Vent, de Port-Louis et des Saintes, seule cette partie de la base de données a été traitée.

Une fois le tri des données ayant été effectué, chaque site des trois zones d'étude a été analysé individuellement.

Les abondances de tortues imbriquées sont assez variables d'une zone à l'autre. Port-Louis serait donc une zone sur laquelle les observations de tortues sont exceptionnelles alors qu'elles sont beaucoup plus communes sur la Côte sous le Vent et encore plus aux Saintes.

Une étude de l'évolution temporelle des observations de tortues entre 2002 et 2006 a été réalisée par l'application, sur les données, d'un modèle exponentiel ajusté sous l'hypothèse d'une distribution de Poisson du nombre d'observations. L'étude des paramètres et

notamment du coefficient  $r$  de croissance intrinsèque de ce modèle a permis de mettre en évidence les tendances d'évolution des populations de tortues imbriquées sur les trois secteurs d'étude. Sur la côte sous le Vent, les taux de croissance se situaient entre  $-0,076 (\pm 0,082)$  et  $0,027 (\pm 0,01)$ . Graphiquement, il a été possible d'observer que la plupart des sites sur la Côte sous le Vent présentent une croissance du nombre d'observation de tortues imbriquées, quelques sites cependant, montrent une décroissance du nombre de ces observations.

L'ensemble des sites de Port-Louis présente une diminution du nombre d'observation de tortues imbriquées.

Graphiquement, il a été possible de distinguer aux Saintes quatre tendances d'observations de tortues imbriquées en plongée. Deux premières tendances visent à montrer les sites avec une abondance de tortue faible et une abondance élevée. Pour chacune de ces catégories, il a été possible d'observer des sites en augmentation et des sites en diminution.

Il convient de garder à l'esprit, qu'il est possible qu'un biais dû à l'activité des centres de plongée entre en compte. En effet, il est possible d'imaginer qu'en raison d'une pression de la clientèle touristique, certains centres de plongée recherchent de façon active les tortues au cours de leur sortie. Cela augmenterait donc la probabilité d'observation de tortues par rapport à une sortie dont les observations seraient faites par hasard.

## ***2. Etude des variations d'observations de tortues imbriquées***

Afin de préciser les tendances de variations d'observations de tortues imbriquées en plongée, on a cherché à déterminer s'il existe une variation de type saisonnière. Un modèle de croissance sinusoïdale de période 24 (nombre de quinzaines dans une année) a été intégré au modèle initial. Dans le cas de la Côte sous le Vent, la plupart des sites ne présentent pas de variation saisonnière ou alors elle est marginale, tout du moins dans le cas des données récoltées par le protocole INAScuba.

Il n'y a pas de variation saisonnière détectée sur la zone de Port-Louis.

Enfin, une variation exponentielle globale, c'est-à-dire avec un coefficient de croissance commun à tous les sites, a été testée en calculant les AIC avec une valeur  $r$  commune à tous les sites. Le modèle exponentiel avec une valeur de  $r$  commune ajuste moins bien les données qu'avec un  $r$  différent sur chacun des sites. La variation du nombre de tortues imbriquées observées en plongée est donc différente pour chacun des sites et il n'est pas possible de les considérer dans leur globalité pour un même secteur.

### ***3. Etude du recouvrement en éponge des fonds récifaux sur la Côte sous le Vent et aux Saintes***

De nombreuses études ont mentionné le régime plus ou moins strictement spongivore des tortues imbriquées dans la Caraïbe. Chacune de ces études présentent le choix des tortues imbriquées vers les éponges et certaines font même part d'un régime assez sélectif au niveau spécifique (Bjorndal 2003, Den Hartog 1980, Diez 1999, Diez 2002, León 2002, Meylan 1988, Van Dam 1997).

C'est pourquoi, dans un second temps cette étude a visé à estimer le recouvrement en éponges sur les fonds récifaux sur un ensemble de sites choisis.

Dans le cas de la zone de Port-Louis, il a été décidé de ne pas effectuer d'étude du recouvrement en éponge. Il a été vu précédemment que l'abondance de tortues imbriquées dans ce secteur est très faible. Aussi, il existe donc un effet « site » très fort intervenant sur les observations de tortues. Les observations étant très marginales, il est donc difficile d'expliquer si cela est dû à la quantité de ressource alimentaire disponible ou à un autre effet dû à ce site. La zone de Port-Louis a donc été écartée de la deuxième partie de cette étude.

L'étude du recouvrement en éponge a donc été réalisée sur les zones de la Côte sous le Vent et des Saintes. Pour chacun de ces secteurs, huit sites ont été choisis pour ce travail. Ces sites ont été choisis en fonction des moyennes d'observations dans le cas de la Côte sous le Vent, et selon les quatre tendances décrites plus tôt dans le cas des Saintes.

Sur chacun des sites choisis, trois plongées ont été réalisées et un transect linéaire de 60 m a été réalisé pour chacune d'entre elles. L'identification visuelle de chaque éponge rencontrée sur le transect a été réalisée, les mesures d'intercept ont été prises et les trois dimensions de chaque éponge nécessaires pour le calcul de l'indice volumique ont été enregistrées. Au total, 46 plongées ont été réalisées sur un total de 48 prévues. Une plongée n'a pas pu être réalisée sur le site de L' Aquarium aux Saintes en raison des conditions météorologique et de la difficulté de plonger sur ce secteur extrêmement battu par la houle même par temps calme. Pour la Pointe Zoio, une plongée a permis la réalisation de deux transects de 60 m au lieu d'un, en raison de la faible quantité d'éponges présentes sur ce secteur.

#### **3.1. Etude du recouvrement en éponge**

L'étude des recouvrements en éponges sur la Côte sous le Vent et aux Saintes a donné des résultats relativement proches. Le pourcentage de recouvrement n'est pas significativement

différent aux Saintes (4,94% ET 1,38) et sur la Côte sous le Vent (5,51% ET 1,41). L'Anse Colas pour la Côte sous le Vent et La Baleine pour les Saintes sont les sites qui présentent le recouvrement moyen en éponge le plus important. Les sites de la Pointe Beaugendre pour la côte sous le Vent et de la Pointe Zoio pour les Saintes sont les sites sur lesquels le recouvrement moyen en éponge est le plus faible.

D'après la méthode d'Eliot Allen (Allen 2001), un transect de 60 mètres permet d'évaluer le recouvrement en éponge avec une erreur inférieure à 0,2. Dans cette étude, l'estimation du recouvrement en éponge a été réalisée à partir de trois réplicats de 60 m sur chacun des sites afin d'obtenir une estimation statistiquement plus fiable. L'estimation du recouvrement n'a été réalisé que sur huit sites dans chacune des zones. Dans une perspective d'étude plus approfondie, il serait conseillé de multiplier le nombre de sites étudiés afin d'obtenir une évaluation du recouvrement plus proche de la réalité.

### **3.2. Richesse spécifique**

La richesse spécifique moyenne en éponge n'est pas significativement différente sur la côte sous le Vent (13,21 espèces, ET 1,73) et aux Saintes avec (12,19 espèces, ET 1,67) espèces. Toutefois, cette différence semble marginale et la richesse spécifique en éponge sur la Côte sous le Vent et aux Saintes semble donc très proche.

Par ailleurs, la richesse spécifique moyenne en éponge semble globalement plus homogène sur la Côte sous le vent (11,33 à 15 espèces) qu'aux Saintes (7 à 15,67 espèces).

### **3.3. Indice Volumique**

Enfin, l'Indice Volumique Linéarisé moyen est de 12,70 (ET 0,84) sur la Côte sous le Vent et de 11,82 (ET 2,18) aux Saintes et n'est pas non plus statistiquement différente entre sites.

### **3.4. Etude spécifique des éponges**

En matière d'espèces d'éponges, *Xetospongia muta* est l'espèce dont le recouvrement est le plus important sur la Côte sous le Vent (2,34%, ET 1,31) comme aux Saintes (2,01%, ET 1,21). Aux Saintes, *Amphimedon compressa* est une espèce non négligeable avec un recouvrement de 1,55% (ET 3,67).

Enfin, sur la Côte sous le Vent, les éponges *Agelas conifera*, *Agelas dispar*, *Neofibularia nolitangere* et *Pseudoceratina crassa* ont un recouvrement supérieur à 0,5%. Pour les Saintes, *Aplysina fistularis*, *Diplastrella megastellata* et *Ircinia strobilina* ont un recouvrement supérieur à 0,5%.

Les deux zones d'étude semblent donc avoir un peuplement dominé par *Xetospongia muta*. Cependant, les peuplements de ces deux zones diffèrent par le fait que les espèces dominantes

semblent être différentes. L'éponge barrique, *Xetospongia muta* est connue comme étant une espèce indicatrice des zones de la Caraïbe où s'alimentent les tortues imbriquées, bien qu'elles ne soient pas connues comme étant une proie de cette espèce. (Diez 1999)

Toutefois, ces résultats sont à considérer avec une certaine réserve. En effet, en comparaison avec d'autres organismes récifaux, les éponges ont été grandement négligées dans les études quantitatives. Les raisons principales pour cela sont les problèmes taxonomiques et les difficultés de quantification, dues à une grande variabilité dans les formes et les tailles (Rützler 1978). L'identification des éponges dans le cadre de cette étude a été réalisée de façon visuelle à l'aide d'ouvrage d'identification (Humann 2002). La détermination précise des éponges se réalisant par l'étude microscopique de leurs spicules, il est pensable que la richesse spécifique a été sous-estimée en raison de la difficulté d'identification.

Enfin, il paraît important de noter qu'un biais dû à l'échantillonneur a pu entrer en compte au niveau de l'identification des éponges. Au fur et à mesure de l'avancée du travail de terrain, la qualité d'identification s'est probablement améliorée. Il est donc possible de penser que la qualité des identifications sur les premiers transects réalisés est moins bonne que sur ceux réalisés en fin d'étude.

#### ***4. Effet des tortues imbriquées sur les peuplements porifères***

Une Analyse Factorielle des Correspondances a été réalisée afin d'établir s'il existe une corrélation entre la présence de certaines espèces d'éponges et certains sites. Trois espèces d'éponges semblent avoir une distribution différente des autres. Il s'agit de *Diplastrella megastellata*, *Cliona langae* et *Callyspongia vaginalis*.

Les résultats obtenus en analysant les données de recouvrement d'éponge et les données de présence des tortues marines ont permis clairement de mettre en évidence qu'il existe une relation entre l'indice volumique des éponges sur un site donné et la moyenne de tortues observées en plongée durant les 4 années précédentes et l'interaction entre cette valeur et le taux d'accroissement observé sur le site durant la même période. Il semble que plus il y a eu historiquement de tortues imbriquées présentes sur le milieu, moins l'indice volumique des éponges est important (Figure 27). Cela confirme donc la relation de proies-prédateur qui existe entre les éponges et les tortues imbriquées. Un suivi sur long terme de l'évolution des communautés d'éponges sur les zones récifales permettrait d'avoir une idée plus précise de l'évolution de ces peuplements dans le temps.

D'après ces résultats, il serait donc possible de dire que les tortues imbriquées ont un impact non négligeable sur l'écosystème récifal. En effet, la prédation par les imbriquées peut affecter la diversité et la structure d'un écosystème de récif corallien par 3 mécanismes ; en consommant des proies éponges ou cnidaires sélectionnées, en affectant directement la diversité du récif corallien en rendant les espèces proies plus vulnérables à la prédation par d'autres organismes, en influençant indirectement la compétition pour l'espace. (León 2002) Ainsi, la présence des tortues imbriquées dans certains sites et l'augmentation de leur abondance au cours des dernières années auraient influencé le fait que l'indice volumique des éponges sur ces zones est faible. Par ailleurs, en affectant la compétition pour l'espace, le régime spongivore chez les imbriquées peut influencer la succession et la diversité des communautés récifales (Meylan 1988).

D'autre part, peu de vertébrés sont connus pour utiliser les éponges comme source de nourriture (Van Dam 1997). Aussi, les tortues imbriquées paraissent indispensables pour veiller au bon état des récifs. On peut imaginer qu'un récif sur lequel il n'y a plus de tortues imbriquées verra un développement important des éponges au dépend des autres organismes benthiques récifaux. En retour, le régime alimentaire hautement spécialisé et la dépendance de cette tortue aux animaux filtreurs, et aux communautés benthiques la rendent vulnérable aux conditions de détérioration des récifs du monde (Meylan 1988).

## CONCLUSION

Les tortues imbriquées, *Eretmochelys imbricata* sont des vertébrés presque exclusivement spongivores dans la Caraïbe. Au cours de cette étude les données d'observation de cette espèce récoltées en plongée dans le cadre du protocole INAScuba, ont permis d'identifier les tendances de variations de la population d'imbriquée sur les zones de la Côte sous le Vent, de Port-Louis et des Saintes. Les populations semblent être globalement en augmentation à l'exception de la zone de Port-Louis où la population est devenue très restreinte et est toujours en déclin.

Par ailleurs, il a été possible d'établir que les tortues influencent l'indice volumique des éponges, et ce probablement par leur prédation. Une étude plus approfondie du régime alimentaire de cette espèce par l'étude de contenus stomacaux obtenus par lavage d'estomac, permettrait d'identifier la composition de celui-ci chez les imbriquées de Guadeloupe. Par ailleurs, un suivi sur long terme des populations de tortues imbriquées en alimentation par baguage, capture et recapture permettrait d'avoir une meilleure idée des déplacements de ces animaux sur les zones récifales. En effet, les tortues imbriquées sont connues comme étant des animaux relativement sédentaires sur leur zone d'alimentation. Aussi, bien qu'il soit difficilement imaginable qu'elles se déplacent entre des sites éloignés, il est pensable qu'elles puissent se déplacer entre des sites proches. Le cas des Ilets Pigeon peut par exemple être cité. Il existe des variations du nombre d'observation entre les différents sites de cette zone. Le marquage des tortues sur cette zone permettrait par exemple d'identifier s'il existe un mouvement des tortues entre ces sites et donc s'il existe un paramètre extérieur influençant cette répartition.

Enfin, un suivi sur le long terme des communautés d'éponges pourrait permettre de suivre en parallèle l'évolution des populations de tortues selon l'état des peuplements d'éponges, et d'identifier avec précision l'impact des tortues sur les communautés récifales, phénomène peu connu dans la Caraïbe en général et totalement inconnu en Guadeloupe.

## BIBLIOGRAPHIE

- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. - IEEE Transactions on Automatic Control 19: 716-723.
- Allen, E. 2001. Planning supporting systems, models, and visualization tools. - In: Brail, R. K. K., R. E. (ed.) INDEX: Software for community indicators. Redlands, CA: ESRI Press, pp. 229-261.
- Bjorndal, F. A., Jackson, J.B.C. 2003. Roles of Sea Turtles in Marine Ecosystems: Reconstructing the Past. - In: CRC Marine Biology Series, L., P.L. (ed.) The Biology of Sea Turtles. CRC Press, pp. 259-273.
- Bjorndal, K. A. 1999. Priorities for Research in Foraging Habitats. - In: Eckert, K. L., Bjorndal, K.A., Abreu-Grobois, F.A., Donnelly, M. (ed.) Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication, pp. 12-14.
- Burnham, K. P. and Anderson, D. R. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. - Springer-Verlag.
- Den Hartog, J. C. 1980. Notes on the Food of Sea Turtles: *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus) and *Dermochelys coriacea* (Linnaeus). - Netherlands Journal of Zoology 30(4): 595-610.
- Diez, C. E., Ottenwalder, J.A. 1999. Habitat Surveys. - In: Eckert, K. L., Bjorndal, K.A., Abreu-Grobois, F.A., Donnelly, M. (ed.) Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group.
- Diez, C. E., Van Dam, R.P. 2002. Habitat effect on hawksbill turtle growth rates on feeding grounds at Mona and Monito Islands, Puerto rico. - Marine Ecology Progress Series 234: 301-309.
- Frazier, J. G. 1999. Community-Based Conservation. - In: Eckert, K. L., Bjorndal, K.A., Abreu-Grobois, F.A., Donnelly, M. (ed.) Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group, pp. 15-18.
- Humann, P., Deloach, N. 2002. Reef Creature Identification, Florida, Caribbean, Bahamas. - New World Publications, Inc.
- Kermarrec, J. 1976. Le statut des tortues dans les Antilles françaises, une révision urgente. - *Nouv. Agr. Ant. Guy* 2: 99-108.
- León, Y. M. B., K.A. 2002. Selective feeding in the Hawksbill turtle, an important predator in Coral Reef ecosystems. - Marine Ecology Progress Series 245: 249-258.
- Meylan, A. 1988. Spongivory in Hawksbill Turtles: A Diet of Glass. - Science, New Series 239: 393-395.
- Rützler, K. 1978. Sponges in Coral Reefs. - In: Stoddart, D. R. a. J., R. E. (ed.) Coral reefs: research methods. UNESCO, pp. 299-313.
- Van Dam, R. P. D., C.E. 1997. Predation by Hawksbill Turtles on Sponges at Mona Island, Puerto Rico. - Proc 8th Int Coral Reef Sym 2: 1421-1426.



## ANNEXE 2

Tableaux des données INAScuba de 2002 et 2003 pour la zone de la Côte sous le Vent avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

Sites	2002						2003					
	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi
Delgrès	3	0	0	0	0	0	8	1	0	1	0	0
Anse à la Barque	0						25	4	4	0	0	0,16
Anse Caraïbe	0						5	4	4	0	0	0,8
Anse Colas	2	1	1	0	0	0,5	8	2	2	0	0	0,25
Anse Thomas	18	8	8	0	0	0,4444	85	67	37	30	0	0,44
Aquarium	5	1	1	0	0	0,2	30	9	4	4	1	0,13
Cranier							5	2	2	0	0	0,4
Mazarin	2	1	1	0	0	0,5	2	0	0	0	0	0
Franjack	2	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0
Gros Morne	5	0	0	0	0	0	19	3	3	0	0	0,16
Grottes Ferry	3	3	3	0	0	1	4	2	2	0	0	0,5
Gustavia	1	0	0	0	0	0	15	2	2	0	0	0,13
Jardin de Corail	18	7	7	0	0	0,3889	123	36	23	9	4	0,19
Jardin Japonais	7	6	6	0	0	0,8571	81	68	57	7	4	0,7
Kawane	2	1	1	0	0	0,5	3	1	1	0	0	0,33
Les Tortues	14	4	4	0	0	0,2857	14	4	4	0	0	0,29
Mlle Rose	0						1	0	0	0	0	0
Phare Vieux Fort	3	1	1	0	0	0,3333	5	1	1	0	0	0,2
Piscine	18	4	4	0	0	0,2222	113	45	35	6	4	0,31
Pointe au fous	18	2	2	0	0	0,1111	58	22	19	3	0	0,33
Pointe Baracuda	0						11	10	10	0	0	0,91
Pointe Beaugendre	3	4	4	0	0	1,3333	40	40	40	0	0	1
Pointe carangue	1	0	0	0	0	0	10	11	7	0	4	0,7
Pointe Ferry	7	2	2	0	0	0,2857	26	12	11	1	0	0,42
Pointe lézarde	0						1	0	0	0	0	0
Pointe Mahault	8	4	4	0	0	0,5	31	23	23	0	0	0,74
Pointe Malendure	2	0	0	0	0	0	20	24	22	2	0	1,1
Pointe Morphy	14	5	5	0	0	0,3571	129	102	96	6	0	0,74
Rocroy	0						2	2	1	1	0	0,5
Sec de Baillargent	0						10	3	3	0	0	0,3

### ANNEXE 3

Tableaux des données INAScuba de 2002 et 2003 pour la zone de la Côte sous le Vent (suite) avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

Sites	2002						2003					
	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi
Sec de Cyrille							14	4	2	2	0	0,14
Souffleur	7	2	2	0	0	0,2857	26	12	11	1	0	0,42
Sources chaudes	4	0	0	0	0	0	13	4	4	0	0	0,31
Stanior	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Trois pointes	1	0	0	0	0	0	8	1	1	0	0	0,13
Val de l'orge	1	1	1	0	0	1	5	4	3	1	0	0,6
cnbt	0						1	0	0	0	0	0
Pointe Marquis	0						1	0	0	0	0	0
Réserve cousteau	0						4	1	1	0	0	0,25
Ilets Pigeon	0						18	14	11	3	0	0,61
Sec de ferry	0						16	1	1	0	0	0,06
Petite Anse	0						24	0	0	0	0	0
Anse à la Tortue	0						3	0	0	0	0	0
Bouée anticyclonique	0						4	4	0	4	0	0
Plage de Malendure	0											
Pointe Batterie	0						2	0	0	0	0	0
Augustin Fresnel	0						7	0	0	0	0	0
Anse Négresse	0						1	0	0	0	0	0
Anse Mahault	0						2	2	2	0	0	1
Baie de Deshaies	0						3	4	1	3	0	0,33
Lamarche	0						4	0	0	0	0	0
Anse Sternes	0						1	2	1	1	0	1
Sec de Morphy	0						4	6	6	0	0	1,5
Epave A.F.	0						4	0	0	0	0	0
Pointe Leroux	0						3	5	5	0	0	1,67
Caye Rocher	0						0					
ESGI	0						0					

## ANNEXE 4

Tableaux des données INAScuba de 2004 et 2005 pour la zone de la Côte sous le Vent avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

Sites	2004						2005					
	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi
Delgrès	0						0					
Anse à la Barque	14	9	9	0	0	0,643	0					
Anse Caraïbe	15	3	3	0	0	0,2	3	0	0	0	0	0
Anse Colas	45	14	12	2	0	0,267	40	23	22	1	0	0,55
Anse Thomas	58	71	51	17	3	0,879	56	71	53	18	0	0,946
Aquarium	211	74	21	4	49	0,1	62	49	39	6	4	0,629
Cranier	12	2	2	0	0	0,167	6	1	1	0	0	0,167
Mazarin	0						0					
Franjack	53	34	13	5	16	0,245	29	11	5	6	0	0,172
Gros Morne	89	29	29	0	0	0,326	99	47	46	1	0	0,465
Grottes Ferry	6	4	4	0	0	0,667	23	15	15	0	0	0,652
Gustavia	13	2	1	0	1	0,077	13	6	5	1	0	0,385
Jardin de Corail	390	160	66	4	90	0,169	172	147	125	8	14	0,727
Jardin Japonais	132	110	88	2	20	0,667	96	109	92	11	6	0,958
Kawane	4	1	1	0	0	0,25	7	4	4	0	0	0,571
Les Tortues	23	7	7	0	0	0,304	0					
Mlle Rose	0						0					
Phare Vieux Fort	0						0					
Piscine	456	246	106	13	127	0,232	171	137	115	15	7	0,673
Pointe au fous	56	18	17	1	0	0,304	47	26	25	1	0	0,532
Pointe Baracuda	80	86	21	2	63	0,263	40	44	37	1	6	0,925
Pointe Beaugendre	31	18	16	2	0	0,516	21	14	14	0	0	0,667
Pointe carangue	58	64	13	1	50	0,224	25	35	26	2	7	1,04
Pointe Ferry	19	6	6	0	0	0,316	21	19	18	1	0	0,857
Pointe lézarde	4	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Pointe Mahault	20	8	7	1	0	0,35	20	13	13	0	0	0,65
Pointe Malendure	28	29	25	4	0	0,893	41	70	62	8	0	1,512
Pointe Morphy	105	81	76	5	0	0,724	0					
Rocroy	0						0					
Sec de Baillargent	9	7	7	0	0	0,778	5	3	1	2	0	0,2

## ANNEXE 5

Tableaux des données INAScuba de 2004 et 2005 pour la zone de la Côte sous le Vent (suite) avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

Sites	2004						2005					
	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi
Sec de Cyrille	12	5	4	0	1	0,333	9	6	2	4	0	0,222
Souffleur	19	6	6	0	0	0,316	21	19	18	1	0	0,857
Sources chaudes	14	6	6	0	0	0,429	17	8	8	0	0	0,471
Stanior	6	0	0	0	0	0	7	1	1	0	0	0,143
Trois pointes	0						0					
Val de l'orge	0						0					
cnbt	0						0					
Pointe Marquis	0						0					
Réserve cousteau	0						0					
Ilets Pigeon	1	1	1	0	0	1	122	16	14	2	0	0,115
Sec de ferry	16	5	4	1	0	0,25	2	0	0	0	0	0
Petite Anse	3	0	0	0	0	0	0					
Anse à la Tortue	0						0					
Bouée anticyclonique	31	26	6	2	18	0,194	26	18	16	0	2	0,615
Plage de Malendure	3	3	0	1	2	0	2	2	2	0	0	1
Pointe Batterie	6	3	3	0	0	0,5	2	0	0	0	0	0
Augustin Fresnel	15	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
Anse Négresse	5	1	1	0	0	0,2	21	10	10	0	0	0,476
Anse Mahault	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Baie de Deshaies	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
Lamarche	2	0	0	0	0	0	0					
Anse Sternes	0						0					
Sec de Morphy	7	11	11	0	0	1,571	0					
Epave A.F.							0					
Pointe Leroux	2	1	1	0	0	0,5	0					
Caye Rocher	10	39	17	12	10	1,7	7	29	9	20	0	1,286
ESGI	1	1	0	0	1	0	0					
Baie Bouillante	1	1	0	1	0	0	0					
Pointe de Baillargent	1	0	0	0	0	0	0					
Tête à l'Anglais	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0,5
Morphy	0						96	100	87	13	0	0,906
Sec de Stephan	0						6	4	4	0	0	0,667
Petit Ilet	0						1	1	1	0	0	1
Caille Heures Saines	0						0					

## ANNEXE 6

Tableaux des données INAScuba de 2006 pour la zone de la Côte sous le Vent avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

Sites	2006					
	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi
<b>Delgrès</b>	0					
<b>Anse à la Barque</b>	1	0	0	0	0	0
<b>Anse Caraïbe</b>	12	5	2	3	0	0,167
<b>Anse Colas</b>	62	57	51	6	0	0,823
<b>Anse Thomas</b>	43	59	47	12	0	1,093
<b>Aquarium</b>	188	99	99	0	0	0,527
<b>Cranier</b>	3	0	0	0	0	0
<b>Mazarin</b>						
<b>Franjack</b>	30	14	6	5	3	0,2
<b>Gros Morne</b>	42	22	22	0	0	0,524
<b>Grottes Ferry</b>	7	14	14	0	0	2
<b>Gustavia</b>	4	1	1	0	0	0,25
<b>Jardin de Corail</b>	410	285	273	10	2	0,666
<b>Jardin Japonais</b>	111	150	147	3	0	1,324
<b>Kawane</b>	0					
<b>Les Tortues</b>	0					
<b>Mlle Rose</b>	0					
<b>Phare Vieux Fort</b>	1	0	0	0	0	0
<b>Piscine</b>	384	312	308	0	4	0,802
<b>Pointe au fous</b>	21	16	16	0	0	0,762
<b>Pointe Baracuda</b>	12	12	12	0	0	1
<b>Pointe Beaugendre</b>	23	29	26	3	0	1,13
<b>Pointe carangue</b>	11	10	10	0	0	0,909
<b>Pointe Ferry</b>	10	8	7	1	0	0,7
<b>Pointe Lézarde</b>	2	0	0	0	0	0
<b>Pointe Mahault</b>	23	15	15	0	0	0,652
<b>Pointe Malendure</b>	40	82	76	6	0	1,9
<b>Pointe Morphy</b>	2	4	4	0	0	2
<b>Rocroy</b>	1	2	2	0	0	2
<b>Sec de Baillargent</b>	0					

## ANNEXE 7

Tableaux des données INAScuba de 2006 pour la zone de la Côte sous le Vent (suite) avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

Sites	2006					
	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi
Sec de Cyrille	0					
Souffleur	0					
Sources chaudes	19	12	12	0	0	0,632
Stanior	1	1	1	0	0	1
Trois pointes	0					
Val de l'orge	0					
cnbt	0					
Pointe Marquis	0				0	#####
Réserve cousteau	6	1	1	0	0	0,167
Ilets Pigeon	1	0	0	0	0	0
Sec de ferry	0					
Petite Anse	0					
Anse à la Tortue	0					
Bouée anticyclonique	11	8	8	0	0	0,727
Plage de Malendure	1	1	1	0	0	1
Pointe Batterie	2	0	0	0	0	0
Augustin Fresnel	2	0	0	0	0	0
Anse Négresse	25	18	18	0	0	0,72
Anse Mahault	0					
Baie de Deshaies	0					
Lamarche	1	0	0	0	0	0
Anse Sternes	0					
Sec de Morphy	9	17	16	1	0	1,778
Epave A.F.	0					
Pointe Leroux	2	2	2	0	0	1
Caye Rocher	0					
ESGI	0					
Baie Bouillante	0					
Pointe de Baillargent	0					
Tête à l'Anglais	0					
Morphy	10	9	9	0	0	0,9
Sec de Stephan	0					
Petit Ilet	0					
Caille Heures Saines	1	2	2	0	0	2

## ANNEXE 8

Tableaux des données INAScuba de 2003 et 2004 pour la zone de Port-Louis avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

Sites	2003						2004					
	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi
PL 1	7	0	0	0	0	0	35	1	0	1	0	0
PL 2	28	2	2	0	0	0,0714	45	7	7	1	-1	0,156
PL 3	83	0	0	0	0	0	153	11	7	3	1	0,046
PL 4	24	0	0	0	0	0	103	4	4	0	0	0,039
PL 5	6	0	0	0	0	0	10	1	1	0	0	0,1
PL 6	28	0	0	0	0	0	42	2	1	1	0	0,024
PL 7	6	0	0	0	0	0	13	3	3	0	0	0,231
PL 8	13	2	0	2	0	0	30	1	1	0	0	0,033
PL 9	19	0	0	0	0	0	50	1	1	0	0	0,02
PL 10	10	0	0	0	0	0	12	2	2	0	0	0,167
PL 11	40	0	0	0	0	0	100	2	0	0	2	0
PL 12	8	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
PL 13	5	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
PL 14	6	0	0	0	0	0	12	1	1	0	0	0,083
PL 15	1	1	1	0	0	1	26	3	3	0	0	0,115
PL 16	42	0	0	0	0	0	50	1	1	0	0	0,02
PL 17	28	0	0	0	0	0	56	3	2	1	0	0,036
PL 18	2	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
PL 19	2	0	0	0	0	0	0					
PL 20	23	0	0	0	0	0	66	2	1	0	1	0,015
PL 21	0						0					
PL 22	0						0					

## ANNEXE 9

Tableaux des données INAScuba de 2005 et 2006 pour la zone de Port-Louis avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

Sites	2005						2006					
	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi
PL 1	52	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
PL 2	56	3	0	0	3	0	32	0	0	0	0	0
PL 3	186	3	1	0	2	0,005	123	3	3	0	0	0,024
PL 4	135	2	1	0	1	0,007	103	2	2	0	0	0,019
PL 5	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
PL 6	24	1	1	0	0	0,042	10	0	0	0	0	0
PL 7	16	2	2	0	0	0,125	5	2	2	0	0	0,4
PL 8	50	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
PL 9	74	2	2	0	0	0,027	25	2	1	1	0	0,04
PL 10	14	0	0	0	0	0	7	2	0	0	2	0
PL 11	76	1	1	0	0	0,013	68	1	1	0	0	0,015
PL 12	15	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
PL 13	8	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
PL 14	17	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
PL 15	27	3	0	0	3	0	35	1	1	0	0	0,029
PL 16	97	3	2	0	1	0,021	145	2	1	0	1	0,007
PL 17	46	1	0	0	1	0	20	0	0	0	0	0
PL 18	14	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
PL 19	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
PL 20	63	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0
PL 21	1	0	0	0	0	0	0					
PL 22	1	0	0	0	0	0	0					

## ANNEXE 10

Tableaux des données INAScuba de 2003 et 2004 pour la zone des Saintes avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

Sites	2003						2004					
	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi	NP	NTTM	NTEi	NTCm	NTNI	NMEi
Petit paté	0						81	74	74	0	0	0,914
Pointe à la Vache	1	1	0	1	0	0	71	99	99	0	0	1,394
Pointe Gouvernail	0						88	154	140	12	2	1,591
Pointe gros cap	2	3	3	0	0	1,5	13	34	34	0	0	2,615
Sec Paté	2	3	2	1	0	1	131	98	93	3	2	0,71
Les Augustins	2	0	0	0	0	0	58	41	41	0	0	0,707
Sec grands ilets	2	1	1	0	0	0,5	19	26	24	2	0	1,263
La Baleine	0						141	184	182	0	2	1,291
Pointe Cabrit	0						354	576	556	19	1	1,571
La Vierge	0						211	229	226	2	1	1,071
Ti Jardin	0						24	6	4	2	0	0,167
L'Aquarium	0						30	4	4	0	0	0,133
Pain de Sucre	0						2	2	2	0	0	1
La bombarde	0						48	16	9	7	0	0,188
Pointe Morel	0						26	8	7	1	0	0,269
Pointe Zozio	0						8	2	2	0	0	0,25
La Patate	0						16	2	2	0	0	0,125
Coche	0						11	17	17	0	0	1,545
Marigot	0						4	2	2	0	0	0,5
Pointe Colibri	0						6	5	5	0	0	0,833
Roche Percée	0						1	1	1	0	0	1
Epave	0						5	0	0	0	0	0
Passe des dames	0						1	1	1	0	0	1
S-Colline	0						0					
ocean skipper	0						0					
Bois Joli	0						0					
Coche des Dames	0						0					
Sec grande tortue	0						0					
Patate corail	0						0					

## ANNEXE 11

Tableaux des données INAScuba de 2005 et 2006 pour la zone des Saintes avec NP : Nombre de plongées, NTTM : Nombre Total de Tortues Marines observées, NTEi : Nombre Total d'*Eretmochelys imbricata*, NTCm : Nombre Total de *Chelonia mydas*, NTNI : Nombre de Tortues Non Identifiées et NMEi : Nombre Moyen d'*Eretmochelys imbricata* par plongée.

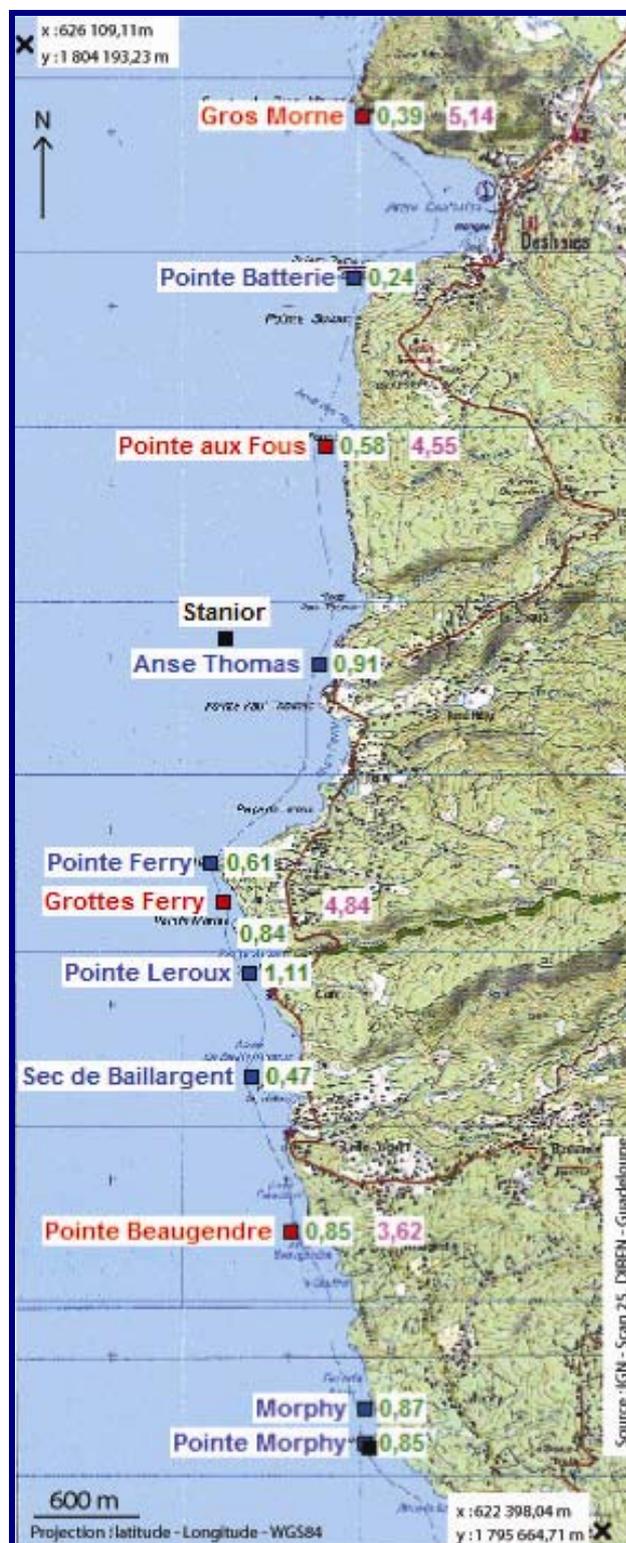
Sites	2005						2006					
	NP	NTTM	NTEi	NTC <sub>m</sub>	NTNI	NMEi	NP	NTTM	NTEi	NTC <sub>m</sub>	NTNI	NMEi
Petit paté	84	73	71	2	0	0,85	66	41	40	1	0	0,606
Pointe à la Vache	36	18	18	0	0	0,5	43	24	24	0	0	0,558
Pointe Gouvernail	63	85	84	0	1	1,33	60	51	51	0	0	0,85
Pointe gros cap	11	24	23	1	0	2,09	10	29	28	1	0	2,8
Sec Paté	104	137	137	0	0	1,32	95	107	107	0	0	1,126
Les Augustins	64	62	62	0	0	0,97	54	43	42	1	0	0,778
Sec grands ilets	12	24	22	2	0	1,83	10	16	16	0	0	1,6
La Baleine	109	159	155	1	3	1,42	106	167	165	0	2	1,557
Pointe Cabrit	198	174	171	2	1	0,86	209	252	243	3	6	1,163
La Vierge	142	193	189	1	3	1,33	160	294	286	2	6	1,788
Ti Jardin	21	6	4	2	0	0,19	12	3	3	0	0	0,25
L'Aquarium	29	9	9	0	0	0,31	39	8	8	0	0	0,205
Pain de Sucre	1	0	0	0	0	0	0					
La bombarde	43	5	4	1	0	0,09	50	24	23	1	0	0,46
Pointe Morel	19	4	3	1	0	0,16	15	3	2	1	0	0,133
Pointe Zoio	8	1	1	0	0	0,13	20	4	4	0	0	0,2
La Patate	14	2	2	0	0	0,14	11	8	8	0	0	0,727
Coche	12	7	7	0	0	0,58	7	6	6	0	0	0,857
Marigot	3	1	1	0	0	0,33	0					
Pointe Colibri	9	9	8	1	0	0,89	7	10	10	0	0	1,429
Roche Percée	0						0					
Epave	2	0	0	0	0	0	0					
Passe des dames	0						0					
S-Colline ocean skipper	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bois Joli	2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Coche des Dames	0						1	1	1	0	0	1
Sec grande tortue	0						2	1	1	0	0	0,5
Patate corail	0						1	2	2	0	0	2
	0						2	0	0	0	0	0





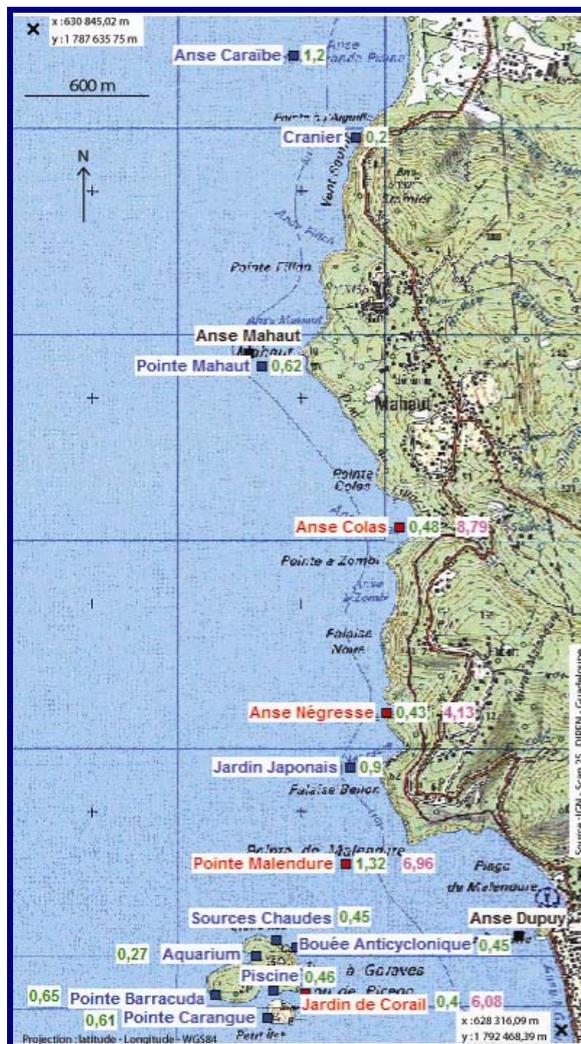
## ANNEXE 14

Carte des sites de plongée du Nord de la Côte sous le Vent associés aux moyennes d'observations de tortues imbriquées et aux recouvrements en éponges.



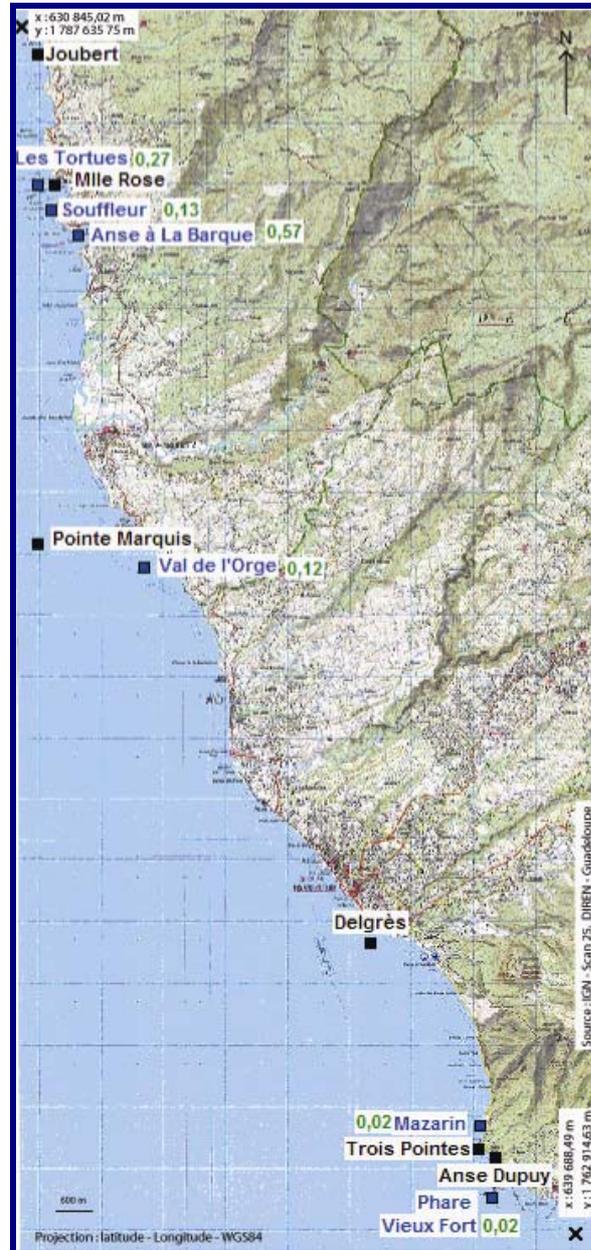
## ANNEXE 15

Carte des sites de plongée de l'ilet à Cahouanne et du centre de la côte sous le Vent associés aux moyennes d'observations de tortues imbriquées et aux recouvrements en éponges.



## ANNEXE 16

Carte des sites de plongée du Sud de la Côte sous le Vent associés aux moyennes d'observation de tortues imbriquées

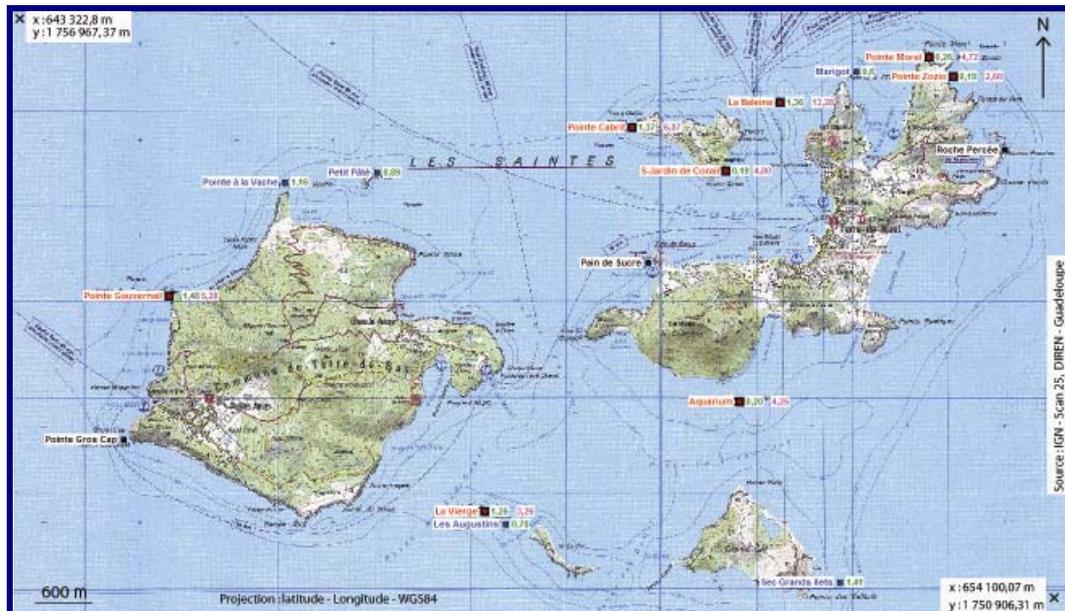


## ANNEXE 17

Carte des sites de plongée du Nord de la zone de Port-Louis associés aux moyennes d'observations de tortues imbriquées.

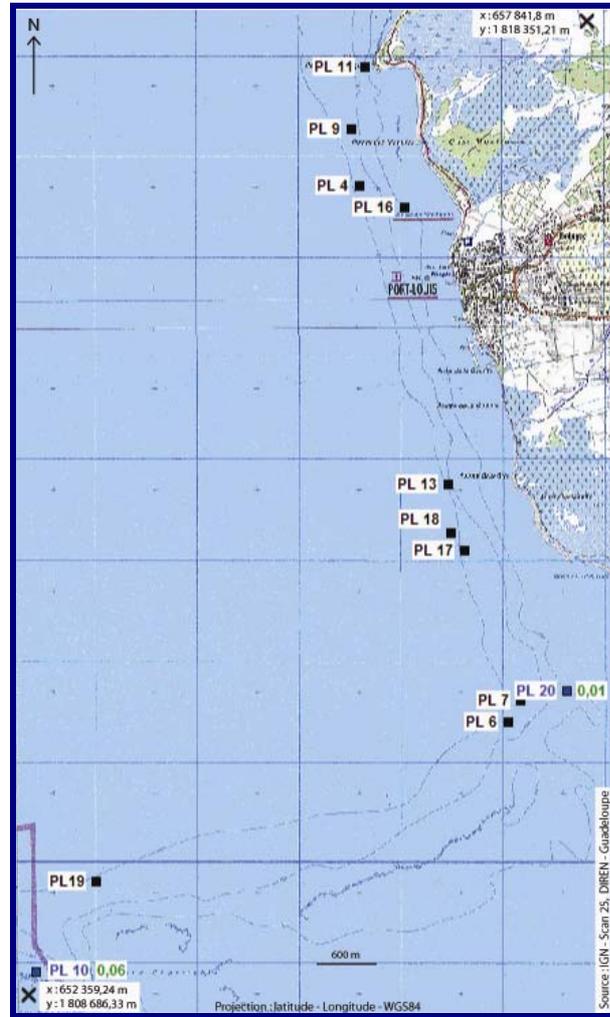


Carte des sites de plongée des Saintes associés aux moyennes d'observations de tortues imbriquées et aux recouvrements en éponges.



## ANNEXE 18

Cartes des sites de plongées du Sud de la Zone de Port-Louis associés aux moyennes d'observation de tortues imbriquées.



**UNIVERSITE DES ANTILLES ET DE LA GUYANE  
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES**

**Résumé : Influence du facteur alimentaire sur l'abondance des tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*) dans l'archipel guadeloupéen**

La tortue imbriquée, *Eretmochelys imbricata* espèce pantropicale inféodée aux récifs coralliens est presque exclusivement spongivore. Cependant, leur alimentation n'a jamais été étudiée en Guadeloupe et l'impact de cette espèce sur le fonctionnement des récifs est peu compris. Le protocole INAScuba, programme de suivi des tortues marines en alimentation entrant dans le cadre du Plan de Restauration des Tortues Marines de Guadeloupe a offert entre 2002 et 2006 un panel de plus de 15000 données d'observations en mer. Au cours de cette étude, ces données ont été analysées sur les zones de la Côte sous le Vent, des Saintes et de Port Louis. L'évolution du nombre d'observations des tortues imbriquées en plongée a permis d'établir que globalement pour la Côte sous le Vent et les Saintes ces observations sont en augmentation ce qui amène à penser que les populations suivent cette tendance. L'étude statistique de ces données a permis de choisir un ensemble de 16 sites sur lesquels une étude du recouvrement en éponge par transect linéaire a pu être menée. Il a été possible d'établir que cette espèce semble influencer l'indice volumique des éponges sur les sites où elles sont en abondance. La tortue imbriquée jouerait un rôle important dans le maintien de la biodiversité récifale.

**Mots-Clés :** Tortues marines, *Eretmochelys imbricata*, zone d'alimentation, zones récifales, recouvrement en éponge

**Abstract :** Influence of the feeding factor on Hawksbill Turtles (*Eretmochelys imbricata*) in Guadeloupean Archipelago

The Hawksbill Turtle, *Eretmochelys imbricata*, is a pantropical species of coral reefs feeds mainly on sponges. However, their feeding has never been studied in Guadeloupe and the impact of this species on the reef functioning is poorly understood. The INAScuba Protocol, which is a foraging Sea Turtles' Monitoring, of the Sea Turtles Restoration Plan of Guadeloupe, gives over 15000 data of at sea turtles observations. During this study, these data were analysed on areas of the "Côte sous le Vent", "Les Saintes" and "Port-Louis". The Evolution of Hawksbills sightings number while diving, allowed establishing that globally on "Côte sous le Vent" and "Les Saintes", these sightings are increasing which means that these populations follow this tendency. The statistical study of these data allowed to choose 16 sites where a sponge cover study by linear transect has been done. It has been possible to establish that this specie seems to influence the sponges' volume index on the sites where they are abundant. The Hawksbill Turtle will then play an important role to maintain the reef biodiversity.

**Keywords :** Sea Turtles, *Eretmochelys imbricata*, foraging ground, reef areas, sponge cover