

**UNIVERSITÉ DES ANTILLES ET DE LA GUYANE**  
**Faculté de Sciences Exactes et Naturelles**

**THÈSE**

Présentée par

**Dorothee KOPP**

Pour obtenir le grade de  
DOCTEUR EN OCÉANOLOGIE

**LES POISSONS HERBIVORES DANS L'ÉCOSYSTÈME  
RÉCIFAL DES ANTILLES**

Soutenue le 30 juin 2007 devant le jury composé de :

Mme Catherine Aliaume-Zerbi  
Mr Claude Bouchon  
Mme Mireille Harmelin-Vivien  
Mr Max Louis

Rapporteurs :

Mme Mireille Harmelin-Vivien  
Mr Pierre Legendre



*À mon papi*



## Remerciements

*Avant de présenter l'exposé des recherches effectuées, je tiens à remercier tous ceux sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.*

*Je tiens dans un premier temps à exprimer toute ma reconnaissance à Madame Yolande Bouchon-Navaro, Ingénieur en biologie marine, à qui je dois mon initiation à la biologie marine. Je la remercie de m'avoir transmis ses connaissances sur la faune ichtyologique récifale et de m'avoir donné le goût de la recherche. Son soutien m'a toujours été précieux.*

*Je remercie vivement Monsieur Claude Bouchon, Maître de Conférences à l'Université des Antilles et de la Guyane, d'avoir veillé au bon déroulement de cette thèse sur le terrain tout comme au laboratoire. Je le remercie pour tous ses enseignements, ses conseils et ses critiques, toujours d'une grande rigueur scientifique.*

*J'adresse également ma gratitude à Monsieur le Professeur Max Louis de l'Université des Antilles et de la Guyane, qui m'a permis de réaliser ce travail au sein de l'équipe DYNECAR du Laboratoire de Biologie Marine et qui m'a accordé sa confiance durant ces années.*

*Mes remerciements vont également à Monsieur Pierre Legendre, Professeur à l'Université de Montréal et à Madame Mireille Harmelin-Vivien, Directrice de Recherche au C.N.R.S., qui m'ont fait l'honneur de juger ce travail en tant que rapporteurs.*

*Madame Catherine Aliaume-Zerbi, Professeur à l'Université de Montpellier II, a accepté de siéger à ce jury. Qu'elle soit assurée de ma sincère gratitude.*

*Merci également à Alexandre Haouisée et Sébastien Cordonnier de m'avoir aidée pour la réalisation d'un des chapitres de ce travail. Qu'ils soient assurés de toute ma reconnaissance.*

*Je remercie aussi le Parc National de la Guadeloupe de m'avoir autorisée à effectuer mes comptages dans les zones de réserves du Grand Cul-de-Sac Marin.*

*Je ne saurais oublier les amis du Laboratoire de Biologie Marine dont l'aide et l'amitié me furent précieuses tant au laboratoire que sur le terrain et parmi eux tout particulièrement Pedro et Yann mais aussi Amandine, Gaëlle, Sophie, Leslie et Mélina.*

*J'ai trouvé auprès d'Amandine et Julien de bons photographes et compagnons de plongée. Je les remercie bien sincèrement pour leur collaboration à l'illustration de ce manuscrit.*

*Un merci particulier à mes parents pour leur courage face à la rude épreuve des corrections (vive snailito) et pour leur réconfort permanent. Merci également à ma sœur qui m'a toujours encouragée dans mon travail.*

*Une pensée particulière va à Amir, pour sa patience et son soutien de tous les jours...*



# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : MATÉRIELS ET MÉTHODES .....</b>	<b>7</b>
I- TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE .....	9
A- <i>Relevés visuel in situ</i> .....	9
1- Caractéristique du transect .....	9
2- Estimation des effectifs des poissons .....	9
3- Estimation de la taille des poissons .....	10
4- Estimation de la biomasse des poissons .....	11
5- Taille minimale d'échantillonnage .....	12
6- Reproductibilité des résultats .....	12
B- <i>Analyse des contenus du tube digestif des poissons</i> .....	14
1- Prélèvement des poissons .....	14
2- Analyse des échantillons .....	15
a- Étude des contenus stomacaux .....	15
b- Evaluation de la proportion d'algues dans les aliments .....	15
3- Calculs de la consommation en algues .....	18
a- Première méthode .....	18
b- Seconde méthode .....	18
C- <i>Estimation du préférendum alimentaire des poissons par rapport aux grands faciès de peuplements algaux</i> .....	18
D- <i>Estimation des descripteurs du milieu</i> .....	21
1- Étude des facteurs biotiques de l'environnement .....	21
a- Evaluation de la production algale .....	21
b- Description des communautés benthiques .....	24
2- Étude des descripteurs abiotiques de l'environnement .....	24
II- TRAITEMENT DES DONNÉES .....	26
A- <i>Descripteurs synthétiques des communautés de poissons</i> .....	26
B- <i>Analyse des données temporelles</i> .....	27
C- <i>Méthodes d'ordination employées</i> .....	29
1- Analyse en composantes principales (ACP) .....	29
2- Analyse factorielle des correspondances (AFC) .....	29
3- Analyse de groupement .....	30
4- Analyse canonique des redondances (ARD) .....	30
D- <i>Tests statistiques de comparaison</i> .....	31
<b>CHAPITRE II : PRÉSENTATION DU MILIEU.....</b>	<b>35</b>
I- PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA GUADELOUPE .....	36
A- <i>Cadre géographique de la Guadeloupe</i> .....	36
B- <i>Climat de la Guadeloupe</i> .....	38
C- <i>Facteurs de l'environnement</i> .....	39
1- Marée .....	39
2- Houle .....	39
3- Température de l'eau .....	39
4- Rayonnement global .....	40
5- Nitrates, Phosphates, MES .....	40
6- Transparence de l'eau .....	40
II- PRÉSENTATION DES SITES D'ÉTUDE .....	42
A- <i>Le récif de l'îlet Gosier (Station 1)</i> .....	44
B- <i>La Caye à Dupont (Station 2)</i> .....	44
C- <i>La Pointe des Châteaux (Station 3)</i> .....	44
D- <i>La barrière du Grand Cul-de-Sac Marin</i> .....	45
1- Le platier récifal de l'îlet Fajou (Station 4) .....	45
2- La pente externe récifale de l'îlet Fajou (Station 5) .....	46
3- La Passe à Colas (Station 6) .....	46
E- <i>Port-Louis</i> .....	46
1- Le platier de l'Anse du Souffleur (station 7) .....	47

2- La pente externe récifale de la pointe Gris-Gris (station 8) .....	47
<i>F- Les îlets Pigeon</i> .....	47
1- Le Jardin de Corail (Station 9) .....	48
2- La Pointe Barracuda (Station 10).....	48

### **CHAPITRE III : PRÉSENTATION DES ESPÈCES..... 51**

<b>I- LES ACANTHURIDAE</b> .....	52
<i>A- Présentation générale</i> .....	52
<i>B- Distribution géographique</i> .....	52
<i>C- Biologie</i> .....	53
1- Croissance et taille .....	53
2- Reproduction et développement.....	55
3- Régime alimentaire .....	56
4- Comportement.....	56
<b>II- LES SCARIDAE</b> .....	56
<i>A- Présentation générale</i> .....	56
<i>B- Distribution géographique</i> .....	57
<i>C- Biologie</i> .....	58
1- Croissance et taille .....	58
2- Reproduction et développement.....	61
3- Régime alimentaire .....	62
4- Comportement.....	63
<b>III- LES BLENNIDAE</b> .....	63
<i>A- Présentation générale</i> .....	63
<i>B- Distribution géographique</i> .....	64
<i>C- Biologie</i> .....	64
1- Croissance et taille .....	64
2- Reproduction et développement.....	64
3- Régime alimentaire .....	65
4- Comportement.....	65
<b>IV- LES KYPHOSIDAE</b> .....	66
<i>A- Présentation générale</i> .....	66
<i>B- Distribution géographique</i> .....	66
<i>C- Biologie</i> .....	66
1- Croissance et taille .....	66
2- Reproduction et développement.....	67
3- Régime alimentaire .....	67
4- Comportement.....	67

### **CHAPITRE IV : VARIATIONS TEMPORELLES DU PEUPLEMENT DE POISSONS HERBIVORES ..... 69**

<b>I- VARIATIONS TEMPORELLES DU PEUPLEMENT DE POISSONS HERBIVORES</b> .....	70
<i>A- Richesse spécifique</i> .....	70
1- Catégories d'occurrence .....	70
2- Variations de la richesse spécifique des poissons herbivores .....	72
<i>B- Effectifs</i> .....	72
1- Variations des effectifs de poissons herbivores du platier de Fajou.....	73
2- Variations des effectifs de juvéniles de poissons herbivores .....	74
<i>C- Biomasses</i> .....	76
<b>II- RECHERCHE DE TENDANCES ET DE VARIATIONS PÉRIODIQUES CHEZ LES POISSONS HERBIVORES</b> .....	80
<i>A- Recherche de tendance</i> .....	80
<i>B- Recherche de variations cycliques</i> .....	81
1- Ensemble du peuplement.....	81
2- Peuplement de juvéniles .....	81
<b>III- RECHERCHE DES FACTEURS DE L'ENVIRONNEMENT QUI INFLUENCENT LES VARIATIONS TEMPORELLES DE LA GUILDE DES POISSONS HERBIVORES</b> .....	82
<i>A- Variations temporelles des descripteurs de l'environnement</i> .....	82
<i>B- Recherche de l'influence des variables mesurées sur l'ichtyofaune d'herbivores</i> .....	85
1- Analyse portant sur les descripteurs synthétiques .....	85
2- Analyse portant sur les données de présence-absence.....	88
3- Analyse portant sur les données d'effectifs.....	90

4- Analyse portant sur les données de biomasses .....	93
IV- CONCLUSIONS .....	95
<b>CHAPITRE V : DISTRIBUTION SPATIALE DES PEUPEMENTS DE POISSONS HERBIVORES.....</b>	<b>96</b>
I- MISE EN ÉVIDENCE DES ASSOCIATIONS D'ESPÈCES DE POISSONS HERBIVORES .....	97
II- PRÉSENTATION DES PEUPEMENTS DE POISSONS HERBIVORES .....	102
A- Comparaison entre platiers et pentes externes .....	102
B- Répartition des effectifs de poissons herbivores .....	103
C- Répartition de la biomasse de poissons herbivores.....	107
D- Distribution des juvéniles de poissons herbivores sur les platiers et les pentes externes .....	110
III- RELATIONS ENTRE LA DISTRIBUTION DES POISSONS HERBIVORES ET LEUR MILIEU .....	112
A- Importance des variables utilisées.....	112
B- Relations entre la distribution des poissons herbivores et les variables du milieu.....	114
1- Relation entre les descripteurs synthétiques et les variables environnementales .....	114
2- Influence des variables de l'environnement sur les données de présence-absence .....	116
3- Influence des variables de l'environnement sur les données d'effectifs .....	118
4- Influence des variables de l'environnement sur les données de biomasses .....	120
5- Partition de la variance .....	121
IV- INFLUENCE DE LA PROFONDEUR SUR LA DISTRIBUTION DES POISSONS HERBIVORES .....	124
A- Distribution bathymétrique .....	124
1- Richesse spécifique.....	124
2- Effectifs .....	125
3- Biomasses .....	127
B- Recherche de facteurs explicatifs.....	129
V- IMPACT DU STATUT DE PROTECTION SUR LES PEUPEMENTS DE POISSONS HERBIVORES .....	130
A- Densités de poissons herbivores dans les zones situées en et hors réserve .....	131
B- Mise en relation des réserves et des descripteurs synthétiques du peuplement de poissons herbivores .....	131
C- Étude du sex-ratio des espèces de Scaridae.....	132
VI- CONCLUSIONS .....	134
<b>CHAPITRE VI : RELATIONS ENTRE LES POISSONS HERBIVORES ET LES ALGUES SUR LES RÉCIFS CORALLIENS DE LA GUADELOUPE .....</b>	<b>135</b>
I- ÉVALUATION DE LA CONSOMMATION EN ALGUES PAR LES POISSONS HERBIVORES .....	136
A- Les espèces étudiées.....	137
B- Évaluation de la proportion d'algues par estomac .....	137
C- Estimation de la consommation en algues par poisson .....	141
D- Estimation de la consommation globale en algues .....	142
E- Estimation de la bioérosion par les Scaridae .....	148
II- RÉPARTITION DE LA PRESSION DE BROUTAGE.....	149
A- Relations entre la pression de broutage et les faciès algaux .....	151
B- Variabilité entre les faciès algaux .....	152
C- Variabilité entre les espèces .....	154
III- CONCLUSIONS .....	155
<b>CHAPITRE VII : DISCUSSION.....</b>	<b>156</b>
I- STRUCTURE DES PEUPEMENTS DE POISSONS HERBIVORES .....	157
A- Étude temporelle .....	157
B- Étude spatiale.....	158
II- INTERACTIONS ENTRE POISSONS HERBIVORES, ALGUES, ET VARIABLES DU MILIEU .....	160
A- Relation entre les poissons et les algues .....	160
1- Moyens développés par les algues pour lutter contre la prédation des herbivores .....	161
2- Rôle des réserves dans le contrôle des algues .....	162
B- Rôle des variables environnementales .....	163
1- Les nutriments .....	163
2- L'influence de la profondeur.....	165
III- CONSOMMATION EN ALGUES PAR LES HERBIVORES .....	165
A- Consommation des algues.....	165
B- Pression de broutage et préférences des poissons herbivores vis-à-vis des grands types de faciès algaux .....	168
C- Bioérosion .....	171

<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>173</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>178</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>199</b>

# INTRODUCTION



© A. Saltanakkah



Les récifs coralliens forment avec les forêts tropicales humides, les écosystèmes de la planète qui présentent la plus forte biodiversité. Ils font partie des écosystèmes les plus productifs, bien qu'on les retrouve exclusivement dans des zones océaniques naturellement pauvres en nutriments. Il existe plusieurs types de producteurs primaires sur les récifs : les algues gazonnantes, les macroalgues érigées, les Mélobésiées (Rhodophycées encroûtantes) et les zooxanthelles (Dinophycées symbiotiques des coraux récifaux et de quelques autres Invertébrés benthiques). Des études sur la productivité des récifs de la Caraïbe montrent que le gazon algal est le compartiment le plus productif et qu'il fournit la majorité de la production primaire de l'écosystème (Carpenter, 1985). Sur les récifs, les algues benthiques sont capables de fixer le peu de nitrates et de phosphate disponibles afin de synthétiser de la matière organique végétale qui sera à la base de la chaîne alimentaire de l'écosystème.

Les consommateurs primaires ont une forte influence sur la structure des écosystèmes marins (Lubchenco et Gaines, 1981) et les herbivores assurent le maintien d'un faible recouvrement algal. Des expérimentations ont montré que lorsque les substrats sont protégés du broutage, la biomasse algale augmente rapidement (Stephenson et Searles, 1960 ; Earle, 1972 ; Wanders, 1977 ; Carpenter, 1986 ; Lirman, 2001). Il s'en suit un changement de la composition spécifique des algues, qui évolue d'un recouvrement par du gazon algal à un recouvrement par des macroalgues (Wanders, 1977 ; Lassuy, 1980 ; Montgomery, 1980 ; Lewis, 1986 ; Belliveau et Paul, 2002). Les algues entrent en compétition avec les coraux lorsque leur production est trop importante et la consommation de ces algues joue un rôle important pour l'équilibre des communautés benthiques récifales (Tanner, 1995 ; McCook *et al.*, 2001 ; River et Edmunds, 2001 ; Jompa et McCook, 2002). Les macroalgues empêchent la pénétration de la lumière jusqu'aux colonies coralliennes, entrent en compétition avec les coraux pour l'espace et inhibent la colonisation du récif par les nouvelles larves de coraux (Costa Jr *et al.*, 2000). Nugues *et al.* (2004) et Smith *et al.* (2006) ont également montré que le contact physique entre les macroalgues et les coraux peut provoquer des maladies, les algues transmettant des bactéries aux coraux.

Durant les dernières décennies, les scientifiques ont observé un remplacement progressif des peuplements coralliens par des macroalgues sur des récifs du monde entier (Porter *et al.*, 1982 ; Littler *et al.*, 1992 ; Hughes, 1994 ; Shulman et Robertson, 1996 ; Lapointe, 1997 ; Rogers *et al.*, 1997 ; McClanahan *et al.*, 1999a ; Aronson et Precht, 2000 ; Ostrander *et al.*, 2000 ; Pandolfi *et al.*, 2003 ; Wilkinson, 2004). Ce changement de dominance dans les peuplements benthiques n'épargne pas les récifs de la Caraïbe où les

communautés récifales constituées à l'origine par des Invertébrés (coraux, éponges, gorgones...) et associées à du gazon algal sont à présent envahies par les macroalgues (Hughes, 1994). Dans les Antilles françaises, l'altération des communautés récifales a débuté dans la seconde moitié du vingtième siècle (Bouchon et Laborel, 1986, 1990 ; Bouchon *et al.*, 2004b). Une cartographie par télédétection des écosystèmes marins côtiers de la Guadeloupe et de la Martinique a montré que seulement 15 à 20 % des récifs de ces îles abritent encore des peuplements coralliens florissants (Chauvaud, 1997 ; Chauvaud *et al.*, 1998, 2001). Les coraux de l'archipel guadeloupéen présentent des taux de nécrose de leurs tissus variant de 11 à 56 % de la surface des colonies (Bouchon *et al.*, 2004b). Les peuplements coralliens ont donc tendance à régresser et à être remplacés par des communautés algales de Phéophycées dominées par les genres *Dictyota*, *Lobophora* et *Sargassum* (Bouchon *et al.*, 2002a).

Cette transformation semble aboutir à un état stable, puisqu'il n'existe jusqu'à présent que peu d'exemples de transition inverse, évoluant d'une dominance des macroalgues vers une dominance par les Scléactiniaires (Edmunds et Carpenter, 2001). Toutefois, des travaux effectués dans la Caraïbe et principalement en Jamaïque ont montré un début de reconstitution des communautés coralliennes récifales (Edmunds et Carpenter, 2001 ; Carpenter et Edmunds, 2006). Les récifs ont retrouvé des densités importantes d'oursins Diadème qui broutent les algues et facilitent ainsi le recrutement des juvéniles de coraux. Les densités actuelles, à la fois d'oursins *Diadema* et de juvéniles de coraux, sont proches de celles observées dans les années 1970 et au début des années 1980, avant la mortalité massive des Diadèmes survenue en 1983. À Hawaï également, Hunter et Evans (1995) ont montré qu'en supprimant l'agent responsable de la dégradation des récifs (dans ce cas : la pollution) il était possible d'assister à une initiation de la reconstitution des communautés coralliennes des récifs. Cependant, bien que la quantité de macroalgues diminue, celles-ci persistent. Ce phénomène est considéré par les auteurs comme une conséquence de la diminution de l'intensité de broutage par les herbivores. Ces exemples suggèrent que plusieurs mécanismes peuvent être responsables de l'invasion des récifs par les macroalgues :

- la mort des coraux à la suite de maladies ou après un épisode de blanchissement crée des substrats libres qui permettent la croissance algale (Ostrander *et al.*, 2000, McClanahan *et al.*, 2001 ; Porter *et al.*, 2001) ;
- l'augmentation de la pollution des eaux côtières qui entraîne une augmentation des apports de nutriments permet une surproduction des algues qui déstabilise les rapports de compétition avec les coraux (Littler *et al.*, 1992 ; Lapointe, 1997 ; Miller et Hay,

1998 ; Koop *et al.*, 2001 ; Thacker *et al.*, 2001 ; Bouchon *et al.*, 2004b ; McClanahan *et al.*, 2005) ;

- l'hypersédimentation, liée à la déforestation et à des travaux d'aménagement des côtes, nuit au recrutement et au développement des coraux (Nyström *et al.*, 2000 ; Bouchon *et al.*, 2002a ; 2004a ; Munday, 2004) ;
- la diminution des herbivores, par maladies ou par surexploitation des stocks d'espèces récifales, provoque une diminution de la pression de broutage sur les algues benthiques (Lessios *et al.*, 1984 ; Carpenter, 1988 ; Hughes, 1994 ; Jackson *et al.*, 2001 ; Hughes *et al.*, 2003 ; Pandolfi *et al.*, 2003 ; Bellwood *et al.*, 2004 ; Mumby, 2006).

Les causes spécifiques de la dégradation des récifs sont généralement difficiles à identifier. Le phénomène observé est, dans la plupart des cas, le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs de dégradation. Les processus permettant aux récifs de résister ou de récupérer après une perturbation peuvent être multiples. Une bonne compréhension des processus écologiques qui déterminent la résilience de l'écosystème récifal est cruciale pour la protection de cet écosystème et sa survie.

Les herbivores semblent jouer un rôle prépondérant dans la capacité des récifs à maintenir de faibles taux de recouvrement en macroalgues, mais les relations entre le rôle des herbivores et la résilience des récifs ne sont encore pas bien connues.

Sur les récifs, on retrouve plusieurs types d'herbivores, dont les trois compartiments majoritaires sont les poissons, les oursins et les micro-herbivores (Amphipodes, Polychètes, Gastéropodes, Crustacés). Selon Gaines et Lubchenco (1982), dans les zones tropicales les herbivores les mieux représentés sont tout d'abord les poissons, puis les oursins et finalement les micro-herbivores représentés principalement par les crustacés et les mollusques.

Les poissons herbivores sont très diversifiés dans les eaux tropicales, bien plus que dans les eaux tempérées (Bakus, 1966). Peu d'herbivores stricts sont trouvés au-delà de 40° de latitude que ce soit dans les hémisphères nord ou sud (Horn, 1989). Les poissons herbivores sont quantitativement très abondants dans beaucoup de régions tropicales (Lubchenco et Gaines, 1981 ; Gaines et Lubchenco, 1982), ce qui contraste avec les eaux tempérées et boréales où les mollusques et les oursins dominent le compartiment des herbivores (Menge et Lubchenco, 1981).

Des expériences ont permis de montrer qu'une grande partie de la production primaire des récifs est consommée directement par les herbivores (Hatcher, 1981 ; Carpenter, 1986,

Bruggemann, 1995 ; Paddock *et al.*, 2006). Ces résultats indiquent que les herbivores jouent un rôle majeur au niveau des récifs coralliens mais les études quantitatives dans lesquelles la production primaire et la consommation sont directement comparées sont encore rares (Paddock *et al.*, 2006).

Par ailleurs, parmi les poissons herbivores, les Scaridae, en rongant le substratum calcaire, jouent un rôle prépondérant dans les processus de bioérosion des récifs (Frydl et Stearn, 1978 ; Ogden, 1977 ; Kiene, 1988 ; Bellwood, 1995a, 1995b, 1996 ; Bruggemann *et al.*, 1996). À travers ce mécanisme, les Scaridae redistribuent le carbonate de calcium qui est produit par les constructeurs du récif. En détruisant le substrat, les herbivores influencent directement la topographie récifale.

Actuellement, sur de nombreux récifs, les peuplements d'herbivores sont perturbés. On assiste en effet à des changements dans la composition quantitative des poissons herbivores suite à leur surexploitation (Hay, 1984) ou à des maladies. En ce qui concerne les Invertébrés, en 1983, un agent pathogène a causé une mortalité massive des oursins Diadème dans toute la région Caraïbe. Ce phénomène a démontré l'importance que peut avoir une seule espèce d'herbivores puisque la quasi-disparition de ces oursins a mené à une rapide invasion des récifs de la Caraïbe par des macroalgues (Lessios, *et al.*, 1984 ; Hughes *et al.*, 1987 ; Carpenter, 1988). Cette épizootie a également montré que, bien que les oursins soient plus aptes que les poissons herbivores à réguler la croissance des algues benthiques (Foster, 1987 ; McClanahan, 1997), les poissons sont tout de même capables d'exercer une forte pression de broutage au niveau des récifs coralliens. Il a en effet été constaté que les récifs qui ont connu la transition la plus importante des coraux vers les macroalgues, après l'épizootie de 1983, étaient ceux qui subissaient également les taux de pêche de poissons herbivores les plus élevés (Hughes, 1994).

Certains facteurs peuvent cependant limiter la capacité des poissons herbivores à augmenter leur taux de consommation en algues. Ainsi, la composition du peuplement et la structure de la taille des individus sont des facteurs importants puisque chaque poisson va consommer différentes quantités et différents types d'algues en fonction de sa taille et de sa morphologie (Bellwood et Choat, 1990 ; Choat et Clements, 1993 ; Bruggemann *et al.*, 1994a). L'importance de la diversité fonctionnelle entre brouteurs a été soulignée par de nombreux auteurs (Bellwood et Choat, 1990 ; Purcell et Bellwood, 1993 ; Bellwood *et al.*, 2004) mais des informations sur le degré de variabilité du broutage en fonction des espèces et des individus font défaut. L'importance des populations de poissons est également un facteur

déterminant de la pression de broutage. Le taux de broutage peut être aussi influencé par la présence d'autres poissons puisque certaines espèces défendent des territoires alors que d'autres partagent leurs ressources sans compétition (Alevizon, 1976 ; Robertson et Polunin, 1981 ; Foster, 1985 ; Roberts, 1985 ; Robertson et Gaines, 1986 ; Overholtzer et Motta, 1999, 2000). La quantité et la nature des macroalgues présentes peuvent influencer la pression de broutage (Littler *et al.*, 1983 ; Lewis, 1985 ; Targett *et al.*, 1986 ; McClanahan *et al.*, 1999b ; Williams *et al.*, 2001). La connaissance des facteurs influençant la consommation des algues par les poissons herbivores est nécessaire pour déterminer le rôle de ces poissons dans la dynamique de l'écosystème récifal.

Le but des recherches présentées ci-après a été d'étudier le rôle des poissons herbivores sur les récifs de l'île de la Guadeloupe.

L'exposé débute par une description des méthodes d'étude employées (Chapitre I), du milieu (Chapitre II) et une présentation des poissons herbivores des Antilles (Chapitre III).

Le premier travail de cette étude a été de déterminer si les peuplements de poissons herbivores étaient affectés par des variations temporelles cycliques ou étaient stables au cours d'une année. Ce travail avait aussi pour but d'identifier les facteurs écologiques susceptibles d'avoir une influence sur ces peuplements, tels que la température de l'eau, les marées, les vents, la houle, etc. Ces résultats font l'objet du Chapitre IV.

Le deuxième objectif a été d'étudier la distribution spatiale des peuplements de poissons herbivores dans différents milieux récifaux de Guadeloupe. Les recherches ont été orientées sur les différentes distributions des poissons sur les platiers récifaux et sur les pentes externes. Cette étude a également permis de voir comment les poissons étaient distribués en fonction de la composition quantitative de la communauté benthique récifale et du type de substrat (Chapitre V).

Enfin dans une troisième étape, les interactions entre les poissons et les communautés algales ont été étudiées afin de comprendre comment ces relations pouvaient affecter la dynamique des communautés coralliennes. Pour cela, le broutage par les poissons herbivores ainsi que son importance ont été mesurés. La comparaison entre la production primaire et la consommation permet de donner un modèle de prévision quant à l'évolution du récif. Ces résultats font l'objet du Chapitre VI.

L'exposé de ces recherches se termine par une discussion des résultats obtenus (Chapitre VII) et une conclusion.



# CHAPITRE I

## MATÉRIELS ET MÉTHODES





Plusieurs expérimentations ont été mises en place afin de répondre aux interrogations posées en introduction.

Le premier objectif de l'étude était de déterminer si les peuplements de poissons herbivores étaient affectés par des variations temporelles cycliques ou s'ils restaient stables au cours de l'année. Pour cela, des relevés visuels de l'ichtyofaune ont été réalisés une fois par mois pendant une période de 18 mois.

Le deuxième objectif était d'étudier la distribution spatiale des peuplements d'herbivores. Dans cette optique, des comptages de la faune de poissons herbivores ont été réalisés sur différents platiers récifaux et pentes externes. Les comptages ont été réalisés dans chacune des stations deux fois par an.

Toujours dans le but d'élucider la distribution spatiale des poissons, une radiale a été prospectée sur une pente externe afin d'étudier la répartition des herbivores en fonction de la profondeur.

En plus des comptages de l'ichtyofaune, des mesures de facteurs abiotiques et biotiques ont été réalisées pour les deux études.

Ces deux études se sont déroulées de janvier 2004 à août 2005 et ont nécessité 55 plongées.

Le troisième objectif consistait à comprendre les interactions entre les poissons et les communautés algales. Ce travail a été divisé en 2 parties. La première consistait à étudier la consommation des poissons herbivores grâce à l'examen de leurs contenus stomacaux. La seconde partie consistait à déterminer la pression de broutage des herbivores sur les faciès algaux. Des comptages ont été effectués dans ce but.

Cette période d'étude s'est déroulée de janvier à mars 2006 et a nécessité 17 sorties en mer.

## I- TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE

### A- Relevés visuels *in situ*

Afin d'étudier la variabilité spatiale et temporelle de l'ichtyofaune d'herbivores sur les récifs, les poissons ont fait l'objet de relevés visuels en plongée. La technique d'inventaire visuel des poissons utilisée au cours de ce travail est une variante de la méthode de Brock (1954). Elle permet de prendre en compte le nombre d'individus ainsi que leur taille. L'observateur identifie, compte et évalue la taille des poissons observés. Les espèces de poissons herbivores sont notées au fur et à mesure de leur rencontre dans les colonnes tracées sur une plaquette de relevés (Figure I-1). La première colonne sert à noter le nom de l'espèce de poissons observée et les suivantes à noter le type de groupement (un individu, 2, 3-5, etc.). Des symboles ont été choisis pour représenter la classe de taille à laquelle le poisson appartient.

#### 1- Caractéristique du transect

La technique consiste à dénombrer les poissons en plongée à l'intérieur d'un « transect » matérialisé par une surface rectangulaire de 150 m de long sur 2 m de large. Le plongeur se déplace le long de ce transect qui est délimité par 2 filins parallèles de 150 mètres séparés de 2 mètres. Le parcours est divisé en 5 sous-unités de 60 m<sup>2</sup> (30 m de long sur 2 m de large) (Figure I-2). Une surface de 300 m<sup>2</sup> est alors prospectée lors de chaque relevé. Les transects fixes n'ayant été installés que dans certains sites d'étude, des relevés ont été effectués dans les autres sites à l'aide d'un transect mobile constitué d'un rouleau de corde sur lequel tous les segments de 30 mètres sont signalés par un changement de couleur. L'expérimentateur déroule la corde au fur et à mesure qu'il avance en dénombrant les poissons.

#### 2- Estimation des effectifs de poissons

Le dénombrement des poissons peut se faire soit de façon directe à l'unité près mais cela se révèle très fastidieux. Il peut également être réalisé en définissant des classes d'abondance, ce qui permet à l'observateur de gagner un temps précieux. Dans la technique initiale d'Harmelin-Vivien et Harmelin (1975), les classes de groupement étaient les

suivantes : 1, 2-3, 5-10, >10, >50 individus. Pour l'étude des poissons récifaux, d'autres classes d'abondance ont été retenues par Bouchon-Navaro et Harmelin-Vivien (1981). Ces groupes sont les suivants : 1, 2-4, 5-9, 10-29, 30-49, 50-69, >70 individus. Pour la présente étude, les classes suivantes ont été retenues : 1, 2, 3-5, 6-10, 11-30, 31-50, 51-100, 100-300, 300-500, 501-1000. L'abondance des poissons dans chaque classe est estimée en calculant sa médiane. Les effectifs ont été notés pour chaque classe de taille. Il a donc été possible de connaître les effectifs par classe de taille, par espèce ainsi que les effectifs totaux par station.

### 3- Estimation de la taille des poissons

L'estimation de la taille des poissons peut se faire de différentes manières. Une première méthode consiste à estimer directement la taille de chaque poisson, mais elle se révèle fastidieuse. Une autre technique consiste à définir des classes de tailles plus ou moins détaillées et c'est cette dernière qui a été retenue pour le présent travail. Neuf classes de tailles ont été choisies : 0-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-30, 31-40, 41-50, >50, >100 cm. La médiane de chaque classe sert d'estimateur pour la taille des poissons.

Relevé N°									
Groupements espèces	1	2	3-5	6-10	11-30	31-50	51-100	100-300 etc	
Sca isert	∅	∅		○○					
Sca taeni					∅∅	○			
Sca vetul		∅							
Spa chrys					□				
Spa virid	⊗ □								
Aca bahia	○ ∅ ⊗		○						
Aca chiru								∅ ⊗	
Aca coer					∅		⊗ □		
etc...									

○	< 5 cm	□	16 - 20 cm	△	41 - 50 cm
∅	5 - 10 cm	⊞	21 - 30 cm		
⊗	11 - 15 cm	⊠	31 - 40 cm		

Figure I-1 : Représentation schématique d'une plaquette de relevé de l'ichtyofaune (d'après Bouchon-Navaro, 1997). Les classes de taille (en longueur totale) sont représentées par des symboles.

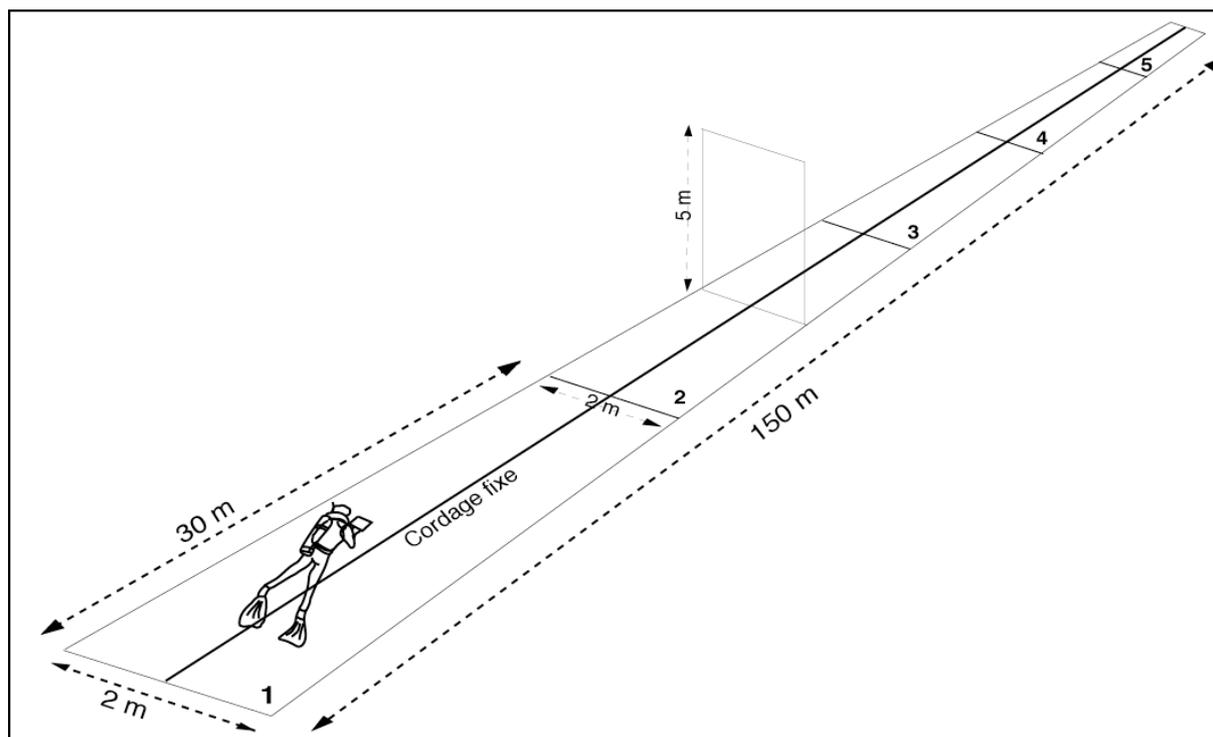


Figure I-2 : Représentation schématique du transect utilisé (d'après Bouchon-Navaro, 1997).

#### 4- Estimation de la biomasse des poissons

Les biomasses sont estimées grâce à des relations taille-poids préalablement établies dans la littérature, provenant de la base de données « Fishbase » ou de données de Bouchon-Navaro (1997). Ces relations taille-poids, établies par la méthode des moindres rectangles ou axe majeur réduit (Mayrat, 1970) sont définies d'après une relation d'allométrie de la forme :

$$W = aL^b$$

avec  $W$ , la masse du poisson exprimée en grammes ;  $L$ , la longueur du poisson exprimée en centimètres ;  $a$ , l'ordonnée à l'origine ;  $b$ , le coefficient d'allométrie.

Les valeurs de biomasses ont été obtenues en multipliant les biomasses moyennes par classe de taille issues des relations taille-poids avec les densités relevées pour chaque espèce. La biomasse moyenne par classe de taille  $i$  et par espèce a pu être calculée grâce à la relation :

$$B_j = \sum_{i=1}^n N_i W_i$$

où  $N_i$  est l'abondance des individus d'une espèce dans la classe  $i$  et  $W_i$  la biomasse moyenne par classe de taille  $i$ .

Une fois ces biomasses par classe de taille calculées, la biomasse totale par station a pu être évaluée grâce à la formule :

$$B(T) = \sum_{j=1}^S B_j$$

où  $S$  est le nombre d'espèces par transect et  $B_j$  leur biomasse.

### 5- Taille minimale d'échantillonnage

La surface minimale de récif à échantillonner pour obtenir un échantillon qualitativement représentatif des peuplements de poissons étudiés a été définie par l'établissement de courbes « aire-espèces ». Classiquement, le nombre minimum d'échantillons à réunir est estimé en construisant les courbes du nombre d'espèces obtenues en fonction du nombre de relevés. Le nombre de relevés à effectuer pour un échantillonnage qualitativement valable est donné par l'abscisse du point correspondant à l'inflexion maximale de la courbe. Il est également utile de construire les graphiques précédents en enlevant les espèces rares et ceci afin de stabiliser la courbe du nombre d'espèces en fonction du nombre d'échantillonnages. Il a en effet été montré (Picard 1965) que l'augmentation du nombre d'échantillonnages entraîne une apparition d'espèces rares qui sont le plus souvent étrangères à la communauté étudiée.

L'examen de la Figure I-3 montre que les échantillonnages réalisés au cours de cette étude peuvent être considérés comme étant suffisants pour l'étude des poissons herbivores (Bouchon-Navaro, 1997). On observe un changement de pente de la courbe situé entre 60 et 120 m<sup>2</sup> et par conséquent l'aire minimale qualitative d'échantillonnage a été respectée pour la guildes des poissons herbivores.

### 6- Reproductibilité des résultats

Lors de cette étude, les poissons ont été comptés par deux observateurs. Le premier a compté l'ensemble de l'ichtyofaune sur le transect, puis le second observateur ne s'est intéressé qu'au peuplement de poissons herbivores. Pour la plupart des comptages, les deux observateurs se suivaient séparés de quelques mètres.

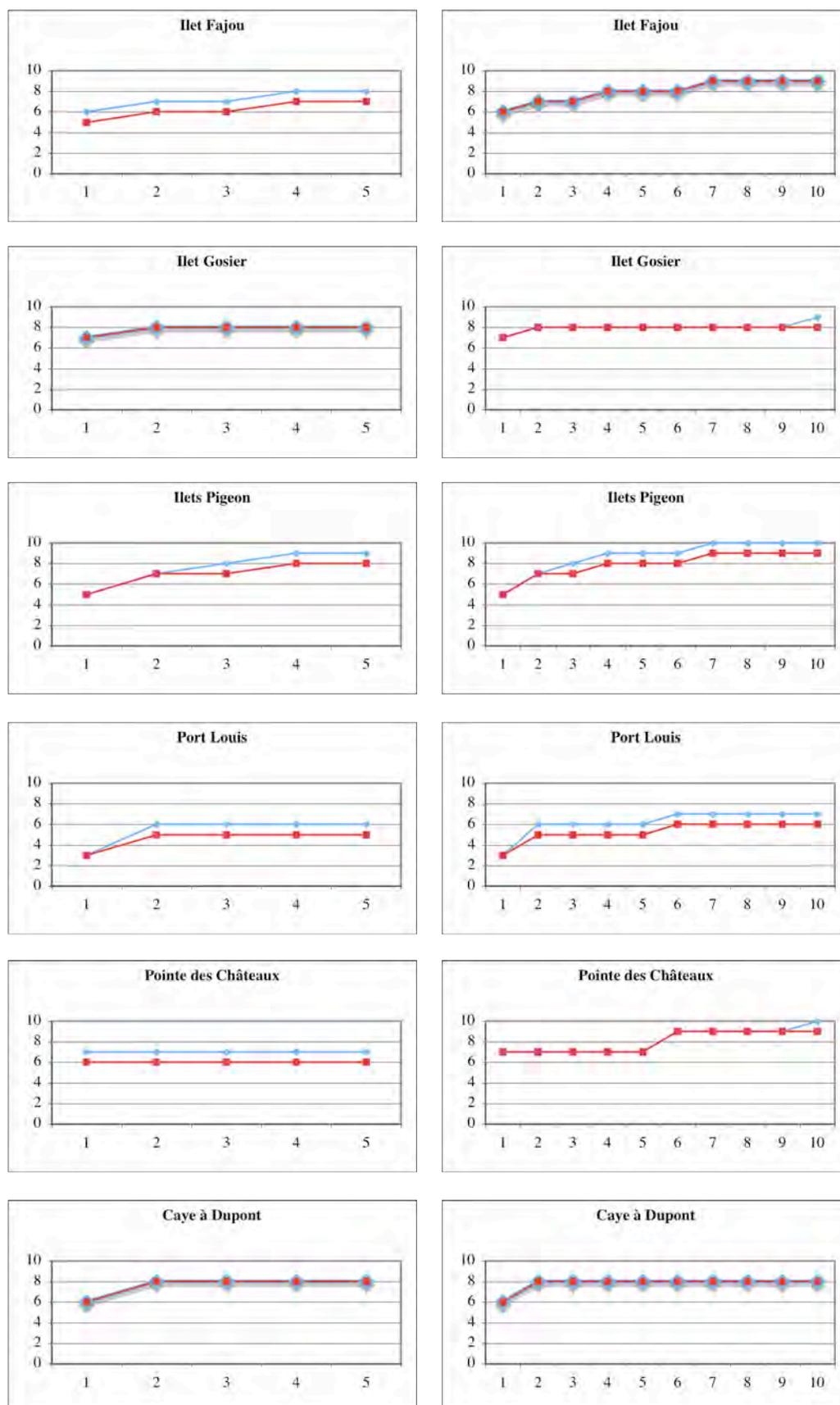


Figure I-3 : Courbes aire-espèces établies pour les différentes stations étudiées pour 5 et 10 relevés de 60m<sup>2</sup>, à partir des données de poissons herbivores (en bleu avec la totalité des espèces et en rouge, sans les espèces rares).

Les résultats des comptages obtenus par les deux observateurs pour 23 relevés ont été soumis à des tests non-paramétriques de Wilcoxon pour séries d'échantillons appariés ( $H_0$  : il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les relevés effectués par les deux observateurs). Les tests ont porté sur la richesse spécifique d'herbivores ainsi que sur les effectifs et la biomasse. Les résultats de ces tests sont résumés dans le Tableau I-1.

Tableau I-1 : Résultats des tests de Wilcoxon réalisés sur 23 comptages effectués par deux observateurs différents (P : probabilité que les données soient conformes à  $H_0$ ).

	Observateur	Moyenne	P	Test
Richesse spécifique	A	7,4±0,4	0,212	N.S.
	B	8,04±0,5		
Effectifs	A	338,5±95,4	0,097	N.S.
	B	317,1±94,5		
Biomasse	A	21287,7±6993,7	0,964	N.S.
	B	20897,6±6841,8		

Les tests montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les résultats obtenus par les deux observateurs, que ce soit pour l'estimation de la richesse spécifique, des effectifs ou de la biomasse. Ils permettent de conclure que la méthode est reproductible et également que les données concernant les herbivores, extraites d'un inventaire global des poissons, peuvent être comparées à d'autres obtenues par dénombrement direct de ces herbivores.

## **B- Analyse des contenus du tube digestif des poissons**

Afin d'évaluer la consommation en algues des poissons herbivores sur le récif, des analyses de leurs contenus digestifs ont été réalisées.

### **1- Prélèvement des poissons**

Les poissons ont été prélevés sur différents platiers récifaux de Guadeloupe à l'aide d'un fusil de pêche sous-marine. L'échantillonnage a été réalisé de façon à obtenir une vingtaine d'individus par espèces avec une gamme de taille la plus large possible.

Une fois le poisson prélevé, 5 ml de formol pur ont été injectés dans la cavité abdominale afin de bloquer la digestion, car les poissons étant des organismes poikilothermes, les processus enzymatiques se poursuivent après la mort de l'animal. Cette opération

effectuée, les poissons ont été stockés dans du formol dilué à 10% dans de l'eau de mer et chaque individu a été identifié, mesuré et pesé en laboratoire.

## **2- Analyse des échantillons**

### **a- Étude des contenus stomacaux**

L'analyse des contenus stomacaux a été réalisée en trois étapes :

- les poissons ont été disséqués afin d'extraire leur contenu abdominal. Les tractus digestifs et leurs contenus ont été stockés dans des récipients étanches contenant du formol dilué à 10 %.

- le poids humide du contenu du tube digestif a ensuite été déterminé. Pour cela, une première pesée du tube digestif complet a été effectuée. Le tube digestif a ensuite été vidé et rincé avant de peser les organes sans le contenu digestif. Le poids humide du contenu du tube digestif a été calculé par différence entre ces deux mesures. Pour les Acanthuridae qui possèdent un estomac bien distinct de l'intestin, estomac et intestins ont fait l'objet de mesures séparées. Les différences entre les tractus digestifs des Scaridae et des Acanthuridae sont représentées sur la Figure I-4.

- le contenu du tube digestif a été ensuite mis à sécher à l'étuve à 80°C jusqu'à obtention d'un poids constant, afin d'obtenir le poids sec du contenu digestif en grammes.

### **b- Évaluation de la proportion d'algues dans les aliments**

Au cours de leur alimentation, les poissons herbivores ingèrent une fraction importante de sédiments ou de débris coralliens. Des méthodes d'estimation visuelle ont été choisies afin de déterminer les pourcentages respectifs d'algues et de matière minérale indigeste contenues dans le tractus digestif. Pour les Acanthuridae, une méthode d'estimation visuelle a été mise au point à partir de celle décrite par Jones (1968). Le contenu du tube digestif d'un poisson est étalé dans une boîte de Petri et recouvert par une lame de verre. Ce montage est placé sous une loupe binoculaire et photographié. La photographie est projetée sur un écran d'ordinateur et une grille de points lui est superposée. La nature du contenu intestinal apparaissant sous 100 points de la grille a été notée et a permis de calculer le pourcentage d'algues par rapport au sédiment (technique des points intercepts) (Figure I-5). Six comptages de 100 points ont été réalisés pour chaque contenu intestinal.



Figure I-4 : Tractus digestifs de Scaridae (A), d'*Acanthurus coeruleus* (B) et d'*A. chirurgus* (C).

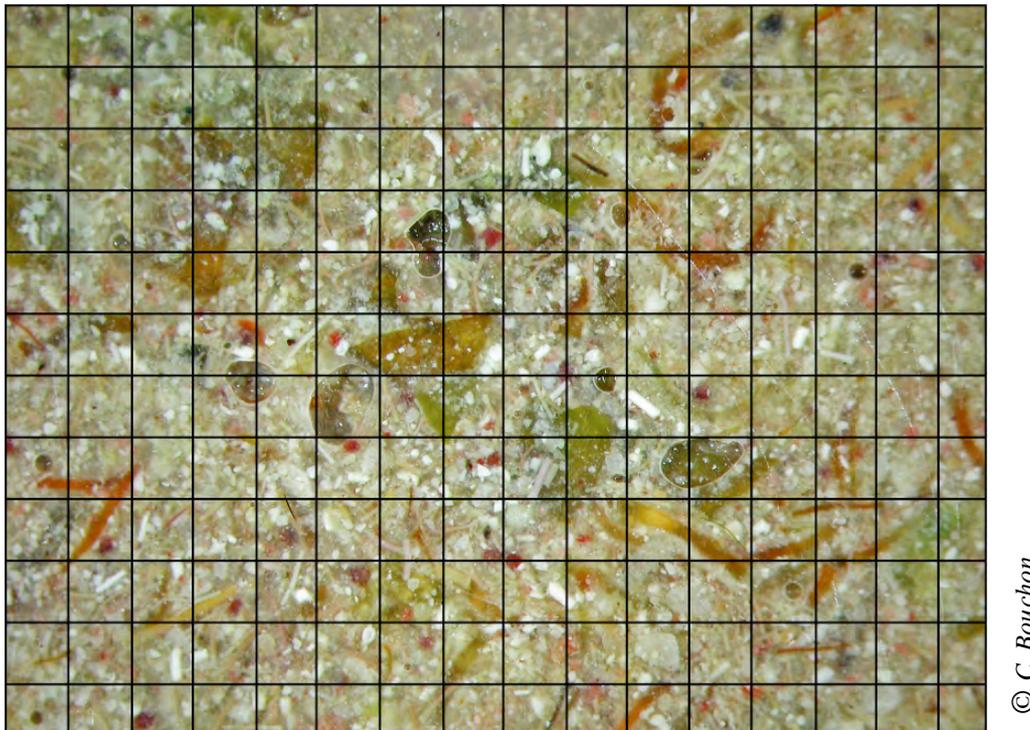


Figure I-5 : Contenu stomacal d'*Acanthurus bahianus* avec une grille de comptage par point-intercept superposée à l'image.

Pour passer de la proportion d'algues et de sédiment à la masse de ces mêmes composants, des calculs ont été effectués à partir des données de masse volumique des différents composants du tube digestif. Pour le sédiment qui est essentiellement d'origine corallienne, la masse volumique de l'aragonite (constituant du squelette des coraux) a été choisie : elle est de  $2,93 \text{ g/cm}^3$ . En ce qui concerne les algues, la masse volumique moyenne d'une algue a été calculée à partir de 8 espèces prélevées : 4 Chlorophycées (*Caulerpa sertularioides*, *Penicillius capistratus*, *Enteromorpha* sp., *Ernodesmis verticillata*), une Chlorophycée calcifiée (*Halimeda* sp.), 2 Rhodophycées (*Acanthophora spicifera* et *Dasya* sp.) et une Phéophycée (*Dictyota* sp.). La masse volumique moyenne d'une algue a été estimée à  $1,05 \pm 0,06 \text{ g.cm}^{-3}$ . Les pourcentages d'algues et de sédiment obtenus par la méthode des points intercept ont donc été affectés d'un coefficient 1,05 et 2,93 afin de pouvoir exprimer leur pourcentage en biomasse dans le tractus digestif.

Cette technique n'a pas été utilisée pour l'espèce *Acanthurus coeruleus*, car ces poissons n'ingèrent pratiquement pas de sédiment et la totalité du contenu de leur tractus digestif a été attribuée aux algues.

Pour les Scaridae, il a été difficile de déterminer la part d'algue dans un contenu digestif car ces poissons broient les algues à l'aide d'un « moulin pharyngien » (Reeson 1983b) les rendant ainsi difficiles à distinguer des sédiments. Des analyses de contenus digestifs de trois espèces Scaridae (*Sparisoma aurofrenatum*, *S. chrysopterum*, *S. rubripinne*) ont tout de même été réalisées lors de cette étude. Les échantillons étant insuffisants pour l'ensemble des espèces étudiées, les proportions publiées par Randall (1967) pour les poissons herbivores des îles Vierges ont été adoptées. Cet auteur a estimé les taux de matière organique ingérée chez les Scaridae à partir des contenus intestinaux et a calculé les rapports algues-sédiments dans l'alimentation de chacune des espèces de poissons perroquets. Les pourcentages obtenus pour les trois espèces étudiées lors de la présente étude s'inscrivent dans la fourchette de valeur donnée par Randall pour ces mêmes espèces. En conséquence, les pourcentages donnés par Randall pour les autres espèces ont été retenus et figurent dans le chapitre résultat.

### 3 - Calculs de la consommation en algues

#### a- Première méthode

Une fois la proportion d'algues par espèce déterminée, des régressions mettant en relation le poids sec de matière organique contenue dans un tractus digestif et le poids frais du poisson ont été réalisées. Ces régressions ont permis de calculer la biomasse d'algues ingérée par classe de taille et par espèce. Le taux de réplétion, de trois fois par jour, déterminée par Bardach (1961) pour les herbivores de la région Caraïbe, a ensuite été utilisé pour calculer la consommation journalière en algue par espèce.

#### b- Seconde méthode

La consommation des poissons herbivores a également été calculée à l'aide d'une seconde méthode. Pour cela, la formule établie par van Rooij *et al.* (1998) a été utilisée. Elle permet de calculer la quantité de carbone ingérée en fonction du poids frais des poissons herbivores. Cette formule est la suivante :

$$\text{Quantité de carbone ingérée (en kg. ha}^{-1}\text{.j}^{-1}\text{)} = 0,0342 * W^{0,816}$$

où W est le poids frais du poisson en grammes.

Les algues contenant 40,5 % de carbone d'après Bruggemann (1995), il a été possible de calculer la quantité d'algues ingérée par les poissons. Les valeurs estimées à partir de ces deux approches sont discutées dans le chapitre résultat.

#### C- Estimation du préférendum alimentaire des poissons par rapport aux grands faciès de peuplements algaux

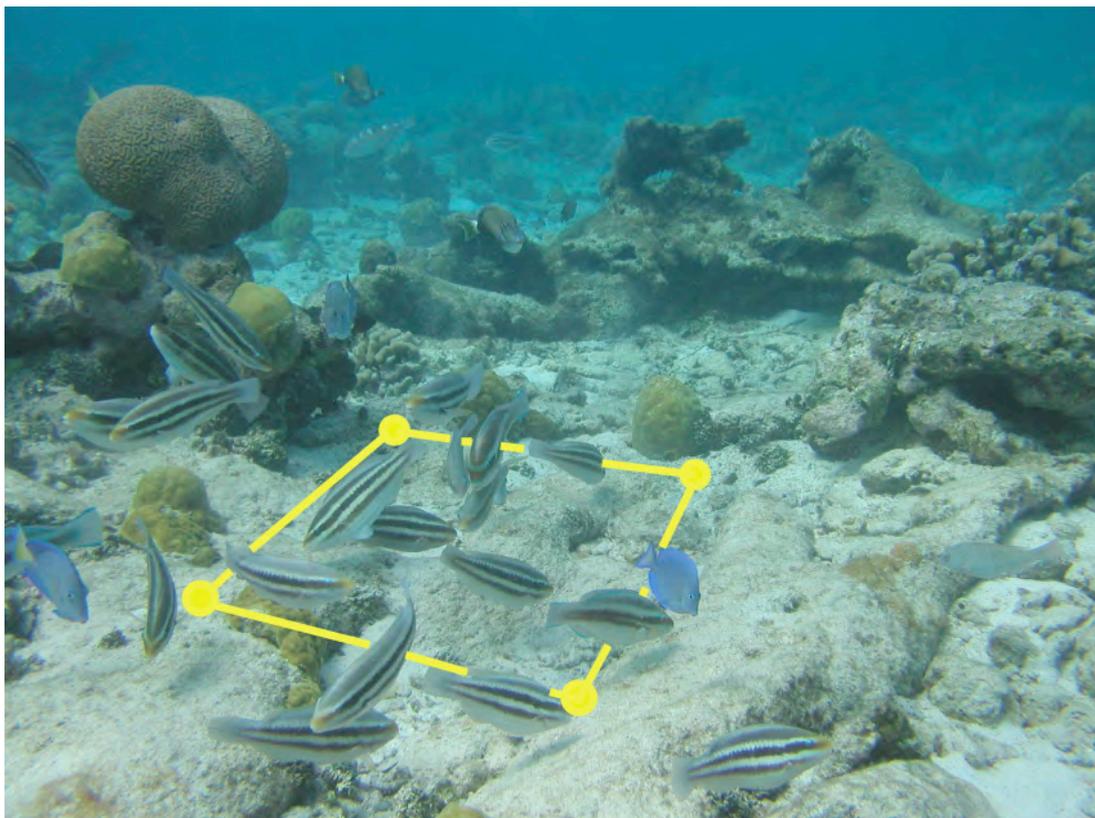
La technique utilisée consiste à estimer la prise de nourriture des poissons en comptant les coups de dents (« bites » pour les anglo-saxons) donnés par ceux-ci au sein d'une zone de fond homogène occupée par un des grands types de faciès algaux identifiés sur les récifs des Antilles (gazon algal, peuplement de macroalgues, débris coralliens recouverts par du gazon algal, peuplement d'*Halimeda*). Une aire de forme carrée est délimitée sur le

fond et les *bites* sont comptés dans ce quadrat pendant un temps donné. Cette méthode a été proposée par Steneck (1983). Le quadrat est matérialisé discrètement sur le fond par quatre pierres prélevées dans le milieu et disposées à chacun des sommets afin de ne pas perturber le comportement des poissons (Figures I-6 et I-7). La taille du quadrat a été déterminée au cours d'une période d'essai *in situ*. Une taille de quadrat de 2m x 2m a été abandonnée à cause de la difficulté à compter simultanément tous les *bites*. Des tailles inférieures à 1m<sup>2</sup> ont également été exclues car le nombre de poissons y broutant était trop faible. Une taille de quadrat de 1m x 1m a donc représenté le compromis idéal. Une fois le dispositif installé, un temps d'adaptation de plusieurs minutes a été laissé aux poissons qui auraient pu être perturbés par la présence des observateurs et par la mise en place des pierres qui délimitent l'aire d'observation.

Une fois le quadrat délimité, les *bites* de chaque poisson pénétrant dans le quadrat ont été comptés pendant une période de cinq minutes. Les comptages au sein d'un même quadrat ont été répliqués 6 fois. Le quadrat était ensuite déplacé, tout en conservant le même type de peuplement algal, et une nouvelle série de comptages effectuée. Au total 5 quadrats ont été étudiés dans chaque type de faciès algal. Dans chaque quadrat, 6 comptages de 5 minutes ont été effectués soit 30 périodes de 5 minutes pour chaque type de faciès algal.

Chaque poisson broutant dans le quadrat a été identifié et les *bites* ont été comptés. Toutefois, lorsqu'un banc de poissons d'une même espèce se présentait dans le quadrat, seuls les poissons broutant les algues ont été comptabilisés et le nombre de *bites* a été déterminé pour un seul individu considéré comme représentatif des autres poissons composant le banc. Le nombre de *bites* observés pour cet individu a ensuite été multiplié par le nombre d'individus de la même espèce qui broutaient simultanément. Enfin, les classes de tailles des poissons ont été notées.

Afin d'estimer le degré de reproductibilité de la technique, une série de comptages a été effectuée simultanément par deux observateurs au sein d'un même quadrat. Trente comptages en double ont ainsi été réalisés. Un test de Wilcoxon pour échantillons appariés effectué entre les données ainsi obtenues n'a pas permis de mettre en évidence de différences statistiquement significatives entre les résultats obtenus par deux observateurs ( $N = 30$  ;  $z = -0,078$  ;  $p = 0,938$ ).



© C. Bouchon

Figure I-6 : Représentation d'un quadrat de 1m x 1m utilisé pour le comptage de *bites*.



© D. Kopp

Figure I-7 : Délimitation du quadrat *in situ*.

## **D- Estimation des descripteurs du milieu**

### **1- Étude des facteurs biotiques de l'environnement**

#### **a- Évaluation de la production algale**

- **Colonisation de carreau de terre cuite par les algues**

Un dispositif visant à étudier la production algale a été mis en place sur le platier récifal du Grand Cul-de-Sac Marin.

Ce dispositif était constitué de trois unités de 6 carreaux de terre cuite de 20 x 20 cm fixés sur des tubes de PVC maintenus au fond (-2 m) par des blocs de béton (Figure I-8). Les carreaux ont été récoltés après un mois. Ils ont ensuite été ramenés au laboratoire afin de déterminer la biomasse des algues qui s'étaient fixées dessus, en poids frais et sec. Les algues ont été récoltées à la surface des carreaux par grattage à l'aide d'une lame de rasoir. Un problème est survenu du fait que le gazon algal piégeait des sédiments au fur et à mesure de sa croissance et qu'il s'est révélé impossible de séparer les algues du sédiment. Une tentative a été effectuée en passant le mélange obtenu au four à moufle (500°C) afin de détruire la matière organique et d'en déduire la biomasse algale par soustraction de la masse des sédiments de la masse totale (algues plus sédiments). Cette méthode s'est révélée inutilisable dans la mesure où les calculs fournissaient des mesures de biomasse algale négatives. Cela provient probablement du fait que, dans le four à moufle, le calcaire des sédiments ( $\text{CaCO}_3$ ) est transformé en chaux ( $\text{CaO}$ ) avec perte de masse. Il a été également tenté de détruire la matière algale à l'aide d'hypochlorite de soude ou de potasse sans plus de succès.

Cette technique d'évaluation de la croissance algale a donc été finalement abandonnée au profit de celle décrite ci-après.

- **Croissance des algues sur des rubans en plastique**

La précédente technique n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, la croissance des algues a été mesurée sur des rubans en plastique, de 40 cm de long par 1 cm de large, flottant librement dans l'eau (Figure I-9), empêchant ainsi le sédiment de s'y déposer. Par ailleurs, les algues poussant sur les rubans échappent au broutage que pourraient exercer les Invertébrés benthiques herbivores. Les rubans, au nombre de 20, étaient attachés à des piquets métalliques



© C. Bouchon

Figure I-8 : Représentation du dispositif utilisant des carreaux de terre cuite.



© C. Bouchon

Figure I-9 : Représentation du dispositif utilisant des rubans.

plantés au fond. De tels dispositifs ont été installés dans chaque station pendant un mois afin de comparer la production algale des différentes stations. Après un mois d'immersion, les rubans ont été récoltés et les algues fixées dessus ont été grattées à l'aide d'une lame de rasoir, pesées à l'état frais, puis passées à l'étuve afin d'en estimer la biomasse en poids sec.

Une expérimentation a été mise en place en mer devant le laboratoire pour savoir combien de temps il était nécessaire de laisser la barre avec les rubans au fond de l'eau. Des rubans ont été immergés et un ruban a été sorti de l'eau tous les trois jours afin de voir la croissance algale en fonction des jours. Les résultats sont représentés sur la Figure I-10.

Les résultats montrent que durant les 30 premiers jours, la croissance algale est relativement linéaire et qu'après cette période, la production fluctue beaucoup. Ces variations sont dues à la fixation de macroalgues sur les rubans après une certaine période d'immersion, alors que durant les 30 premiers jours, les rubans sont uniquement colonisés par du gazon algal. Une période de 30 jours a donc été choisie pour l'immersion des barres sur les différents sites d'études.

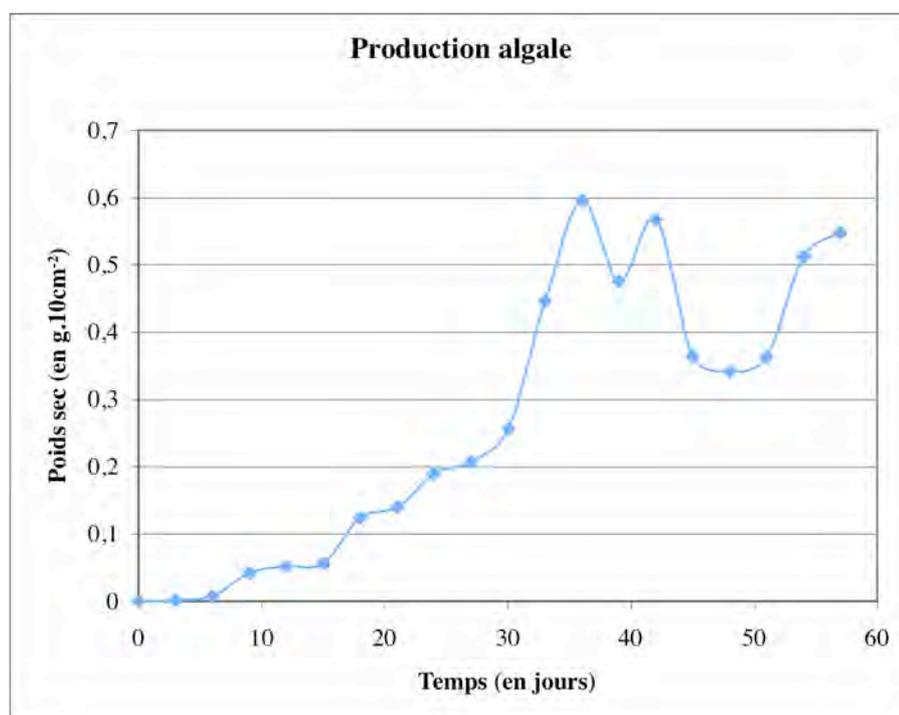


Figure I-10 : Productivité algale observée sur une période de 60 jours.

### **b- Description des communautés benthiques**

Il a paru intéressant de pouvoir caractériser l'habitat des poissons herbivores en décrivant la composition quantitative des communautés benthiques en fonction de la nature du substrat (roche, sable, débris coralliens grossiers) et des grands groupes d'organismes qui les constituent. Les groupes pris en compte sont les Cyanobactéries, le gazon algal, les Chlorophycées molles, les Chlorophycées calcifiées, les Phéophycées, les Rhodophycées érigées, les Mélobésiées, les Phanérogames marines, les Spongiaires, les Gorgonaires, les coraux, les Actiniaires, les Zoanthaires et les Tuniciers. L'étude quantitative des biocénoses benthiques a été réalisée le long des mêmes transects que ceux qui ont été utilisés pour recenser les poissons herbivores par la technique des « points-intercept » (Lucas et Seber, 1977 ; Eberhardt, 1978 ; Liddell et Ohlhorst, 1987). Une corde de 150 m de long et marquée d'un point tous les mètres est déroulée par un opérateur pendant qu'un second relève le nom de chaque organisme qui se trouve à l'aplomb de ces points. Les scores ainsi obtenus en nombre de points par type d'organisme rencontré permettent d'estimer son taux d'occupation des fonds.

## **2- Étude des descripteurs abiotiques de l'environnement**

- **Évaluation de nitrates, des phosphates et des matières en suspension**

Afin de pouvoir évaluer l'influence de la composition chimique de l'eau de mer sur les peuplements de poissons herbivores ainsi que sur les peuplements benthiques, des prélèvements d'eau de mer ont été effectués dans chaque station. Des analyses ont été réalisées par l'Institut Pasteur de la Guadeloupe dans le but d'évaluer les teneurs en nitrates, phosphates et matières en suspension.

- Dosage des nitrates

La méthode utilisée est décrite dans le « Manuel des analyses chimiques en milieu marin » publié par le CNEOX<sup>1</sup> (Aminot et Chaussepied, 1983). Elle est basée sur le dosage

---

<sup>1</sup> CNEOX : Centre National pour l'Exploitation des Océans.

des ions  $\text{NO}_2^-$  obtenus après réduction des ions  $\text{NO}_3^-$  sur une colonne de cadmium traité au cuivre. Le protocole est donné en Annexe I-1.

- Dosage du phosphate

La méthode utilisée est celle de Murphy et Riley (1962) également décrite dans le manuel du CNEXO (Aminot et Chaussepied, 1983). Cette technique est basée sur le dosage par spectrophotométrie de la forme réduite des ions phosphates obtenue après réaction avec le molybdate d'ammonium en présence d'antimoine et réduction par l'acide ascorbique. Le protocole détaillé est donné en Annexe I-2.

- Dosage des matières en suspension particulières (MES)

Le dosage des matières en suspension a été réalisé selon la méthode normalisée NF EN 872 d'avril 1996 (AFNOR<sup>2</sup>). L'échantillon d'eau passe sur un filtre en fibre de verre préalablement pesé. Ce filtre est ensuite séché à 105°C et la masse du résidu retenu sur le filtre est déterminée par pesée. Le mode opératoire est décrit en Annexe I-3.

Parallèlement au dosage des MES, une estimation de la transparence de l'eau a été réalisée à l'aide d'un disque de Secchi et d'un décimètre. Cette mesure a été faite horizontalement en raison de la transparence de l'eau élevée et de la faible profondeur des stations étudiées.

• **la houle** (intensité et direction), **le vent** (intensité et direction), **la nébulosité**, **les précipitations**, ainsi que **la température** de l'eau de mer ont été estimés de façon quotidienne sur la période d'étude grâce aux prévisions fournies par le site internet du serveur météorologique « Windguru »<sup>3</sup>.

• **la hauteur de la marée** a été calculée quotidiennement selon le modèle fourni sur le site internet du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> Association Française de NORmalisation

<sup>3</sup> [www.windguru.cz](http://www.windguru.cz)

<sup>4</sup> [www.shom.fr](http://www.shom.fr)

- **le rayonnement global journalier** a été obtenu grâce aux données fournies par la station météorologique de l'aéroport de Guadeloupe (Météo France).

- **les phases de la lune** ont été notées lors de chaque échantillonnage.

## II- TRAITEMENTS DES DONNÉES

### A- Descripteurs synthétiques des communautés de poissons

À partir des données quantitatives et qualitatives obtenues, les peuplements de poissons herbivores des récifs étudiés ont pu être caractérisés par différents indices synthétiques.

- la richesse spécifique, S qui est le premier indicateur de la diversité d'un peuplement et représente le nombre total d'espèces.

- l'abondance des individus par espèce qui représente le nombre total d'individus par espèce, l'effectif total du peuplement étant égal à la somme du nombre total d'individus par espèce :

$$Q = \sum_{i=1}^S q_i$$

$q_i$  étant l'effectif (nombre de poissons) obtenu pour une espèce  $i$  ( $i$  variant de 1 à S espèces)

- la biomasse des individus par espèce, la biomasse totale du peuplement étant égale à la somme des biomasses par espèce.

$$B(T) = \sum_{j=1}^S B_j$$

$B_j$  étant la biomasse par espèce.

Des indices de diversité ont été calculés afin d'obtenir une information synthétique sur la structure des peuplements étudiés. En ce qui concerne l'étude des peuplements marins, les indices les plus fréquemment utilisés sont ceux de Shannon et Weaver (1948) et celui de Brillouin (1959) encore appelé indice de Margalef. D'après Bouchon-Navaro (1997), les résultats obtenus à partir des deux indices sont très comparables. L'indice de Shannon et

Weaver étant le plus utilisé, son usage a été retenu afin de faciliter les comparaisons avec d'autres travaux publiés.

La diversité spécifique ( $H'$ ) a été calculée à partir de la formule de Shannon et Weaver (1948) :

$$H' = - \sum_1^S \frac{q_i}{Q} \log_2 \left( \frac{q_i}{Q} \right)$$

$q_i$  étant l'effectif obtenu pour une espèce  $i$ , et  $Q$  l'effectif total du peuplement

$H'$  varie entre 0 et  $\log_2 S$ . C'est-à-dire que la diversité est maximale quand les espèces sont nombreuses et leurs distributions représentées de façon équivalente dans l'échantillon. Elle est nulle quand le peuplement est monospécifique. L'indice de Shannon est exprimé en bits par individu.

L'indice de régularité de Pielou (1969) ou équitabilité ( $E'$ ) a également été calculé. Il traduit la qualité de l'organisation au sein d'une communauté, indépendamment de la richesse spécifique.

$$E' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Il est égal à 1 quand toutes les espèces ont la même abondance et à 0 quand une seule espèce est présente dans le peuplement.

## **B- Analyse des données temporelles**

À l'îlet Fajou, des comptages de poissons ayant été réalisés une fois par mois pendant un an et demi, les données récoltées constituent une série chronologique. Autrement dit, la base de données a été réalisée à partir d'une suite d'observations ordonnées dans le temps. L'échantillonnage doit être effectué avec un pas régulier pour respecter les conditions qu'imposent les techniques de traitement des séries chronologiques.

Une série chronologique peut contenir trois composantes : une tendance, un signal périodique et un signal aléatoire qui constitue le « bruit de fond ».

La première étape de l'analyse d'une série chronologique consiste à rechercher l'existence d'une tendance croissante ou décroissante dans les données. La tendance peut être détectée en calculant des coefficients de corrélation de rangs de Spearman entre les données et l'ordination des prélèvements dans le temps. Si une tendance est détectée, il faut l'extraire afin de rendre la série « stationnaire » pour que les moyennes et les variances deviennent indépendantes du secteur de la série où l'on se situe. Pour extraire une tendance, la méthode des différences successives a été utilisée. Elle permet d'obtenir directement une série stationnaire. Il suffit de remplacer chaque valeur  $y_j$  par la différence  $(y_{j+1} - y_j)$  (Legendre et Legendre, 1998).

Une fois que la série est stationnaire, la variabilité périodique peut être recherchée. Des autocorrélogrammes ont été calculés pour vérifier s'il existait des phénomènes cycliques dans la série de données. L'autocorrélation correspond à des corrélations en série et mesure la liaison entre les termes successifs de la série en vue de déterminer le patron de la variation (Legendre et Legendre, 1998). Elle décrit la dépendance moyenne de la valeur de la série, par rapport aux valeurs situées à  $k$  unités de distance. Les valeurs successives de l'autocorrélation en fonction de l'augmentation de  $k$  sont représentées au moyen du corrélogramme (Figure I-11).

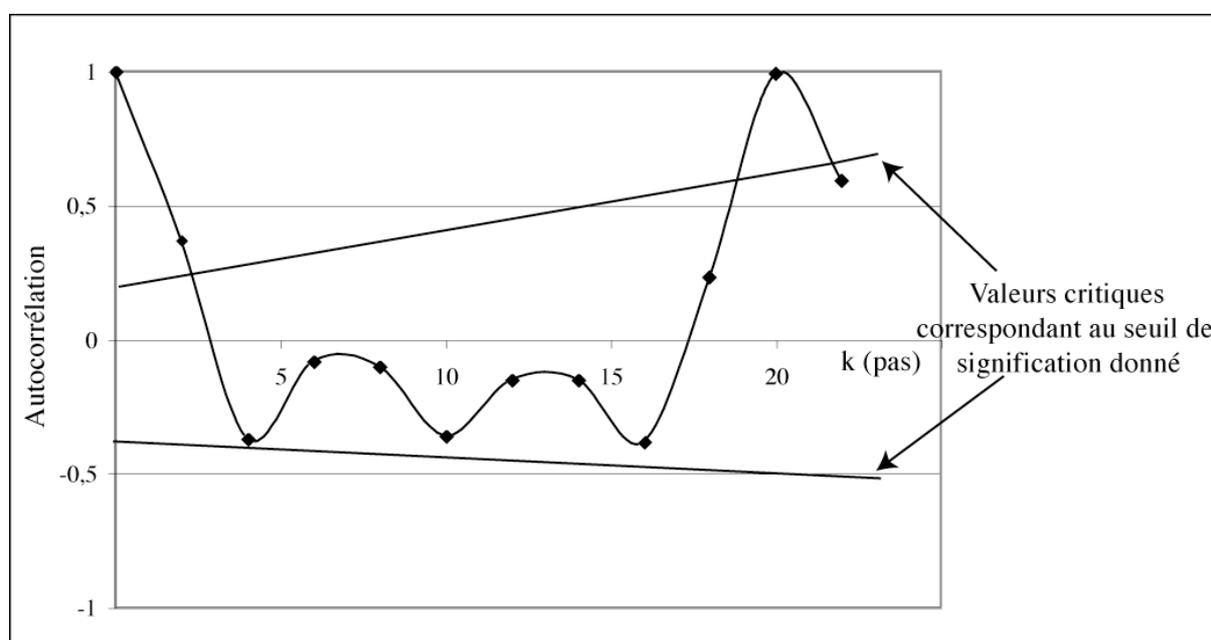


Figure I-11 : Exemple de corrélogramme d'après Legendre et Legendre (1998).

Ce graphique de l'évolution de  $r_{yy}(k)$  en fonction du nombre de pas échantillonnés, permet de caractériser la série. Le tracé sur le corrélogramme des intervalles de confiance permet de déterminer si l'autocorrélation est significativement différente de zéro.

Les autocorrélogrammes ont été réalisés à l'aide du logiciel XL-STAT2006-Time.

## **C- Méthodes d'ordination employées**

### **1- Analyse en composantes principales (ACP)**

L'ACP a été utilisée pour ordonner les stations en fonction des variables quantitatives environnementales recueillies. Cette ordination a été réalisée à partir de la matrice des descripteurs du milieu avec le logiciel XL-STAT. La première étape consiste à transformer le tableau de données en une matrice de corrélations pour donner le même poids à chaque variable. L'ACP va ensuite transformer les  $p$  variables quantitatives initiales intercorrélées en  $p$  nouvelles variables quantitatives non corrélées appelées composantes principales. Elle permet de donner une représentation plane des stations et des variables. Le cercle des corrélations obtenu lors de l'analyse permet de décrire comment les variables sont structurées. Une variable sera d'autant mieux représentée sur le plan que son vecteur projeté est proche du cercle des corrélations.

### **2- Analyse factorielle des correspondances (AFC)**

Des analyses factorielles des correspondances ont été réalisées à partir des tableaux de données « stations-espèces ». L'analyse factorielle des correspondances (AFC), développée par Cordier (1965) et Benzécri (1969) est une méthode d'ordination qui a pour but de résumer sur un petit nombre d'axes le maximum de l'information contenue dans un tableau de données multidimensionnelles. Cette méthode permet d'explorer les données car elle est effectuée sans a priori sur les facteurs qui structurent le tableau de données.

L'analyse factorielle des correspondances a été réalisée à l'aide du logiciel X-STAT.

L'AFC utilise une matrice d'association calculée à l'aide de la distance du  $\chi^2$ . Elle permet de traiter des données quantitatives, semi-quantitatives ou qualitatives et de projeter simultanément des objets et des descripteurs sur un même plan factoriel.

### 3 – Analyse de groupement

Les matrices de coordonnées obtenues, issues des AFC, ont également fait l'objet de classifications hiérarchiques. Suivant les recommandations de Roux (1985), une matrice de distance euclidienne a été calculée à partir des coordonnées factorielles considérées comme significatives en comparaison avec le modèle du « bâton brisé ». Celle-ci est alors soumise à une analyse de groupement en utilisant l'algorithme de Ward, à la fois pour les données de type quantitatif et celles de type qualitatif.

### 4- Analyse canonique des redondances (ARD)

L'ARD est l'équivalent canonique de l'ACP. Cette technique d'analyse permet d'étudier l'influence des facteurs environnementaux sur les descripteurs synthétiques des communautés, comme la richesse spécifique, l'abondance en effectifs et en biomasses et les indices de diversité.

D'après Legendre et Legendre (1998), l'ARD comporte trois étapes. La première consiste à effectuer des régressions multiples entre les coordonnées des variables et des objets. Une ACP est ensuite réalisée sur les valeurs ajustées issues des régressions multiples afin de réduire les dimensions spatiales du tableau analysé et de condenser la variance sur quelques axes. En multipliant la matrice des vecteurs propres (issus de l'ACP) avec les valeurs ajustées on obtient les coordonnées des points des graphiques.

Comme l'ont suggéré Legendre et Gallagher (2001), la distance de Hellinger est une mesure recommandée pour l'ordination des données d'abondance. Legendre et Legendre (1998) concluent également que pour les ordinations linéaires, la distance de Hellinger est un meilleur compromis entre la linéarité et la résolution que la métrique et la distance du  $\chi^2$ . Les données ont donc été transformées grâce à la formule de Hellinger avant d'effectuer les ARD.

Des analyses partielles des redondances ont été réalisées afin de déterminer la partition de la variance des variables (Borcard *et al.*, 1992 ; Økland et Eilertsen, 1994). Cette méthode permet d'éliminer l'effet de certaines variables de l'environnement, bien connues ou indésirables, en éliminant leur rôle sur la structure du tableau de données. On met alors ces variables en « covariables » afin de supprimer leur effet. Les valeurs obtenues sont ensuite ajustées selon la formule d'Ezekiel, comme recommandé par Peres-Neto *et al.*, 2006.

---

Les ARD ont été réalisées avec le logiciel CANOCO (CANOnical Community Ordination) de ter Braak (1988).

#### **D- Tests statistiques de comparaison**

Lors de cette étude, il a été nécessaire de comparer des échantillons ou de rechercher des corrélations entre les séries de données. Pour cela, des tests statistiques ont été utilisés. Ces tests ont été le plus souvent des tests statistiques non paramétriques appartenant à la statistique de rangs ou des tests par permutations. Les tests paramétriques n'ont pas été utilisés car ils nécessitent des données qui suivent une loi normale et des variances indépendantes des moyennes, exigences qui ne sont pas souvent réunies avec les données écologiques.

Les Figures I-12, 13 et 14 résument la chaîne d'acquisition et de traitement des données.

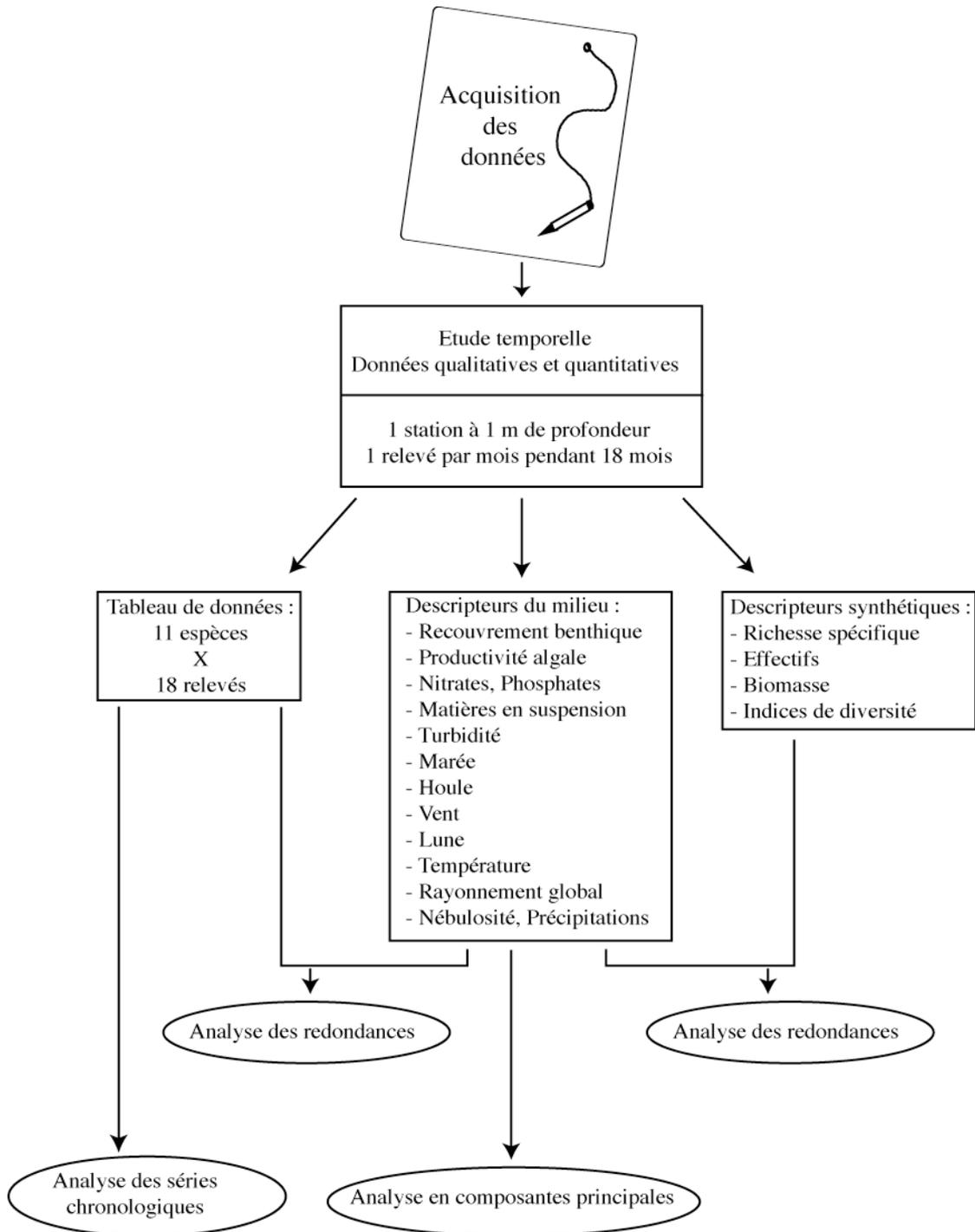


Figure I-12 : Organisation de l'analyse effectuée sur les données temporelles lors de la présente étude.

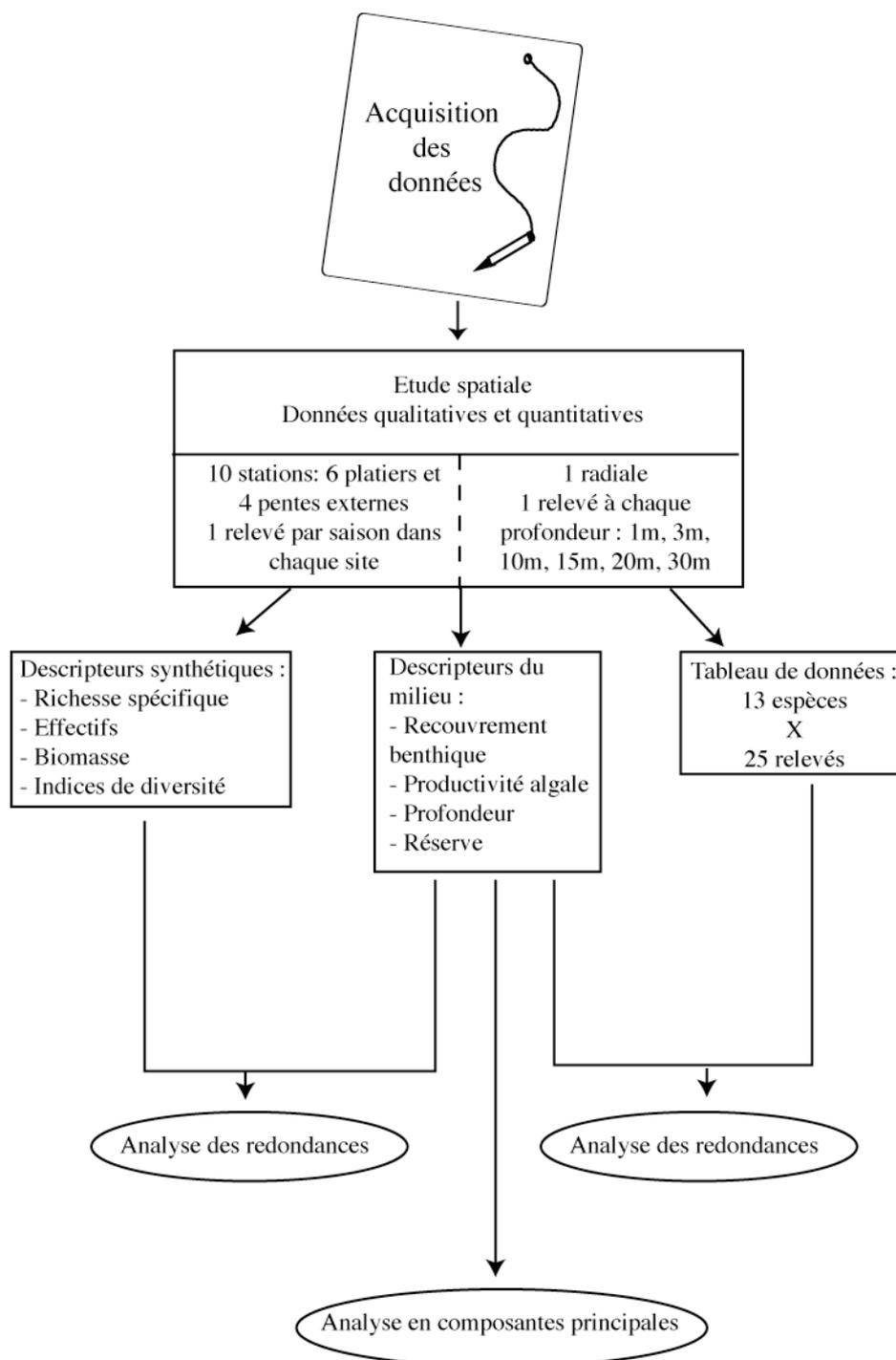


Figure I-13 : Organisation de l'analyse effectuée sur les données spatiales lors de la présente étude.

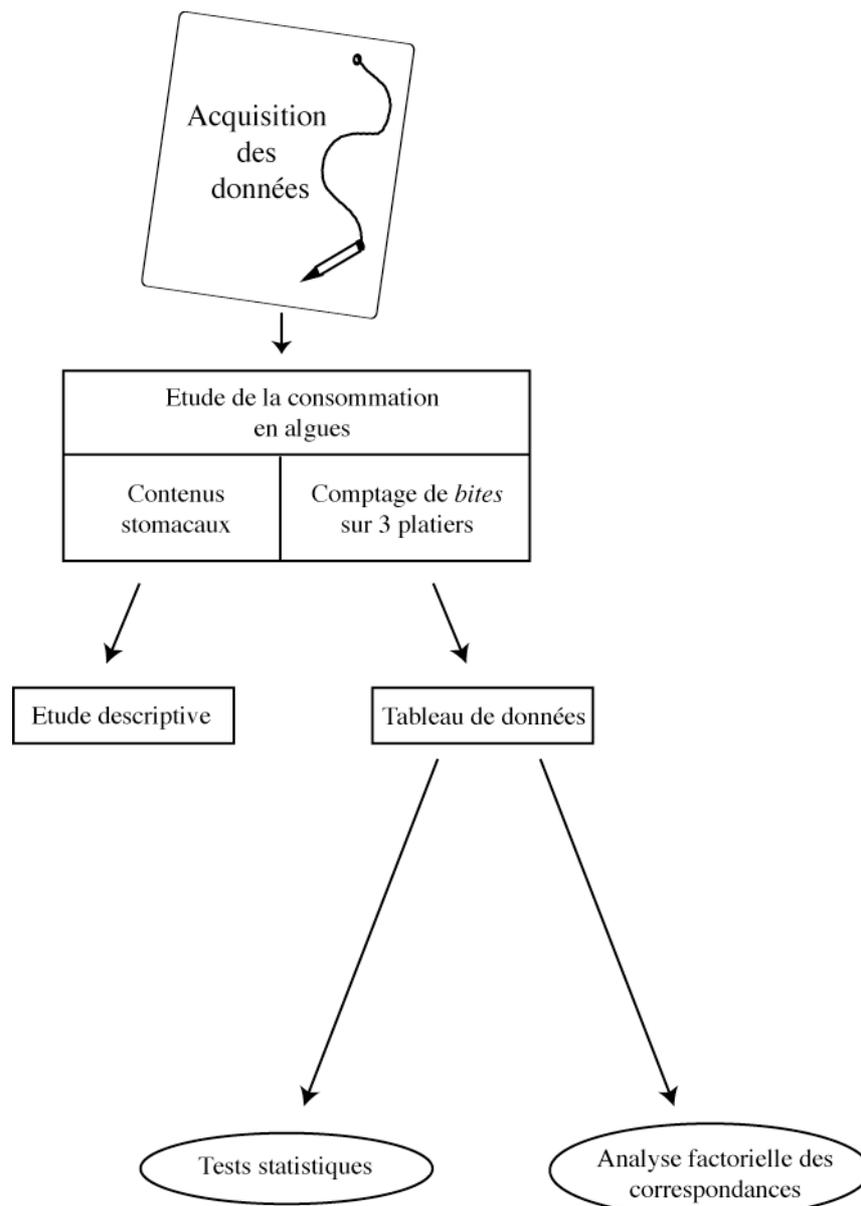


Figure I-14 : Organisation de l'analyse des données de consommation effectuée lors de la présente étude.



# CHAPITRE II

## PRÉSENTATION DU MILIEU



*Image Landsat*



## I- PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA GUADELOUPE

### A- Cadre géographique de la Guadeloupe

D'une superficie totale de 1780 km<sup>2</sup>, la Guadeloupe est située dans la zone intertropicale par 16°30 de latitude nord et à 61°30 de longitude ouest dans l'Arc des Petites Antilles (Figure II-1). Elle est baignée par l'océan Atlantique à l'est et par la mer des Caraïbes à l'ouest.



Figure II-1 : L'arc des Petites et des Grandes Antilles et position de la Guadeloupe.

Elle constitue avec sept autres îles, l'Archipel Guadeloupéen :

- la Guadeloupe formée de deux îles (la Basse-Terre et la Grande Terre), séparées par un bras de mer appelé la Rivière salée ;
- l'archipel des Saintes composé de Terre de Haut et de Terre de Bas ;
- Marie-Galante ;
- la Désirade ;
- Petite Terre ;
- Saint Barthélemy ;
- l'île de Saint Martin, dont la partie sud est hollandaise.

Les deux îles principales, la Basse-Terre et la Grande-Terre sont très différentes d'un point de vue géologique (Figure II-2). La Basse-Terre (944 km<sup>2</sup>), de type volcanique et au relief montagneux, est allongée dans le sens méridien sur 45 km environ. Sa largeur est relativement constante et de l'ordre de 20 à 30 km. Son plus haut sommet, la Soufrière, atteint 1467 m. La Grande-Terre, où le sol est presque exclusivement calcaire, possède un relief quasi inexistant et le point culminant dépasse de peu 120 m (Pagney, 1966). Ces deux îles sont séparées par un bras de mer, la Rivière Salée, dont la largeur est inférieure à 200 m.

Entre les deux îles, au nord, se trouve la baie du Grand Cul-de-Sac Marin qui sépare la Grande-Terre de la Basse-Terre, fermée par une barrière récifale qui mesure environ 30 km de long. Le lagon ainsi délimité a 15 km de large et sa superficie est estimée à 78,5 km<sup>2</sup>. La profondeur y est variable, de quelques centimètres sur les hauts fonds jusqu'à une trentaine de mètres au niveau des passes du récif barrière. Cette baie abrite les trois grandes biocénoses marines côtières de la Caraïbe que sont les récifs coralliens, les mangroves et les herbiers de Phanérogames marines. Le Grand Cul-de-Sac Marin possède la formation récifale la plus développée de l'Archipel guadeloupéen (Bouchon et Laborel, 1990). Cette formation récifale n'est pas de construction récente, mais est un ancien récif corallien datant probablement du Pléistocène qui a émergé pendant la dernière glaciation. La recolonisation par les coraux de l'actuelle barrière récifale ne date que d'environ 10 000 ans (Bouchon et Laborel, 1990).

D'autres récifs coralliens sont présents le long des côtes guadeloupéennes. D'après Bouchon *et al.*, (2002b) : « En Guadeloupe, les récifs coralliens les plus développés sont situés dans les baies du Petit et du Grand Cul de Sac Marin. Sur la Basse-Terre, entre Pointe-à-Pitre et Capesterre Belle-Eau, la côte atlantique possède des formations bioconstruites frangeantes en majorité d'origine corallienne. La côte Caraïbe ne possède pas de récifs coralliens *stricto sensu* mais les fonds rocheux supportent des communautés coralliennes dont la biodiversité est la plus élevée de l'île, particulièrement autour de la Pointe Lézarde et des Ilets Pigeon situés dans la région de Bouillante. Sur la Grande Terre, la côte méridionale présente une ligne discontinue de récifs frangeants peu développés de Pointe-à-Pitre à la Pointe des Châteaux. Les côtes nord-est et nord-ouest sont essentiellement constituées par des falaises et sont dépourvues de récifs à l'exception des régions du Moule, de Sainte Marguerite et d'Anse Bertrand. De Port Louis à Petit Canal, le rivage est occupé par des mangroves. Les petites îles sont bordées de récifs frangeants et de formations coralliennes de fonds rocheux ».

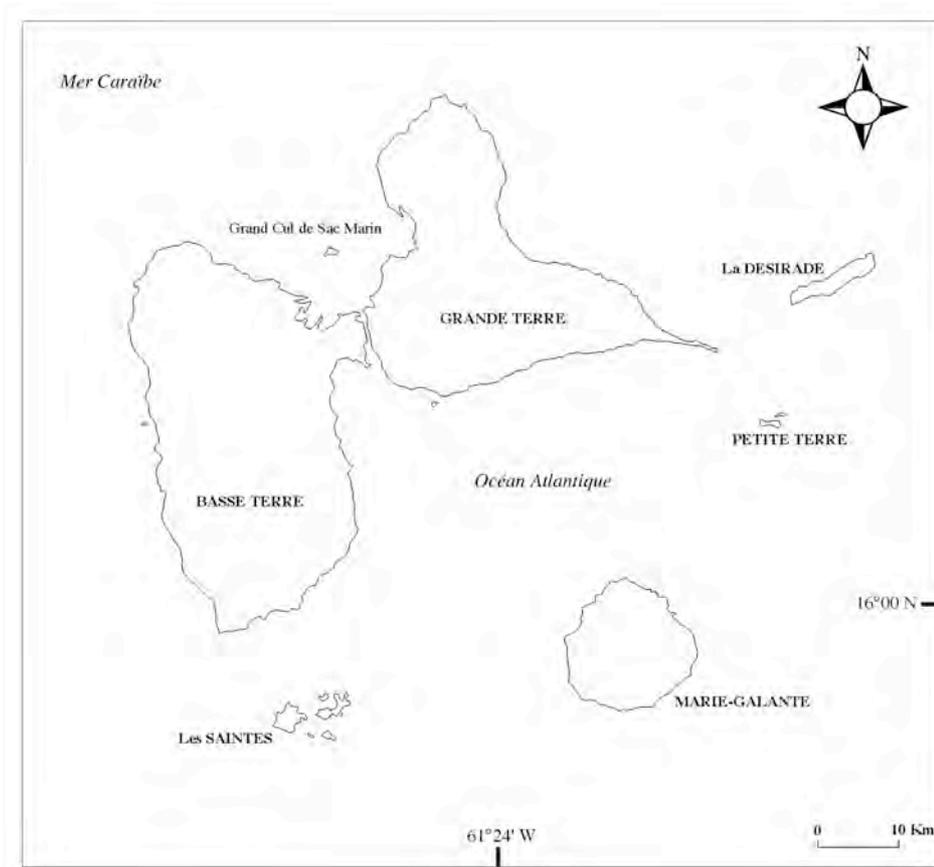


Figure II-2 : l'île de la Guadeloupe et ses proches dépendances.

## B- Climat de la Guadeloupe

Le climat de la Guadeloupe est de type tropical. Les températures atmosphériques sont d'une grande régularité avec une amplitude moyenne annuelle de l'ordre de 3°C. Le mois d'août est le plus chaud et le mois de janvier le plus frais (Lasserre, 1978).

La Guadeloupe est située dans la zone des alizés soufflant avec régularité du secteur est. La direction de ces vents peut varier suivant la saison. Ainsi ils s'établissent au nord-est de décembre à mars et soufflent du sud-est durant les mois de juillet à octobre.

Les masses d'air maritime baignant la Guadeloupe créent une humidité relative élevée toute l'année. L'humidité moyenne annuelle à Pointe-à-Pitre est de 81,2 %. Cette humidité atmosphérique en permanence élevée se traduit par une forte nébulosité qui est en moyenne de 63 % à Pointe-à-Pitre (Lasserre, 1978).

Contrairement à la température, aux vents et à l'humidité, la pluviométrie est relativement irrégulière en Guadeloupe. Au cours d'un même mois elle peut varier du simple au triple et, à plus grande échelle, une année sèche peut être suivie d'une année très pluvieuse.

On distingue deux saisons principales de durées quasi similaires basées sur le régime pluviométrique :

- la saison sèche appelée « carême » dure cinq mois, de décembre à avril et reçoit le quart des précipitations annuelles. Il y a ensuite une reprise des pluies en mai puis un répit en juin-juillet ;

- la saison pluvieuse ou « hivernage » est délimitée d'août à novembre (Lasserre, 1978). Elle est caractérisée par de fortes précipitations de septembre à novembre, accompagnées de vents de secteur nord. Durant cette saison, la pluviométrie mensuelle est supérieure à 120 mm. Des ondes et dépressions tropicales sont susceptibles d'apparaître durant cette saison, pouvant ainsi entraîner la formation d'ouragans.

### **C- Facteurs de l'environnement**

#### **1- Marée**

Dans les Antilles, les marées sont de type mixte semi-diurne, caractérisées par deux marées hautes et deux marées basses quotidiennes d'amplitudes inégales. Elles sont dues à la rencontre d'une onde venue de l'Atlantique et d'une autre en provenance du golfe du Mexique. L'onde de marée est orientée d'ouest en est et aborde la Guadeloupe par le sud. Le marnage maximal dans la Baie de Pointe-à-Pitre est de l'ordre de 50 à 60 cm (Assor, 1988).

#### **2- Houle**

La houle liée à l'alizé est quasi permanente en Guadeloupe et provient généralement des secteurs nord-est à est et plus rarement d'est à sud-est. Elle est généralement comprise entre 1 m et 2,5 m avec une amplitude maximale pouvant atteindre 4 m (Anon., 1989).

#### **3- Température de l'eau**

La température de l'eau en Guadeloupe varie entre 25°C pendant la saison sèche et 29°C pendant la saison des pluies (Bouchon-Navaro, 1997). La température de l'eau a été mesurée lors de la présente étude sur le platier de l'îlet Fajou pendant un an (Figure II-3A). Le graphique montre que la température a varié entre un minimum de 25,7°C au mois de février et un maximum de 31,9°C en mai et août 2005. Les températures très élevées observées pendant ces mois révèlent que l'année 2005 a été une année exceptionnellement chaude car les températures maximales sont généralement de l'ordre de 29°C.

#### 4- Rayonnement global

Le rayonnement global observé en Guadeloupe a été relevé à la station météorologique du Raizet sur une période d'un an (Figure II-3B). Il a varié entre 159 joules.cm<sup>-2</sup> au mois de septembre et 2749 joules.cm<sup>-2</sup> au mois de juillet. Le rayonnement global moyen sur une période d'un an est de 1788 joules.cm<sup>-2</sup>.

#### 5- Nitrates, Phosphates, MES

Les quantités de nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) et matières en suspension ont été mesurées dans le cadre de cette étude. Les valeurs obtenues figurent en Annexe II-1.

Les données montrent que très souvent, les quantités de nutriments dans l'eau de mer sont situées en dessous du seuil de détection des laboratoires (0,05 µmol.l<sup>-1</sup> pour les nitrates et 0,02 µmol.l<sup>-1</sup> pour le phosphate). Sur certains récifs et à certains moments de l'année, les concentrations observées ont dépassé les limites de détection et ont même atteint les valeurs de 0,42 µmol.l<sup>-1</sup> pour les nitrates et de 0,69 µmol.l<sup>-1</sup> pour le phosphate.

La quantité de matières en suspension dans l'eau varie fortement entre les stations et les moments de l'année. Les plus fortes valeurs détectées ont été de 47,5 mg.l<sup>-1</sup> sur le platier de Port Louis .

#### 6- Transparence de l'eau

Lors des comptages effectués sur le platier de l'îlet Fajou, la transparence de l'eau a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Les résultats des mesures figurent sur l'histogramme de la Figure II-4.

La clarté de l'eau a varié entre un minimum de 8 mètres au mois de mai 2004 et un maximum de 25 mètres aux mois de février 2004 et 2005 et de décembre 2004. La transparence moyenne observée sur ce site était de 17,6 mètres.

Les valeurs observées sur ce platier sont relativement faibles par rapport à d'autres mesures effectuées aux îlets Pigeon où les valeurs moyennes étaient de 30 mètres (Bouchon-Navaro,1997).



Figure II- 3: A- Variations de la température de l'eau de l'eau de mer entre mars 2005 et mars 2006 (Source : Bouchon *et al.*, 2006) ; B- Variations du rayonnement global pour l'année 2004 (Source : Météo France).

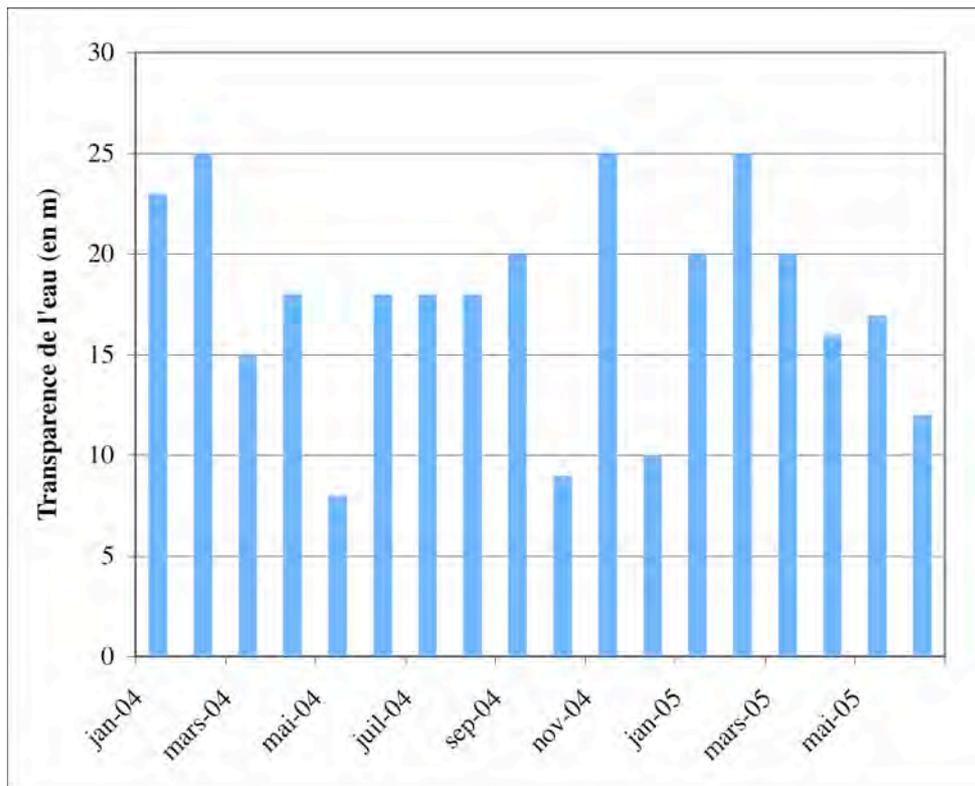


Figure II-4 : Variation de la transparence de l'eau entre janvier 2004 et juin 2005 au niveau du platier de Fajou.

## II- PRÉSENTATION DES SITES D'ÉTUDE

Les sites récifaux choisis pour cette étude sont représentés sur la Figure II-5. Ils ont été répartis autour de la Guadeloupe de la façon suivante :

- trois d'entre eux sur les côtes atlantiques de l'île (îlet Gosier, Caye à Dupont et Pointe des Châteaux) ;
- quatre, au nord de l'île, dans la baie du Grand Cul-de-Sac Marin (platier de la barrière récifale de Fajou, pente externe de la barrière, Passe à Colas et Port-Louis) ;
- deux stations au niveau des îlets Pigeon, sur la côte Caraïbe de l'île.

Des relevés par point intercept ont permis de définir pour chaque site étudié, le type de substrat caractérisant la zone (Figure II-6) ainsi que l'importance relative des organismes benthiques.

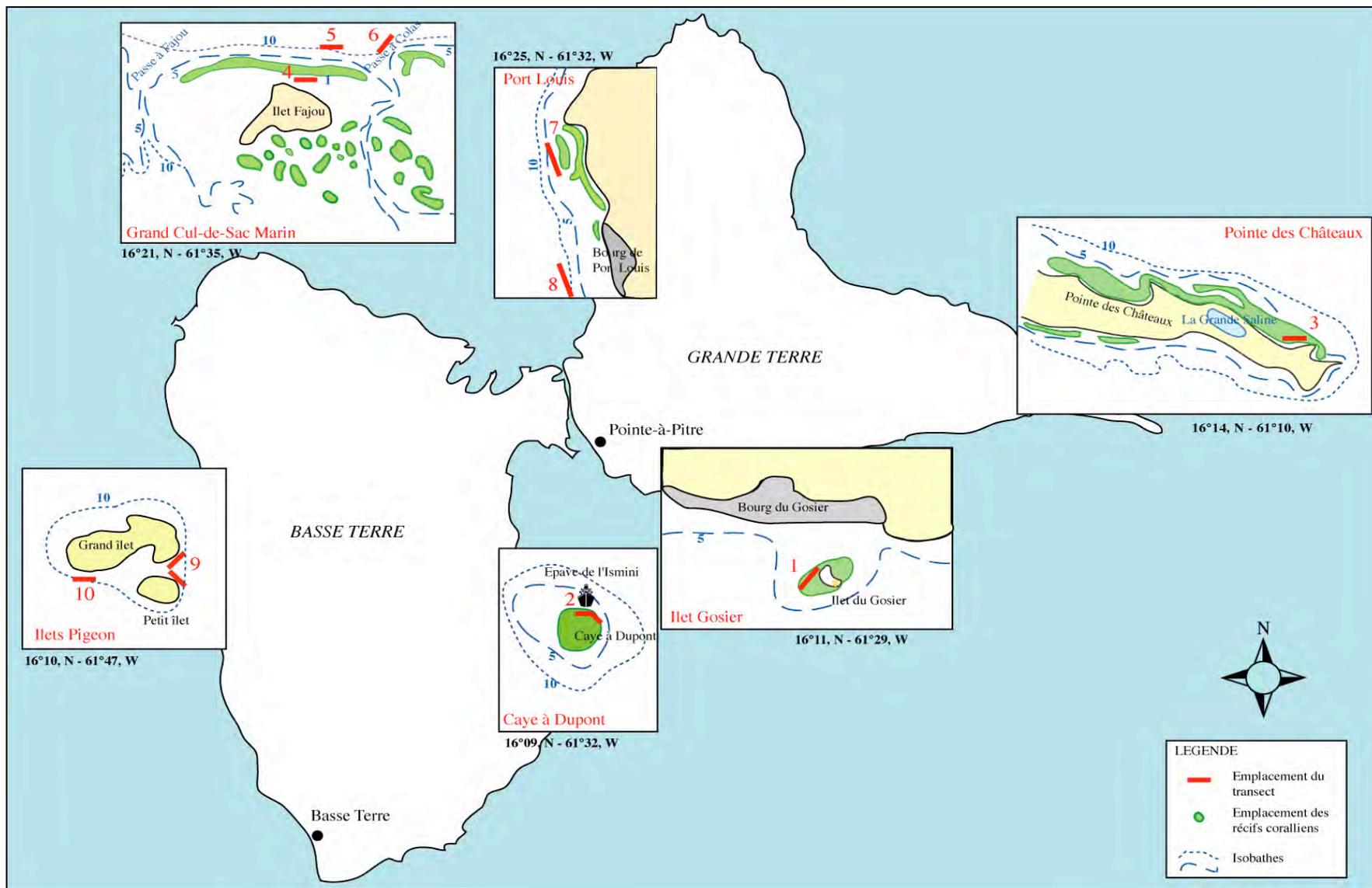


Figure II-5 : Emplacements des sites d'étude autour de la Guadeloupe.

### **A- Le récif de l'îlet Gosier (Station 1)**

La côte atlantique de la Grande-Terre supporte au niveau de l'agglomération de Gosier un récif frangeant qui s'étend à près d'un kilomètre au large (N : 16°11,55' ; W : 61°29,38'). Ce récif est séparé de la côte par une dépression d'arrière-récif large d'environ 800 m et profonde de deux à trois mètres. Le platier de ce récif supporte une « caye » sableuse qui constitue l'îlet Gosier. La station d'étude est située sur le platier récifal (Figure II-5). La communauté benthique de ce platier est soumise à une action anthropique importante. Elle est dégradée par la pollution urbaine, la pêche à la nasse, la chasse sous-marine, etc. La Figure II-6 présente l'importance des différents types de substrat au niveau de cette station et la Figure II-7 celle des principaux groupes d'organismes benthiques qui recouvrent les fonds principalement composés de roche (86 %). Le sable occupe 13 % des substrats échantillonnés. Les quatre types d'organismes benthiques majoritaires sont le gazon algal (34 %), les Phéophycées (19 %), les Chlorophycées calcifiées et les Coraux (13 %).

### **B- La Caye à Dupont (Station 2)**

La Caye à Dupont est un banc récifal situé à 3 km au large de la côte atlantique de la Basse-Terre, au niveau de l'agglomération de Goyave sur la partie nord-est du récif (N : 16°09,53' ; W : 61°32,71') (Figure II-5). Sa forme est approximativement circulaire et il mesure environ 600 m de diamètre. Son sommet tabulaire est occupé par des formations coralliennes de platier situées entre la surface et 3 m de profondeur. La Caye à Dupont est soumise à une influence terrigène importante, surtout pendant la saison humide. La pêche y est également très pratiquée (pêche à la nasse, chasse sous-marine).

La Figure II-6 montre que dans cette station, 88% des fonds sont constitués de roche, 9 % de sable et 3 % de débris coralliens. Les peuplements benthiques sont principalement composés de gazon algal (37 %), de Chlorophycées calcifiées (21 %) et de Coraux (13 %) (Figure II-7).

### **C- La Pointe des Châteaux (Station 3)**

La Pointe des Châteaux, extrémité est de la Guadeloupe, est bordée sur sa côte nord par le récif frangeant des Salines. Il mesure environ 2 km de long pour 200 m dans sa plus grande largeur. Dans sa partie est, le platier récifal est accolé à la côte. À l'ouest, zone la plus

développée, le platier est séparé du rivage par une dépression d'arrière-récif d'environ 200 m de large pour 2 m de profondeur. La station 3 est située sur le platier récifal à l'ouest de la pointe de la Petite-Saline (N : 16°14,866' ; W : 61°10,715') (Figure II-5).

Cette station est exposée aux houles d'alizés de secteur est. Elle est caractérisée par un mode hydrodynamique généralement très agité. Elle est à l'abri des principales sources de pollution d'origine terrestre. La pression de pêche professionnelle est faible sur ce récif mais la pêche sous-marine de loisir y est très pratiquée.

La Figure II-6 montre qu'à la Pointe des Châteaux, 97 % des fonds sont composés de roche et 3 % de sable. Le peuplement benthique est largement dominé par le gazon algal (54 %). Les Phéophycées sont également trouvées en nombre et représentent 21 % des organismes ainsi que les Coraux qui constituent 13 % du peuplement benthique (Figure II-7).

#### **D- La barrière du Grand Cul-de-Sac Marin**

Le lagon du Grand Cul-de-Sac Marin est fermé au nord par une barrière récifale corallienne entaillée par des passes permettant les échanges entre le lagon et la mer : la passe à Caret, la passe à Fajou, la passe de la grande Coulée et la passe à Colas. Les conditions hydrologiques du lagon sont caractérisées par un gradient décroissant de l'influence terrigène orienté de la côte vers le large. Les eaux sont relativement turbides en bordure de mangrove et deviennent limpides près de la barrière récifale (Bouchon et Laborel, 1990). Ce site est classé Réserve naturelle depuis 1987 et ne subit donc pas de pression de pêche.

##### **1- Le platier récifal de l'îlet Fajou (Station 4)**

Le platier récifal (N : 16°21,422' ; W : 61°35,047') correspond à la zone de faible profondeur située au sommet de la barrière récifale. Cette partie supérieure de la barrière est constituée par une dalle calcaire arasée dont les constructions coralliennes actuelles ne dépassent pas 2 à 3 mètres. Il est séparé de l'îlet Fajou par un lagon dont les fonds sableux sont principalement colonisés par les Phanérogames. Le platier est situé à environ 500 m du rivage et correspond à une zone de mode hydrodynamique battu où déferle la houle.

La Figure II-6 montre que les substrats qui forment le platier de Fajou sont de type rocheux (98 %). Les peuplements benthiques ne sont composés que de trois grands groupes d'organismes, le gazon algal (79 %), les Coraux (18 %) et les Chlorophycées calcifiées (3 %) (Figure II-7).

## **2- La pente externe récifale de l'îlet Fajou (Station 5)**

Elle est composée de trois zones du point de vue morphologique (Bouchon et Laborel, 1990) : une zone supérieure qui s'étend de la surface jusqu'à environ 10 m, une zone moyenne entre 10 et 30 m où les peuplements coralliens sont les plus développés et une zone profonde en dessous de 30 m où le peuplement corallien diminue. La station 5 est située à 10 mètres de profondeur.

Sur la pente externe de l'îlet Fajou, le substrat est principalement rocheux (92 %). On retrouve également 7 % de substrat sableux et 1% de débris coralliens (Figure II-6). Les fonds sont recouverts de gazon algal et de Coraux (respectivement 39 % et 31 %). Les organismes benthiques sont très diversifiés puisque la pente externe abrite, outre les deux types d'organismes cités précédemment, des Mélobésiées, des Phéophycées, des Spongiaires, des Gorgonaires, des Zoanthaires, et des Cyanophycées (Figure II-7).

## **3- La Passe à Colas (Station 6)**

La Passe à Colas est large, sinueuse et profonde (-35 m). Ses flancs sont formés de falaises surplombantes abruptes provenant probablement de l'érosion d'une dalle calcaire épaisse de plusieurs mètres qui pourrait être la base du récif actuel (Bouchon et Laborel, 1990). La station 6 est placée sur la pente externe à 10 m de profondeur.

Au niveau de la Passe à Colas, les substrats ne sont composés que de roche (96 %) et de sable (4 %) (Figure II-6). Les fonds sont principalement recouverts de Phéophycées qui occupent 47 % de la surface. Les Coraux et le gazon algal sont les deux autres organismes majoritaires (respectivement 24 et 19 %)(Figure II-7).

## **E- Port-Louis**

Dans la baie du Grand Cul-de-Sac Marin, au niveau de la ville de Port-Louis, la côte est prolongée sous l'eau par une dalle rocheuse, recouverte par une faible épaisseur de sable corallien, de 500 à 700 m de large qui s'enfonce en pente douce jusque vers 8 m de profondeur. Au-delà, la pente s'accroît, les fonds deviennent rocheux et sont occupés par une communauté récifale bien développée. Au nord de Port-Louis, des récifs embryonnaires se sont développés le long du rivage sous la forme de platiers de quelques mètres de large accolés à la côte. La côte de Port-Louis est abritée par rapport aux houles dominantes d'alizés,

de secteurs est. Les fonds sont exposés à une pollution urbaine en provenance de Port-Louis. La pêche, sous toutes ses formes, professionnelle (nasses, filets) et de loisir (chasse sous-marine, pêche à la ligne), est très développée sur ce site.

### **1- Le platier de l'Anse du Souffleur (station 7)**

La station 7 est située sur le platier du récif embryonnaire de l'Anse du Souffleur (N : 16°25,586' ; W : 61°32,063'). Les fonds y sont exclusivement rocheux (Figure II-6) et sont principalement colonisés par du gazon algal (33 %) et des Phéophycées (32 %). Les Coraux ne représentent que 11 % du peuplement benthique (Figure II-7).

### **2- La pente externe récifale de la pointe Gris-Gris (station 8)**

La station 8 est située sur la pente externe, à -10 m, au large de la pointe Gris-Gris (N : 16°23,881' ; W : 61°31,998'). Le substrat est majoritairement rocheux bien que certaines parties de la pente externe soient constituées de sable (7 %) et de débris coralliens (2 %)(Figure II-6). Les Coraux sont les organismes dominants du peuplement (32 %). Viennent ensuite le gazon algal et les Phéophycées. Le peuplement benthique est relativement diversifié puisqu'il comprend 7 types d'organismes différents (Figure II-7).

### **F- Les îlets Pigeon**

Les îlets Pigeon sont situés sur la côte caraïbe de la Guadeloupe à environ un kilomètre du rivage (N : 16°10 ; W : 61°48) (Figure II-5).

Les deux îlets sont séparés par un chenal d'environ 30 m de large pour 2 m de profondeur au maximum. Aucun récif corallien n'existe autour des îlets Pigeon, mais leurs fonds rocheux sont occupés par une communauté corallienne qui, de par sa biodiversité et le taux de recouvrement des fonds par les organismes benthiques, est la plus florissante de la Guadeloupe. Les îlets Pigeon sont classés réserve de pêche depuis 1979, c'est-à-dire que toute forme de pêche professionnelle ou de loisir est interdite, à l'exception de la pêche à la senne et aux appâts pratiquée par les marins-pêcheurs professionnels. Les îlets bénéficient également de protections qui réglementent la circulation et le mouillage des bateaux.

### **1- Le Jardin de Corail (Station 9)**

La station 9 a été placée sur le côté est des îlets, à un mètre de profondeur (N : 16°10,032' ; W : 61°47,256'). Les rivages entourant les deux îlets sont essentiellement rocheux, d'origine volcanique. Les fonds sont recouverts principalement de gazon algal (63 %) et de coraux (24 %). De nombreux autres organismes sont présents mais en très faible quantité (Mélobésiées, Spongiaires, Gorgonaires, Zoanthaires et Cyanophycées) (Figure II-7).

### **2- La Pointe Barracuda (Station 10)**

La station 10 est située à -15 m de profondeur, au niveau d'une plate-forme faiblement inclinée sur la côte sud du grand îlet (N : 16°10,006' ; W : 61°47,482') (Figure II-5). Le substrat est constitué à 83 % de roche, à 11 % de débris coralliens et à 6 % de sable (Figure II-6). Les organismes benthiques retrouvés en majorité au niveau de cette pente externe sont les Coraux (38 %) et le gazon algal (32 %) (Figure II-7).

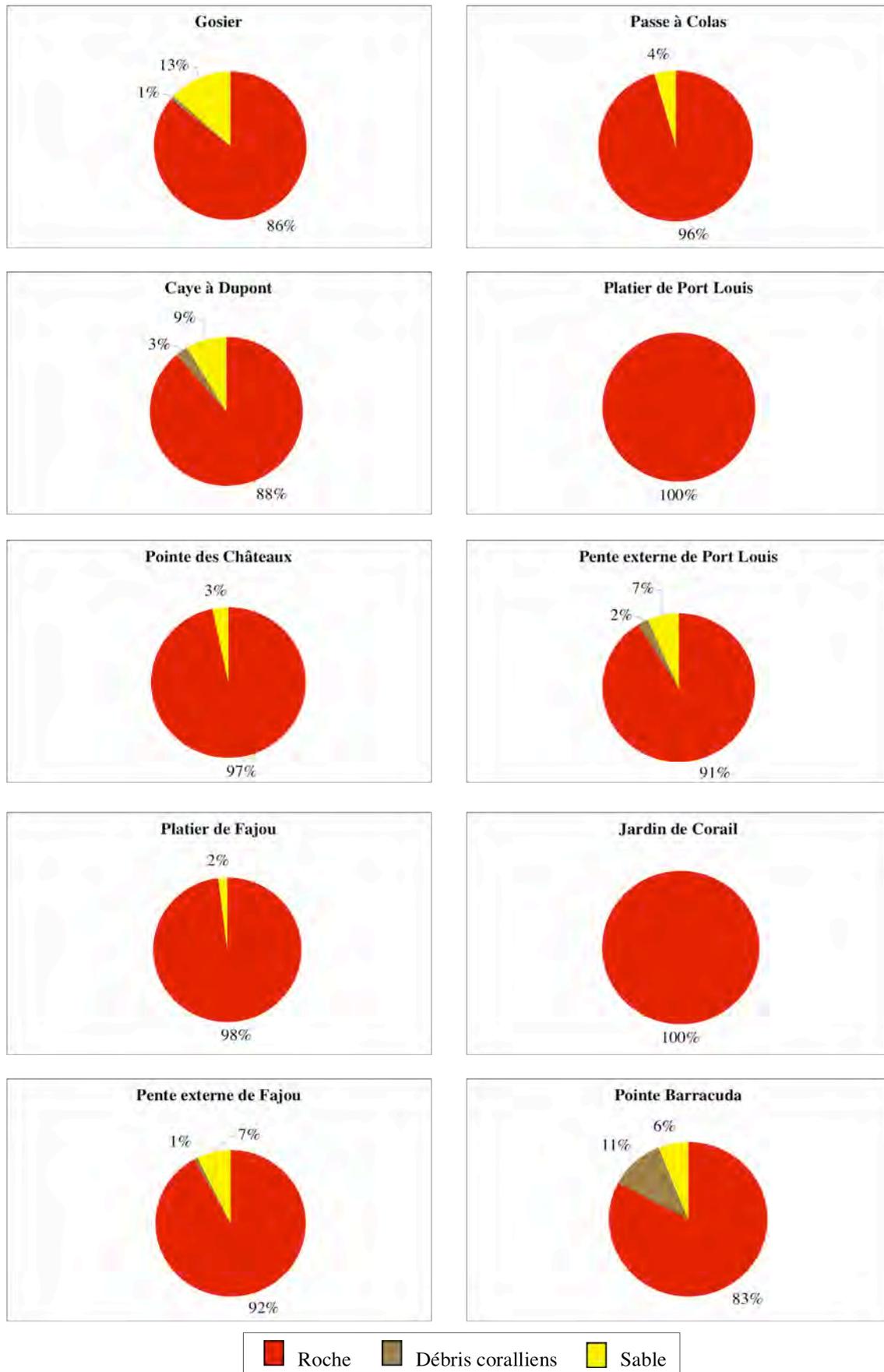


Figure II-6 : Taux de dominance des substrats sur les différents sites étudiés.

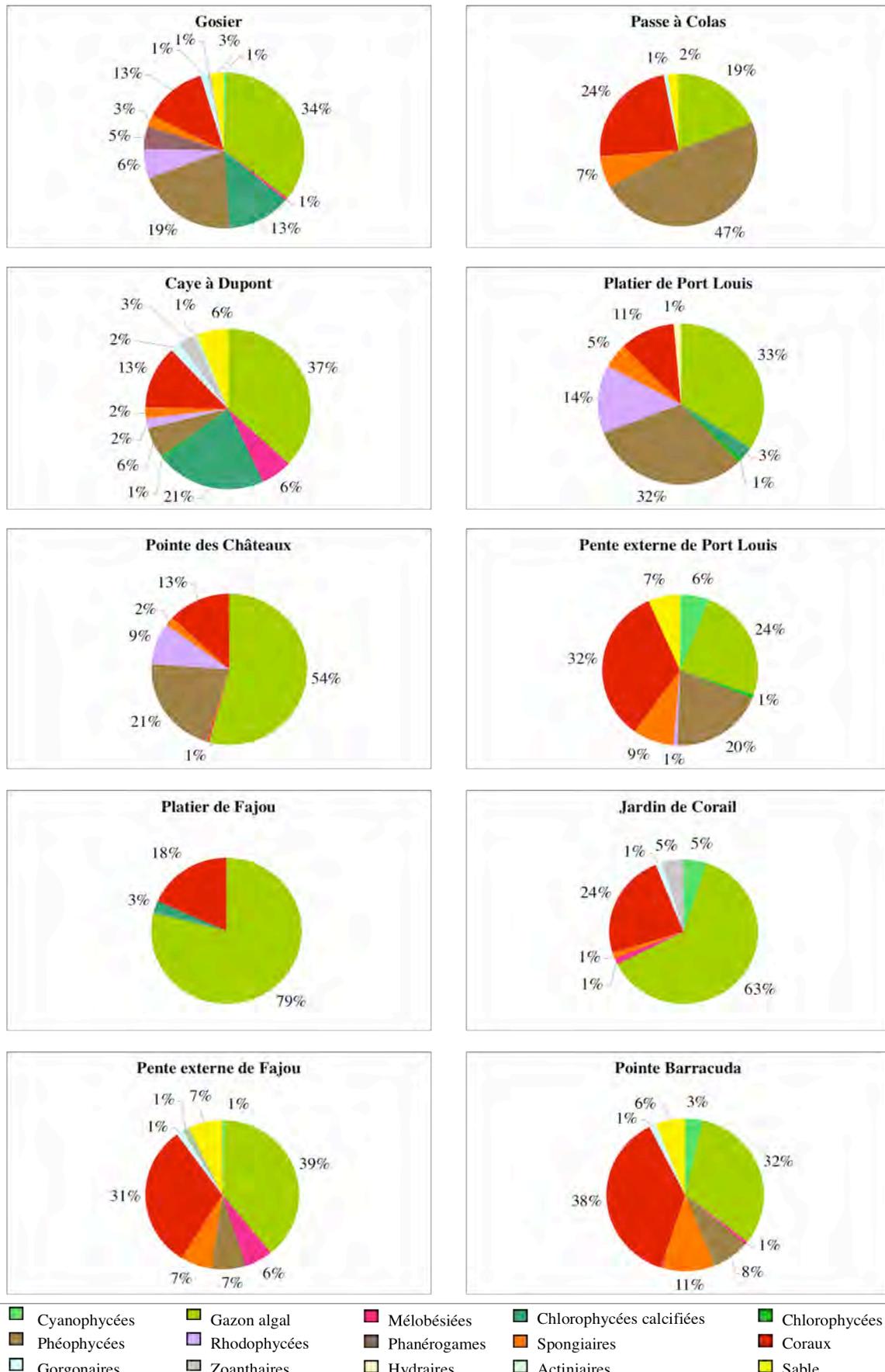


Figure II-7 : Taux de recouvrement par les organismes benthiques dans les stations étudiées.



# CHAPITRE III

## PRÉSENTATION DES ESPÈCES



© C. Bouchon



Les poissons herbivores sont très nombreux sur l'ensemble des récifs de la planète. La plus grande partie des espèces est localisée dans la région Indo-Pacifique. La région atlantique en abrite cependant un nombre important. Dans l'Atlantique tropical et dans la Caraïbe en particulier, il existe deux grandes familles de poissons herbivores qui dominent les récifs : les Acanthuridae et les Scaridae. Les deux espèces de Kyphosidae présentes sont également herbivores, mais ne sont pas très communes. Enfin, la famille des Blennidae compte également certaines espèces herbivores.

## I- LES ACANTHURIDAE

### A- Présentation générale

Le nom des Acanthuridae vient du grec 'akantha' qui signifie épine et 'oura' qui signifie queue. Ces poissons possèdent un corps plat, comprimé latéralement avec les yeux situés haut sur la tête. Leur corps est couvert de petites écailles de type cténoïde. Leur bouche est petite et située en bas de la tête. Leurs dents en forme de peigne sont caractéristiques de la famille.

La Famille des Acanthuridae fait partie de la Classe des Osteichthyens (poissons osseux) et de l'Ordre des Perciformes. Il existe deux sous-familles, les Nasinae et les Acanthurinae dont fait partie le genre *Acanthurus*. Au total, il existe 6 genres et 72 espèces dans la famille des Acanthuridae. Cinq d'entre elles se trouvent dans l'Océan Atlantique et appartiennent toutes au genre *Acanthurus*. Il s'agit de :

- *Acanthurus bahianus* Castelnau 1855 ;
- *A. chirurgus* (Block) 1787 ;
- *A. coeruleus* Bloch et Schneider 1801 ;
- *A. monroviae* Steindachner 1876 ;
- *A. randalli* (Briggs and Caldwell 1957).

Les autres espèces d'Acanthuridae se trouvent dans la région Indo-Pacifique.

### B- Distribution géographique

Les Acanthuridae existent dans toutes les mers tropicales et subtropicales et ils vivent majoritairement au niveau des récifs coralliens.

La répartition géographique du genre *Acanthurus* est très large dans la région atlantique tropicale, probablement à cause de leur longue vie pélagique à l'état larvaire.

*Acanthurus monroviae* est localisé en Afrique de l'ouest mais également le long des côtes brésiliennes (Luiz-Junior *et al.*, 2004). *A. randalli* a été signalé dans le Golfe du Mexique. *A. coeruleus* est retrouvé dans l'Atlantique depuis New York et les Bermudes jusqu'au Brésil en incluant les côtes de l'Amérique centrale, le golfe du Mexique et les Bahamas. Les individus d'*A. chirurgus* sont repartis du Massachusetts au Brésil en passant par les Bermudes, les Bahamas, les Antilles, le Golfe du Mexique, Panama et le Venezuela. On les retrouve aussi en Atlantique est, le long des côtes africaines. La distribution d'*A. bahianus* s'étend de la Nouvelle Angleterre au Brésil. Cette espèce se retrouve également jusqu'aux îles d'Ascension et de Sainte-Hélène.

Les distributions de ces espèces montrent que ces poissons sont présents jusque très au nord de la zone tropicale. Randall (1956) émet l'hypothèse que les spécimens retrouvés dans ces latitudes extrêmes sont des juvéniles ou des sub-adultes et que leur distribution résulte du transport des larves par le Gulf Stream.

Lors de cette étude, les trois espèces d'Acanthuridae présentes dans les Antilles ont été prises en compte, soit *Acanthurus bahianus*, *A. chirurgus* et *A. coeruleus* (Figure III-1).

## C- Biologie

### 1- Croissance et taille

Randall (1962) a calculé le taux de croissance de ces trois espèces. Des individus d'*A. bahianus* mesurant entre 97 et 137 mm (LF) ont un taux de croissance moyen de 2,7 mm par mois. Ceux de plus grande taille (140 à 180 mm) grandissent de 1 mm par mois. Les individus d'*A. chirurgus* mesurant entre 86 et 181 mm ont un taux de croissance moyen de 2,3 mm par mois et ceux d'*A. coeruleus* grandissent de 1,3 mm par mois (Tableau III-1).

D'après Randall (1968), la taille maximale d'*A. coeruleus* est de 36,6 cm (longueur totale : LT), celle d'*A. bahianus* est 25,6 cm (LT) et celle d'*A. chirurgus* de 34,6 cm (LT) (Tableau III-1).

De nombreux auteurs (Reeson, 1983a ; Bohnsack et Harper, 1988 ; Garcia *et al.*, 1998) se sont intéressés aux relations taille-poids des Acanthuridae et ont calculé des coefficients *a* et *b* pour chacune des espèces. Ces différents coefficients figurent dans le Tableau III-1.



© C. Bouchon

*Acanthurus bahianus*



© C. Bouchon

*Acanthurus chirurgus*



© C. Bouchon

*Acanthurus coeruleus*

Figure III-1 : Les trois espèces d'Acanthuridae de la Caraïbe.

Tableau III-1 : Résumé des informations concernant la croissance, la taille maximale, la taille de maturité sexuelle et les paramètres de la relation taille-poids des espèces d'Acanthuridae étudiées (n.r. : non renseigné ; LF : longueur à la fourche ; LT : longueur totale ; LS : longueur standard).

	Croissance	Taille maximale	Taille de maturité sexuelle		Paramètres de la relation taille-poids			
					a	b	Gamme de taille	Référence
<i>Acanthurus bahianus</i>	1 - 2,7 mm.mois <sup>-1</sup> Randall (1962)	25,6 cm (LT) Randall (1968)	n.r.	11 cm (LF) Reeson (1983a)	0,0203	2,9281	n.r.	Bouchon-Navaro, 1997
					0,0348	2,6894	2,8 - 9,1 cm (LT)	Bouchon-Navaro <i>et al.</i> , 2006
					0,0191	3,0800	10 - 18,5 cm (LF)	Reeson (1983a)
					0,0236	2,9750	4 - 24 cm (LF)	Bohnsack et Harper, 1988
<i>Acanthurus chirurgus</i>	2,3 mm.mois <sup>-1</sup> Randall (1962)	34,6 cm (LT) Randall (1968)	n.r.	17 cm (LF) Reeson (1983a)	0,0183	3,0129	n.r.	Bouchon-Navaro, 1997
					0,0282	2,8137	3 - 7,8 cm (LT)	Bouchon-Navaro <i>et al.</i> , 2006
					0,0294	2,3300	11,9 - 24 cm (LS)	Garcia <i>et al.</i> , 1998
					0,0923	2,7440	16 - 32 cm (LF)	Bohnsack et Harper, 1988
					0,0225	3,0000	18 - 34 cm (LF)	Bohnsack et Harper, 1988
					0,0221	3,0090	6,5 - 24,5 cm (LF)	Reeson (1983a)
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1,3 mm.mois <sup>-1</sup> Randall (1962)	36,6 cm (LT) Randall (1968)	n.r.	13 cm (LF) Reeson (1983a)	0,0298	2,8778	n.r.	Bouchon-Navaro, 1997
					0,0422	2,8350	4 - 30 cm (LF)	Bohnsack et Harper, 1988
					0,0286	3,0000	14 - 28 cm (LF)	Bohnsack et Harper, 1988
					0,0305	3,0000	10 - 30 cm (LF)	Bohnsack et Harper, 1988
					0,0278	3,0220	8,5 - 24,5 cm (LF)	Reeson (1983a)

## 2- Reproduction et développement

Chez les Acanthuridae, les sexes sont séparés. La taille de maturité sexuelle est difficile à déterminer. Selon Reeson (1983a), *Acanthurus coeruleus* serait mature pour une longueur à la fourche (LF) de 13 cm. *A. bahianus* aurait une taille de première maturité de 11 cm (LF) et la plupart des poissons seraient matures pour une longueur de 15 à 16 cm (LF). Enfin, les individus d'*A. chirurgus* seraient matures pour une taille de 17 cm (LF) (Tableau III-1).

Chez ces poissons, la fécondation est externe (Randall, 1961b). Au moment de la reproduction, quelques individus sortent du banc et nagent rapidement vers le haut puis redescendent en effectuant une flexion de leur corps à la fin de leur mouvement. La diminution de pression et l'expansion consécutive de la vessie natatoire, ainsi que la flexion du corps en fin de course seraient une aide à l'extrusion des œufs et du sperme. Le frai a lieu dans des zones de courant où la dispersion des œufs fécondés se fait plus facilement et la période de reproduction serait de janvier à mai dans la Caraïbe (Reeson, 1983a). Le frai se déroule principalement en fin d'après-midi (Randall, 1961a, b ; Myrberg *et al.*, 1988). Randall (1961b) a observé ce phénomène aux alentours de la pleine lune aux Iles de la Société pour *Acanthurus triostegus* et suggère que cette période est commune à tous les Acanthuridae.

Les œufs sont planctoniques et flottent en pleine eau. Ils éclosent approximativement après un jour et leur vie pélagique est relativement longue, jusqu'à 75 jours (Thresher, 1984). La vie pélagique des larves d'Acanthuridae de la Caraïbe a été décrite par Rocha *et al.* (2002). Elle dure en moyenne 52,3 jours pour *A. bahianus*, 55,2 jours pour *A. chirurgus* et 51,6 jours

pour *A. coeruleus*. Les larves s'établissent à une taille moyenne de 26,9 mm (L.S) pour *A. bahianus*, de 26,7 mm pour *A. coeruleus* et de 26,9 mm pour *A. chirurgus*. Les juvéniles sont planctoniques (Robertson, 1988). Ceux d'*A. coeruleus* et d'*A. chirurgus* vivent principalement à l'interface entre les herbiers et les récifs alors que les juvéniles d'*A. bahianus* sont sur le récif à des profondeurs inférieures à 2 mètres.

### 3- Régime alimentaire

Les Acanthuridae se nourrissent le jour, du lever au coucher du soleil, selon Earle (1972). Ils sont strictement herbivores et broutent des algues grâce à leurs dents spatulées. Ils possèdent un long tube digestif, typique des poissons herbivores. *Acanthurus bahianus* et *A. chirurgus* ont des estomacs à paroi épaisse. Ces deux espèces ingèrent beaucoup de sédiments avec leur nourriture. Cette matière inorganique leur sert à broyer la paroi cellulaire des algues, permettant à leur contenu d'être digéré. *A. coeruleus*, quant à lui, possède un estomac à fine paroi et n'ingère pas de calcaire inorganique.

### 4- Comportement

Durant la journée, les Acanthuridae peuvent être observés en train de se nourrir ou de se déplacer seuls, en petits groupes ou en larges bancs. Ces bancs sont plurispécifiques, et comprennent en plus des Acanthuridae, des Scaridae, des Haemulidae, des Labridae ou encore des Mullidae (Collette et Talbot, 1972 ; Luckhurst, 1972 in Reeson, 1983a).

Le soir, les chirurgiens se cachent et restent inactifs toute la nuit. Starck et Davis (1966) rapportent que les individus d'*A. bahianus* et *A. chirurgus* se réfugient dans des abris du récif largement ouverts alors que les individus d'*A. coeruleus* sont observés isolés dans des cavités plus profondes.

## II- LES SCARIDAE

### A- Présentation générale

Le nom des Scaridae provient du latin « scarus » qui dérive du nom grec « skairo » qui signifie sauter. Les Scaridae sont des poissons de forme oblongue, légèrement comprimés avec un corps recouvert de grosses écailles cycloïdes. Leur tête est ronde et leurs dents sont

complètement ou quasi fusionnées pour former une structure en forme de bec qui leur vaut leur nom vernaculaire de « poissons perroquets ».

La Famille des Scaridae fait partie de la Classe des Osteichthyens (poissons osseux) et de l'Ordre des Perciformes. Cette famille est divisée en deux sous-familles, celle des Scarinae et celle des Sparisomatidae. La sous-famille des Scarinae est formée de quatre genres dont le genre *Scarus* est présent dans l'Atlantique. La sous-famille des Sparisomatidae contient cinq genres dont les genres *Sparisoma*, *Nicholsina* et *Cryptotomus* sont présents dans la Caraïbe.

Au total, il existe 10 genres de Scaridae et 80 espèces de par le monde (Bellwood, 1994). D'après Randall (1968), il existe 14 espèces appartenant à 4 genres dans la Caraïbe. Il s'agit de :

- *Cryptotomus roseus* Cope 1871 ;
- *Nicholsina usta* (Valenciennes 1840) ;
- du genre *Scarus* :
  - *Scarus coeruleus* (Bloch 1786) ;
  - *S. coelestinus* Cuvier et Valenciennes 1839 ;
  - *S. guacamaia* Cuvier 1829 ;
  - *S. iserti* Bloch 1789 ;
  - *S. taeniopterus* Desmarest 1831 ;
  - *S. vetula* Bloch et Schneider 1801 ;
- du genre *Sparisoma* :
  - *Sparisoma atomarium* (Poey 1861) ;
  - *S. aurofrenatum* (Cuvier et Valenciennes 1839) ;
  - *S. chrysopterum* (Bloch et Schneider 1801) ;
  - *S. radians* (Cuvier et Valenciennes 1839) ;
  - *S. rubripinne* (Cuvier et Valenciennes 1839) ;
  - *S. viride* (Bonnaterre 1788).

## **B- Distribution géographique**

Quelques espèces vivent dans les eaux subtropicales, mais la majorité est tropicale et associée aux récifs coralliens. On les trouve dans les océans Pacifique, Indien et Atlantique. La plupart d'entre elles vivent dans les eaux peu profondes avec une abondance maximale entre la surface et 10 m (Bouchon-Navaro et Harmelin-Vivien, 1981 ; Russ, 1984).

Cependant, certaines espèces peuvent être rencontrées jusqu'à 180 m de profondeur (Bruce et Randall, 1985).

Concernant les espèces choisies dans cette étude, leur distribution est large dans l'Atlantique tropical : on les retrouve des Bermudes jusqu'au Brésil en passant par les Bahamas, les côtes d'Amérique centrale et les Antilles. Les œufs de ces espèces sont pélagiques (Reeson, 1983 b), ce qui explique leur large distribution.

Dans la présente étude, toutes les espèces présentes en Guadeloupe ont été prises en compte soit : *Scarus iserti*, *S. taeniopterus*, *S. vetula*, *Sparisoma atomarium*, *S. aurofrenatum*, *S. chrysopterus*, *S. rubripinne*, et *S. viride* (Figure III-2).

## C- Biologie

### 1- Croissance et taille

Randall (1962) a calculé des taux de croissance pour les espèces de Scaridae. *Sparisoma viride* grandit entre 7,7 et 3,5 mm par mois pour des poissons d'une taille de 18,7 à 23,6 cm. *S. chrysopterus* possède un taux de croissance de 8,7 à 20 mm par mois pour des poissons d'une taille de 15,5 à 18,2 cm. *S. rubripinne* grandit à la vitesse de 8,1 mm par mois pour des poissons d'une taille de 17,5 à 26,6 cm. Enfin cet auteur a déterminé que les individus de *Scarus vetula* possèdent un taux de croissance compris entre 11 et 18 mm par mois pour des poissons d'une taille de 14,0 à 24,8 cm. L'auteur ne communique pas de données concernant la croissance de *S. iserti*, ni de *S. taeniopterus*, et *Sparisoma aurofrenatum* (Tableau III-2).

Concernant les tailles maximales que peuvent atteindre ces poissons, Randall (1968) donne les valeurs suivantes : 50,8 cm pour *Sparisoma viride*, 25,4 cm pour *S. aurofrenatum*, 40,6 cm pour *S. chrysopterus*, 44,2 cm pour *S. rubripinne*, 25,4 cm pour *Scarus iserti*, 30,5 cm pour *S. taeniopterus*, et 50,8 cm pour *S. vetula* (Tableau III-2).

Les informations concernant les relations d'allométrie sont récapitulées dans le Tableau III-2.



© C. Bouchon

*Scarus iserti*



© C. Bouchon

*Sparisoma aurofrenatum*



© C. Bouchon

*Scarus taeniopterus*



© C. Bouchon

*Sparisoma viride*



© C. Bouchon

*Scarus vetula*



© Y. Bouchon-Navaro

*Sparisoma rubripinne*



© C. Bouchon

*Sparisoma chrysopterus*



© Y. Bouchon-Navaro

*Sparisoma atomarium*

Figure III-2 : Les espèces de Scaridae étudiées.

Tableau III-2 : Résumé des informations concernant la croissance, la taille maximale, la taille de maturité sexuelle et les paramètres de la relation taille-poids des espèces de Scaridae étudiées (n.r. : non renseigné ; LF : longueur à la fourche ; LT : longueur totale, LS : longueur standard).

	Croissance	Taille maximale	Taille de maturité sexuelle	Paramètres de la relation taille-poids			
				a	b	Gamme de taille	Référence
<i>Scarus iserti</i>	n.r	25,4 cm Randall (1968)	Femelle : 9-10 cm (LS) Mâle : 11-13 cm (LS)	0,0166 0,0158 0,0146	3,020 3,052 3,055	8,5 - 19,5 cm (LF) 2 - 9 cm (LT) 2,4 - 9,6 (LT)	Claro et Garcia-Arteaga, 1994 Bouchon-Navaro <i>et al.</i> , 2006 Bonhsack et Harper, 1988
<i>S. taeniopterus</i>	n.r	30,5 cm Randall (1968)	Femelle : 17,5 cm (LF) Mâle : 29,1 cm (LF)	0,0176 0,0135 0,0177	2,999 3,000 3,000	n.r 18 - 28 cm (LT) 22 - 30 (LF)	Bouchon-Navaro, 1997 Bonhsack et Harper, 1988 Bonhsack et Harper, 1988
<i>S. vetula</i>	11 à 18 mm.mois <sup>-1</sup> Randall (1962)	50,8 cm Randall (1968)	Femelle : n.r Mâle : 21-24,5 cm (LS)	0,0251	2,921	n.r	cf <i>Sparisoma viride</i>
<i>Sparisoma atomarium</i>	n.r	10,5 cm Randall (1968)	Femelle : n.r Mâle : n.r	0,0119 0,0122	3,199 3,028	n.r 6,2 - 8,6 cm (LT)	Bouchon-Navaro, 1997 Bonhsack et Harper, 1988
<i>S. aurofrenatum</i>	n.r	25,4 cm Randall (1968)	Femelle : 14,6 cm (LF) Mâle : 15,1 cm (LF)	0,0301 0,0774 0,0206 0,0129 0,0047	2,818 2,336 3,000 3,110 3,429	n.r 18 - 33 cm (LF) 19 - 28 cm (LF) 14,5 - 22,5 cm (LF) 13 - 24 cm (LF)	Bouchon-Navaro, 1997 Bonhsack et Harper, 1988 Bonhsack et Harper, 1988 Reeson, 1983b Bonhsack et Harper, 1988
<i>S. chrysopterus</i>	8,7 à 20 mm.mois <sup>-1</sup> Randall (1962)	40,6 cm Randall (1968)	Femelle : 24,9 cm (LF) Mâle : n.r	0,0229 0,0154 0,0171 0,0199 0,0135 0,0099 0,0093	2,880 3,042 3,000 3,000 3,100 3,171 3,210	n.r 9 - 22,5 cm (LT) 22 - 42 cm (LF) 15 - 38 cm (LF) 7 - 31 cm (LF) 3 - 40 cm (LF) 16,5 - 27,5 cm (LF)	Bouchon-Navaro, 1997 Bouchon-Navaro <i>et al.</i> , 2006 Bonhsack et Harper, 1988 Bonhsack et Harper, 1988 Claro et Garcia-Arteaga, 1994 Bonhsack et Harper, 1988 Reeson, 1983b
<i>S. rubripinne</i>	8,1mm.mois <sup>-1</sup> Randall (1962)	44,2 cm Randall (1968)	Femelle : 16,1 cm (LF) Mâle : 27 cm (LF)	0,0474 0,0198 0,0194 0,0156	2,682 2,980 3,000 3,064	n.r 16 - 39 cm (LT) 10 - 34 cm (LT) 24 - 32 cm (LF)	Bouchon-Navaro, 1997 Magnusson et Magnusson, 1987 Magnusson et Magnusson, 1987 Bonhsack et Harper, 1988
<i>S. viride</i>	3,5 à 7,5 mm.mois <sup>-1</sup> Randall (1962)	50,8 cm Randall (1968)	Femelle : 16,3 cm (LS) Mâle : 16-20 cm (LS)	0,0251 0,0370 0,0099 0,0537	2,921 2,905 3,121 2,740	13 - 38 cm (LF) 19 - 42 cm (LF) 22 - 46 cm (LF) 13,5 - 31,5 cm (LF)	Bonhsack et Harper, 1988 Bonhsack et Harper, 1988 Bonhsack et Harper, 1988 Reeson, 1983b

La taille de première maturité sexuelle varie selon les espèces. Reeson (1983b) rapporte des tailles de maturité sexuelle pour certaines espèces. Elles sont de 14,6 cm (LF) pour des femelles de *S. aurofrenatum* et de 15,1 cm (LF) pour les mâles. Les tailles de maturité sexuelle des femelles de *S. chrysopterus* sont de 24,9 cm (LF), celles des mâles ne sont pas communiquées. Les tailles de maturité observées pour *S. rubripinne* sont de 16,1 cm (LF) pour les femelles et de 27,0 cm (LF) pour les mâles. La taille de maturité des femelles de *Scarus taeniopterus* est de 17,5 cm (LF) et des mâles de 29,1cm (LF). Winn et Bardach, (1960) ont également déterminé des tailles de première maturité sexuelle. Concernant *S. iserti*, la taille de maturité varie entre 9 et 10 cm (LS) pour les femelles et entre 11 et 13 cm (LS) pour les mâles. Les mâles de *S. vetula* sont matures entre 21 et 24,5 cm (LS), la taille de maturité des femelles de cette espèce n'est pas renseignée. Pour *Sparisoma viride*, les tailles de maturité sexuelle sont de 16,3 cm (LS) pour les femelles et de 16 à 20 cm pour les mâles.

## 2- Reproduction et développement

Les Scaridae sont hermaphrodites protogynes, c'est-à-dire qu'ils changent de sexe au cours de leur vie et que le sexe femelle est mûr d'abord. Certaines espèces de Scaridae (*Scarus vetula*, *S. iserti* et peut-être *S. taeniopterus*) sont qualifiées de « diandriques » c'est-à-dire qu'elles possèdent deux formes de mâles. Les individus peuvent naître mâle et le rester toute leur vie. Ils sont alors appelés « mâles primaires ». Les mâles peuvent également résulter d'une inversion sexuelle à partir d'un individu femelle et être qualifiés de « mâles secondaires ». Les autres espèces de Scaridae de la Caraïbe sont monoandriques c'est-à-dire qu'elles ne présentent que des mâles secondaires.

Les Scaridae ont des couleurs chatoyantes permettant de les reconnaître facilement. Leur livrée varie parfois en fonction de leur taille et de leur sexe. On parle de dichromatisme sexuel. Il est possible de distinguer trois phases de couleur bien distinctes : la phase juvénile, la phase initiale et la phase terminale. La phase initiale correspond aux individus qui sont subadultes, femelle ou mâle primaire (c'est-à-dire qui ne sont pas le résultat de l'inversion sexuelle). Les couleurs de la phase initiale sont généralement fades, dans les bruns et les gris (Figure III-3). Les individus en phase terminale sont des mâles qui sont soit des mâles primaires qui ont grandi soit des mâles secondaires, qui ont changé de sexe et de couleur. Les couleurs de la phase terminale sont chatoyantes avec une prédominance de vert et de bleu (Figure III-3) (Bellwood, 1994).



*Sparisoma viride* femelle



*Sparisoma viride* mâle

Figure III-3 : Exemple de changement de livrée chez les individus de l'espèce *Sparisoma viride*.

Chez les Scaridae, la fécondation est externe et se déroule principalement l'après-midi. Randall et Randall (1963) ont observé deux types de comportement lors de la reproduction. Le premier concerne des groupes de poissons qui seraient composés d'une dizaine d'individus

comportant seulement une femelle. Lors du frai, il y a une augmentation de l'activité d'un petit groupe d'individus. Celui-ci monte dans la colonne d'eau, puis les poissons qui le composent inclinent leur corps vers le haut, hésitent brièvement, montent en diagonale et relâchent leur laitance au pic de leur ascension. Presque tous les individus du groupe libèrent leurs œufs et le sperme au même moment avant de redescendre et de se disperser. L'expansion de la vessie natatoire lors de la montée dans la colonne d'eau permettrait de mieux expulser les gamètes. Ce modèle de reproduction permet d'augmenter les chances de fécondation. Le second comportement reproducteur observé par ces mêmes auteurs ne concerne qu'un mâle et une femelle. Le mâle se met en valeur en faisant vibrer la partie antérieure de son corps et sa queue au-dessus de la femelle. Le frai a lieu quand les deux individus se précipitent quelques mètres plus haut, relâchant les œufs et le sperme en tournant et redescendant plus bas. Ce mode de reproduction serait le mécanisme principal et l'agrégation des individus décrite précédemment serait un comportement secondaire adopté par les mâles avant leur changement de couleur.

La meilleure période de reproduction pour les Scaridae se situe entre les mois de janvier et de mai à l'exception de *Sparisoma aurofrenatum* et de *Scarus taeniopterus* qui se reproduisent tout au long de l'année (Reeson, 1983b). Randall et Randall (1963) suggèrent que cette période privilégiée de reproduction est liée à la température plus fraîche en cette saison.

D'après Reeson (1983b), les œufs de Scaridae sont pélagiques. Selon Bellwood et Choat (1989), l'installation des juvéniles s'effectue à une taille comprise entre 8 et 20 % de la taille de maturité sexuelle ou entre 2 et 10 % de la taille maximale des individus.

### 3- Régime alimentaire

Les Scaridae sont des herbivores stricts qui, selon Bakus (1967), passent 30 à 40 % de leur période active à manger. Ils broutent généralement le gazon algal poussant sur les coraux morts et se nourrissent quelquefois de corail vivant. On peut distinguer deux groupes parmi ces brouteurs, les « excavateurs » qui ont des mâchoires puissantes et excavent le substrat en laissant des traces distinctes (par exemple : *Sparisoma viride*) et les « racleurs » qui ont des mâchoires moins puissantes et laissent plus rarement des cicatrices sur le récif (par exemple les espèces du genre *Scarus*) (Bellwood et Choat, 1990). De nombreuses études ont rapporté que les Scaridae se nourrissent de coraux vivants (Hiatt et Strasburg, 1960 ; Frydl, 1979). Cependant les coraux vivants ne sont majoritaires que dans l'alimentation d'une seule espèce

de l'Indo-Pacifique, *Bolbometopon muricatum* (Bellwood, 1994). Pendant qu'ils se nourrissent, les Scaridae enlèvent une grande quantité de matière inorganique et constituent ainsi des agents bioérodeurs très importants. Kiene (1988) a estimé que les Scaridae pouvaient enlever jusqu'à  $9 \text{ kg.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$  de sédiment.

#### 4- Comportement

Les Scaridae sont des poissons diurnes. Ils commencent leur activité dès le lever du soleil (Colette et Talbot, 1972) et vont dormir sur le récif à la tombée du jour. La nuit, ces poissons peuvent être retrouvés dans une enveloppe de mucus qui les protège des carnivores nocturnes (Winn, 1955 ; Winn et Bardach, 1959 ; Stark et Davis, 1967 ; Colette et Talbot, 1972). Ils effectuent des migrations entre les lieux où ils se nourrissent et ceux où ils dorment. D'après Winn et Bardach (1960), les individus appartenant aux espèces du genre *Sparisoma* sont solitaires alors que pour les espèces du genre *Scarus*, les individus se retrouvent en petits groupes ou en bancs.

### III- LES BLENNIIDAE

#### A- Présentation générale

La famille des Blenniidae fait partie de la classe des Osteichthyens (poissons osseux) et de l'ordre des Perciformes. Il existe 53 genres et environ 345 espèces de Blenniidae (Nelson, 1994). Dans la Caraïbe, une dizaine d'espèces de Blenniidae a été recensée (Bohlke et Chaplin, 1968 ; Randall, 1968 ; Guitart, 1974 ; Robins et Ray, 1986). Randall (1968) précise que quatre espèces de blennies sont majoritaires dans la région :

- *Entomacrodus nigricans* Gill 1859 ;
- *Ophioblennius atlanticus* (Valenciennes 1836) ;
- *Parablennius marmoreus* (Poey 1876) ;
- *Scartella cristata* (Linnaeus 1758).

Ces espèces sont principalement herbivores.

*Ophioblennius atlanticus* (Figure III-4) est la seule espèce de blennie qui a été recensée lors de la présente étude. Elle est principalement retrouvée entre la surface et 3 m de profondeur bien que des individus aient été signalés plus bas. Les poissons vivent sur des rochers ou dans les récifs coralliens, souvent dans des zones battues et ne s'éloignent du

substrat que de quelques centimètres. Cette espèce est de couleur brun foncé et ses lèvres, ses nageoires pectorales et caudale sont de couleur rouge. Les blennies sont capables de changer de couleur et de devenir plus pâles.

## **B- Distribution géographique**

*Ophioblennius atlanticus* possède une large distribution dans l'océan Atlantique. On la trouve sur la côte ouest africaine du Sénégal jusqu'en Angola. Cette espèce a été recensée dans de nombreuses îles de l'Atlantique, aux Açores, à Madère, aux Canaries, à Ascension, Sainte-Hélène et au Cap-Vert (Bath, 1990 ; Oliveira *et al.*, 1992). Elle est rare dans le golfe du Mexique. On la retrouve dans l'Atlantique ouest, de la Caroline du Nord au Brésil, en passant par les Bermudes, la Floride, les Bahamas, et les Antilles (Smith, 1997).

## **C- Biologie**

### **1- Croissance et taille**

Le taux de croissance est élevé après la métamorphose (4 mm par mois) et diminue progressivement au cours de la vie du poisson (2,6 mm par mois à l'âge de 15 mois, 1 mm par mois à 35 mois) (Labelle et Nursall, 1992).

Les mâles et les femelles sont approximativement de même taille, mais la masse des femelles est plus élevée pour une taille donnée (Labelle et Nursall, 1992). À la Barbade, Labelle et Nursall ont observé des individus de 40 à 126 mm (LT), avec des femelles atteignant 107 mm et des mâles 126 mm. Randall (1967) trouve une taille maximale de 12,2 cm à Tobago.

Les coefficients d'allométrie utilisés dans la relation taille-poids étant inexistant pour *Ophioblennius atlanticus* dans la littérature, ceux d'une espèce de forme similaire ont été choisis. Il s'agit d'*Opistognathus aurifrons* dont les coefficients a et b sont respectivement 0,0106 et 3,1590 (Bouchon-Navaro, 1997).

### **2- Reproduction et développement**

Les comportements reproducteurs d'*Ophioblennius atlanticus* ont été décrits par Marraro et Nursall (1983). Chez cette espèce, les sexes sont séparés. Lors de la reproduction,

le mâle prépare et défend une anfractuosité rocheuse située dans son territoire et indique par son comportement qu'il est prêt pour le frai. Au même moment, les femelles quittent leur territoire, pendant une heure environ, à la recherche des mâles reproducteurs. Quand le mâle est prêt, il sort de sa crevasse, nageoires pectorales et anale dressées et s'approche de la femelle dont il picore la tête. Il retourne ensuite dans sa crevasse, suivi par la femelle qui déposera ses œufs dans le nid préparé par le mâle et retournera dans son territoire. Les œufs sont démersaux et adh rent au substrat (Breder et Rosen, 1966). Le mâle les féconde et s'en occupe pendant environ cinq jours jusqu'à l'éclosion des larves (Labelle et Nursall, 1985). Les larves sont benthiques et résident dans les anfractuosités du substrat qui deviendront le centre de leur futur territoire.

  la Barbade, le frai a été principalement observé lors des trois premières heures du jour dans la semaine entourant la pleine lune. Des cas de polygynie et de polyandrie ont été observés par les auteurs.

Les femelles atteignent leur taille de maturité sexuelle d s 61 mm et les mâles à partir de 56 mm (Labelle et Nursall, 1992).

### **3- Régime alimentaire**

*Ophioblennius atlanticus* est herbivore. D'après Randall (1967), son régime alimentaire est composé à 100 % de plantes. Ces blennies grattent le substrat pour se nourrir du gazon algal qui pousse à la surface des rochers ou des coraux. Selon Nursall (1981), ces poissons passent 8,5 % de leur temps à manger, surtout l'après midi. Ce temps passé à se nourrir est particulièrement court pour un herbivore (Nursall, 1981).

### **4- Comportement**

*Ophioblennius atlanticus* est diurne. Elle émerge de crevasses le matin à l'aube et retourne se cacher le soir au coucher du soleil (Collette et Talbot, 1972). Earle (1972) a observé cette espèce en activité du lever au coucher du soleil aux  les Vierges. D'après Nursall (1977), elle est très territoriale et les individus vivent sur des zones d'environ 0,5 m<sup>2</sup>. Ils ne quittent leur territoire qu'en de rares occasions (reproduction, prédation).

## IV- LES KYPHOSIDAE

### A- Présentation générale

Le nom latin des Kyphosidae vient du grec « kyphos » qui veut dire bosse. Ces poissons ont un corps moyennement haut, de forme ovale. Leur tête est courte et possède une petite bouche horizontale. Ils sont de couleur gris sombre.

La Famille des Kyphosidae est composée de cinq sous-familles (Nelson, 1994) : les Girellinae (2 genres ; 17 espèces), les Kyphosinae, (4 genres ; 11 espèces), les Scorpioninae (4 genres ; 7 espèces), les Microcanthinae (3 genres ; 6 espèces) et les Parascorpioninae (une espèce). Dans l'océan Atlantique, la famille des Kyphosidae est représentée par 2 espèces du genre *Kyphosus* :

- *Kyphosus sectatrix* (ou *sectator*) (Linnaeus, 1758) ;
- *Kyphosus incisor* (Cuvier 1831).

### B- Distribution géographique

*Kyphosus sectatrix* (Figure III-5) et *K. incisor* sont des espèces récifales. Elles sont localisées du Massachusetts au Brésil en passant par le golfe du Mexique, les Antilles et les côtes d'Amérique Centrale et du Sud. On les retrouve également dans l'Atlantique est, depuis le sud du Maroc jusqu'au Golfe de Guinée. *K. sectatrix* a été récemment signalée sur les côtes portugaises (Canas *et al.*, 2005) et en Méditerranée (Merella *et al.*, 1998).

### C- Biologie

#### 1- Croissance et taille

Les études concernant les Kyphosidae de l'Atlantique étant rares, aucune donnée concernant la croissance n'a pu être récoltée.

Les tailles maximales observées sont de 76,2 cm pour *Kyphosus sectatrix* et de 67,3 cm pour *K. incisor* (Randall, 1968).

Les coefficients a et b utilisés pour la relation taille-poids sont ceux de Bohnsack et Harper (1988) qui sont respectivement 0,0174 et 3,0801.

## **2- Reproduction et développement**

Aucune donnée concernant la reproduction des Kyphosidae n'a pu être recueillie.

Les œufs des Kyphosidae sont pélagiques (Leis, 1991).

## **3- Régime alimentaire**

Les *Kyphosus* sont des herbivores. On les observe souvent se nourrissant sur le fond, mais ils peuvent également monter à la surface pour se nourrir d'algues flottantes. Comme tous les herbivores, ils possèdent un tube digestif très long.

## **4- Comportement**

Les *Kyphosus* sont généralement observés en bancs, le plus fréquemment à faible profondeur dans les zones agitées.



© J. Chalifour

Figure III-4 : *Ophioblennius atlanticus*



© J. Chalifour

Figure III-5 : *Kyphosus* cf *sectatrix*



**CHAPITRE IV**  
**VARIATIONS TEMPORELLES DU**  
**PEUPELEMENT DE POISSONS**  
**HERBIVORES**





Les recherches présentées dans ce chapitre avaient pour but de déterminer si les peuplements de poissons herbivores étaient affectés par des variations temporelles cycliques ou restaient stables au cours d'une année. Ce travail devait permettre d'identifier les facteurs écologiques susceptibles d'avoir une influence sur ces peuplements, tels que la température de l'eau, les marées, les vents, la houle, etc. Cette étude a été menée sur le platier de la barrière récifale de l'îlet Fajou sur une période de 18 mois avec un pas d'échantillonnage mensuel.

## **I- VARIATIONS TEMPORELLES DU PEUPEMENT DE POISSONS HERBIVORES**

### **A- Richesse spécifique**

Au total, onze espèces de poissons herbivores ont été observées sur le platier de l'îlet Fajou. Elles appartiennent à quatre familles : les Scaridae (*Scarus iserti*, *S. taeniopterus*, *Sparisoma aurofrenatum*, *S. chrysopterus*, *S. rubripinne* et *S. viride*), les Acanthuridae (*Acanthurus bahianus*, *A. chirurgus* et *A. coeruleus*), les Kyphosidae (*Kyphosus* cf. *sectatrix*) et les Blenniidae (*Ophioblennius atlanticus*) (Tableau IV-1).

### **1- Catégories d'occurrence**

Les relevés mensuels effectués ont permis de calculer le taux d'occurrence d'une espèce, c'est-à-dire le nombre de relevés où cette espèce a été observée par rapport au nombre total de relevés réalisés. À partir de ces taux d'occurrence, les poissons herbivores ont été classés en plusieurs catégories selon Bouchon-Navaro *et al.* (1992) :

- les espèces dites « résidentes » dont le taux d'occurrence est supérieur à 75 % ;
- les espèces appelées « temporaires » qui ont un taux d'occurrence compris entre 25 et 75 % ;
- les espèces qualifiées d' « occasionnelles » et dont le taux d'occurrence varie entre 5 et 25 % ;
- les espèces « rares » qui sont présentes dans moins de 5 % des relevés.

Les espèces résidentes sont représentées par 6 espèces appartenant à deux familles. La première est celle des Scaridae représentée par *Scarus iserti*, *Sparisoma chrysopterus* et *S.*

*viride*. La deuxième famille est celle des Acanthuridae avec *Acanthurus bahianus*, *A. chirurgus* et *A. coeruleus*. Ces espèces sont présentes dans 100 % des relevés à l'exception d'*A. chirurgus* dont le taux d'occurrence est de 83 % (Tableau IV-1).

Les espèces temporaires sont composées uniquement par des représentants de la famille des Scaridae comme *Scarus taeniopterus* (56 % d'occurrence), *Sparisoma aurofrenatum* (67 % d'occurrence) et *S. rubripinne* (61 % d'occurrence).

Les espèces occasionnelles forment un groupe de deux familles : celle des Kyphosidae représentée par le genre *Kyphosus* cf. *sectatrix*, présent dans 11 % des comptages et celle des Blennidae avec *Ophioblennius atlanticus* qui apparaît également dans 11 % des relevés (Tableau IV-1).

Aucune espèce rare n'a été observée, cependant deux espèces de Scaridae, présentes sur d'autres sites étudiés en Guadeloupe (cf. Chapitre V), n'ont jamais été observées au cours de l'étude temporelle sur le platier récifal de l'îlet Fajou. Il s'agit de *Scarus vetula* et de *Sparisoma atomarium*.

Tableau IV-1 : Importance relative des espèces herbivores en occurrence, en effectifs et en biomasse ( $\epsilon$ =valeur négligeable).

Famille	Espèce	Occurrence (%)	Effectifs (%)	Biomasses (%)
Kyphosidae	<i>Kyphosus</i> cf. <i>sectatrix</i>	11,1	0,1	0,6
	Scaridae			
	<i>Scarus iserti</i>	100,0	29,5	18,8
	<i>Scarus taeniopterus</i>	55,6	2,1	0,6
	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	66,7	0,6	0,8
	<i>Sparisoma chrysopteron</i>	100,0	1,1	2,0
	<i>Sparisoma rubripinne</i>	61,1	0,6	1,0
	<i>Sparisoma viride</i>	100,0	3,5	5,8
Blennidae	<i>Ophioblennius atlanticus</i>	11,1	0,1	$\epsilon$
Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i>	100,0	32,5	25,6
	<i>Acanthurus chirurgus</i>	83,3	13,3	18,5
	<i>Acanthurus coeruleus</i>	100,0	16,7	26,3

Le tableau IV-2 donne les pourcentages de la richesse spécifique, des effectifs et de la biomasse pour chaque catégorie d'occurrence. Ce sont les espèces résidentes qui représentent la majorité de la richesse spécifique (54,5 %), des effectifs (96,5 %) et de la biomasse (97 %). Les espèces temporaires et occasionnelles représentent un pourcentage moyen de la richesse spécifique (respectivement 27,3 et 18,2 %) alors qu'elles ne constituent qu'une part infime des effectifs et de la biomasse.

Tableau IV-2 : Importance des catégories d'occurrence (O) en richesse spécifique (Rs), en effectifs (N) et en biomasse (B).

Catégorie	Rs	% Rs	% N	% B
O>75%	6	54,55	96,54	96,99
25%<O<75%	3	27,27	3,31	2,44
5%<O<25%	2	18,18	0,15	0,57
O<5%	0	0	0	0

## 2- Variations de la richesse spécifique des poissons herbivores

La richesse spécifique des poissons herbivores a varié entre 6 et 10 espèces avec une moyenne de  $7,9 \pm 0,5$  espèces recensées. La richesse spécifique maximale a été observée en octobre 2004 et le nombre minimal d'espèces en avril 2004 ainsi qu'en janvier et février 2005 (Figure IV-1).

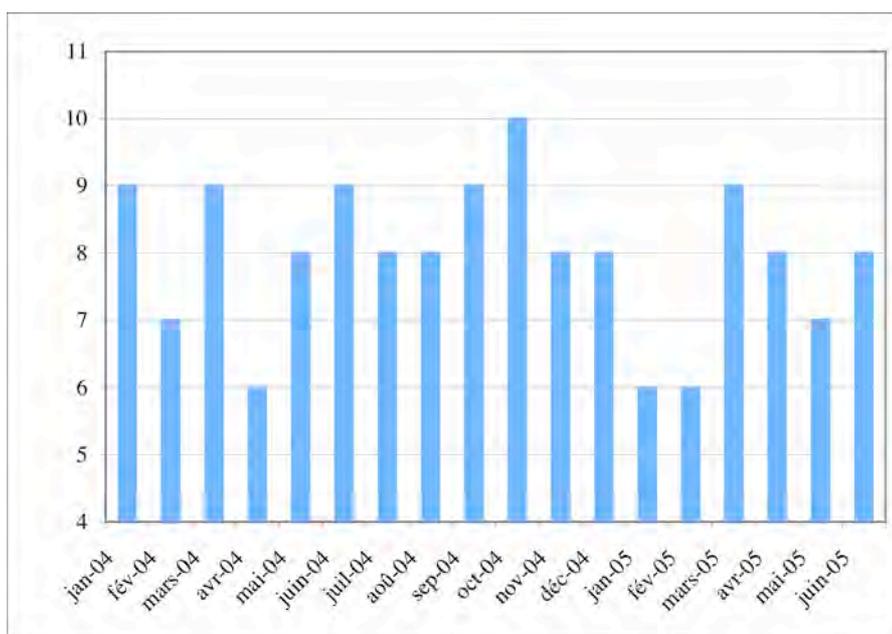


Figure IV-1 : Variations de la richesse spécifique des poissons herbivores du platier de l'Îlet Fajou

### B- Effectifs

Les espèces les mieux représentées en effectifs sont *Acanthurus bahianus* (32,5 %), *Scarus iserti* (29,5 %), *A. coeruleus* (16,7 %), et *A. chirurgus* (13,3 %) (Figure IV-2). Ces

quatre espèces représentent 92 % des effectifs et appartiennent toutes à la catégorie des espèces résidentes qui constituent 96,5 % des effectifs de poissons herbivores (Tableau IV-2).

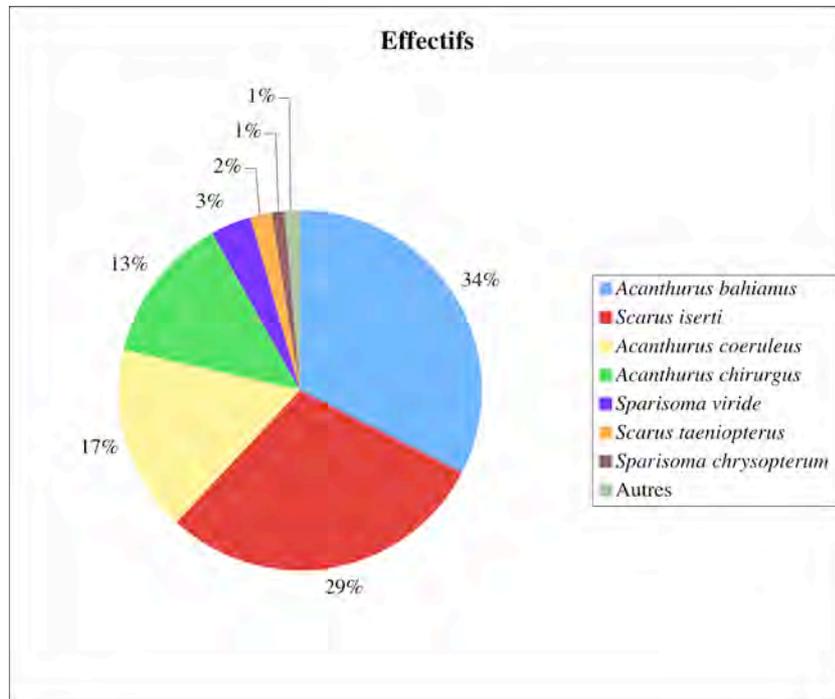


Figure IV-2 : Répartition en effectifs des poissons herbivores du platier de Fajou.

### 1- Variations des effectifs de poissons herbivores du platier de Fajou

Le nombre total de poissons herbivores recensés sur le transect a varié entre 26,7 ind.100 m<sup>-2</sup> en janvier 2005 et 266,0 ind.100 m<sup>-2</sup> en janvier 2004 (Figure IV-3) avec une moyenne de  $119,9 \pm 31,8$  ind.100 m<sup>-2</sup>.

L'indice de Shannon a varié entre 1,63 bits.ind<sup>-1</sup> (février 2004) et 2,41 bits.ind<sup>-1</sup> (juillet 2004) (Annexe IV-1) avec une moyenne de  $2,05 \pm 0,1$  bits.ind<sup>-1</sup>. L'indice de régularité de Pielou donne une équitabilité variant entre 0,58 (février et décembre 2004) et 0,80 (juillet 2004) avec une moyenne de  $0,69 \pm 0,03$  (Annexe IV-1).

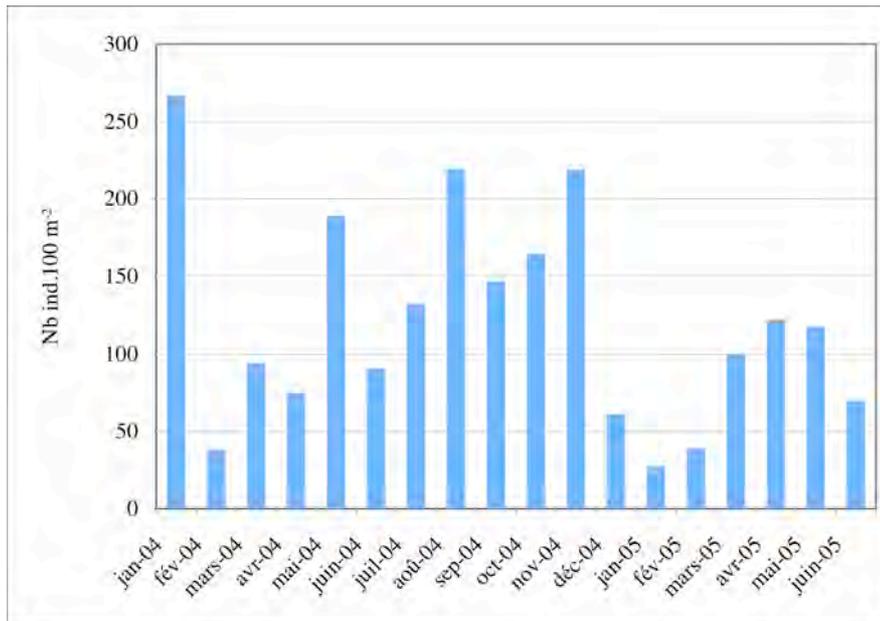


Figure IV-3: Variations temporelles des effectifs de l'ensemble des poissons herbivores du platier de l'îlet Fajou.

Les variations temporelles des effectifs des différentes espèces de poissons herbivores du platier récifal sont données sur la Figure IV-4 pour les espèces de Scaridae et sur la Figure IV-5 pour les espèces d'Acanthuridae.

Ces graphiques montrent que, quelle que soit l'espèce considérée, les effectifs fluctuent de manière importante au cours de l'année.

Pour les Scaridae, *Scarus iserti* est l'espèce dominante et présente des maxima de densités en mai et en novembre. Les autres espèces n'apparaissent qu'en plus faibles densités. Il faut tout de même noter que *Sparisoma viride* est présente tout au long de l'année avec des densités relativement stables.

Les effectifs d'Acanthuridae varient de façon importante selon le moment de l'année, en fonction du passage aléatoire de bancs composés d'un grand nombre d'individus.

## 2- Variations des effectifs de juvéniles de poissons herbivores

La distribution des juvéniles de poissons herbivores pendant les 18 mois d'étude a également été étudiée. Le graphique de la Figure IV-6 représente ces variations pour l'ensemble des poissons herbivores et les graphiques de la Figure IV-7 ces mêmes variations pour quatre espèces de poissons herbivores du platier dont les juvéniles étaient bien représentés.

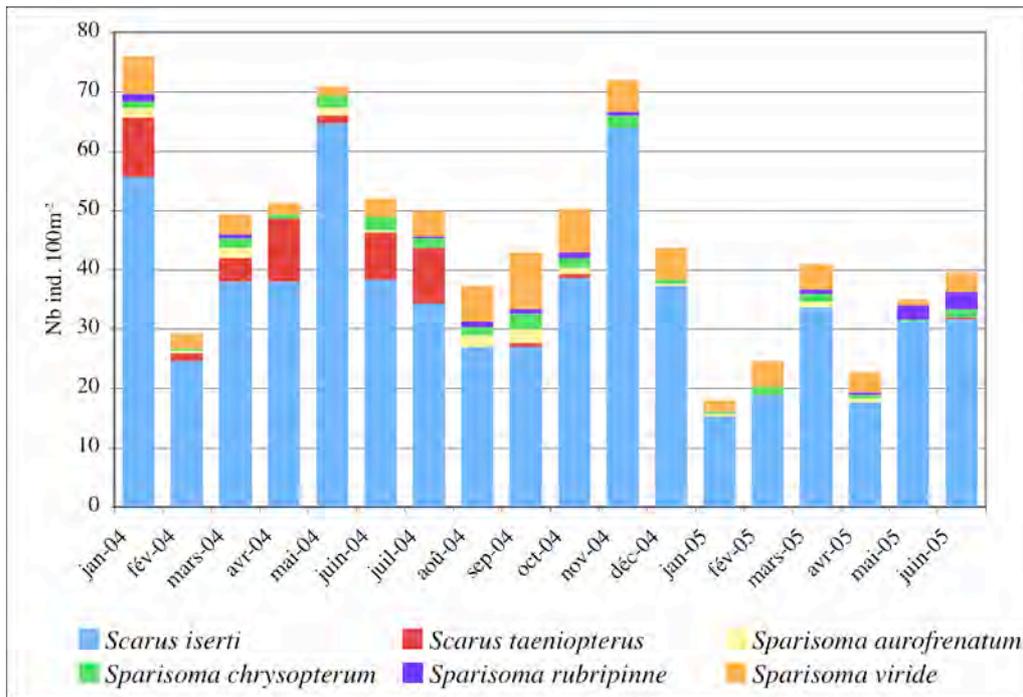


Figure IV-4: Variations des effectifs de Scaridae présentes du platier de l'îlet Fajou

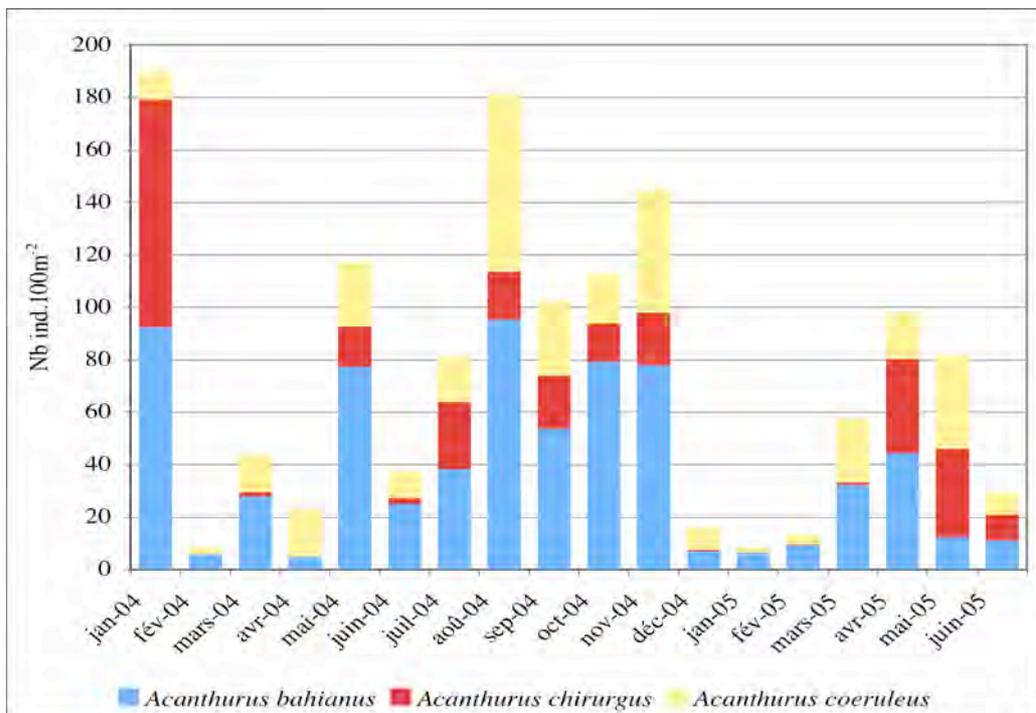


Figure IV-5: Variations des effectifs d'Acanthuridae du platier de l'îlet Fajou.

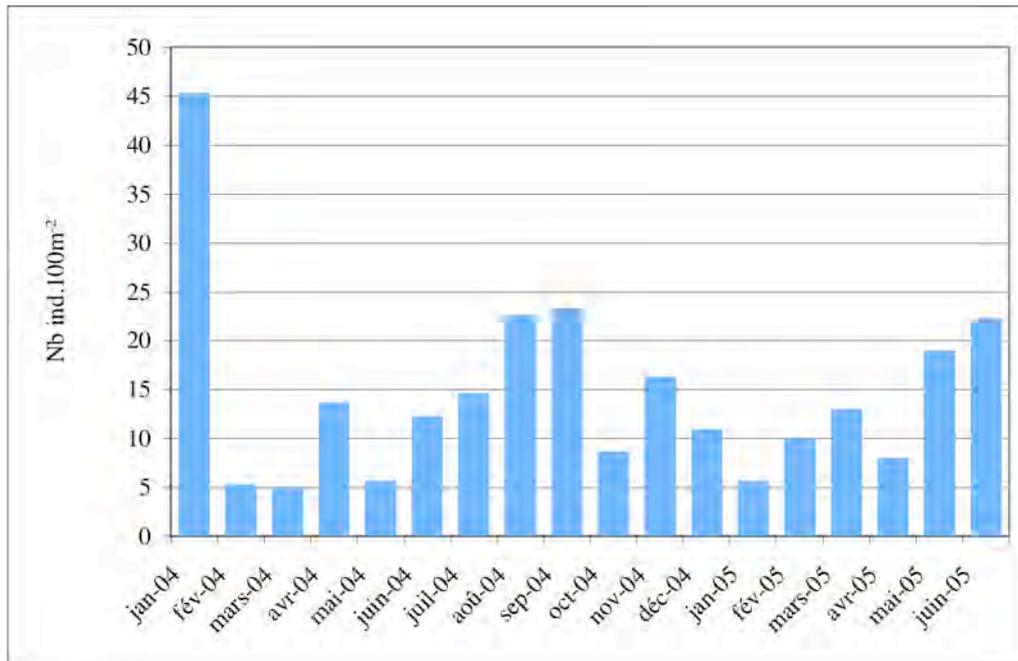


Figure IV-6: Variations des effectifs de juvéniles de l'ensemble des poissons herbivores du platier de l'îlet Fajou.

Ces graphiques montrent que les effectifs de juvéniles de poissons herbivores semblent s'accroître durant les mois d'avril à septembre. Ce phénomène est plus marqué chez les juvéniles de *Scarus iserti* et de *Sparisoma viride* que pour les deux espèces d'Acanthuridae représentées.

### C- Biomasses

Les espèces les mieux représentées en biomasses sont *Acanthurus coeruleus* (26,33 %), *A. bahianus* (25,58 %), *Scarus iserti* (18,85 %), *A. chirurgus* (18,51 %), et *Sparisoma viride* (5,76 %) (Figure IV-8). Ces cinq espèces représentent 95,03 % de la biomasse totale de poissons herbivores et appartiennent à la catégorie des espèces résidentes.

La biomasse totale a varié entre 587 g.100 m<sup>-2</sup> en février 2004 et 22745 g.100 m<sup>-2</sup> en novembre 2004 (Figure IV-9) avec une moyenne de 6921 ± 2930 g.100 m<sup>-2</sup>.

Les indices de diversité ont varié de la façon suivante : l'indice de Shannon était minimal en avril 2004 (1,27 bits.ind<sup>-1</sup>) et maximal en juin 2005 (2,58 bits.ind<sup>-1</sup>) avec une moyenne de 2,07 ± 0,17 bits.ind<sup>-1</sup>. L'indice de régularité de Pielou donne une équitabilité variant entre 0,49 et 0,86 pour les mêmes périodes avec une moyenne de 0,69 ± 0,05 (Annexe IV-1).

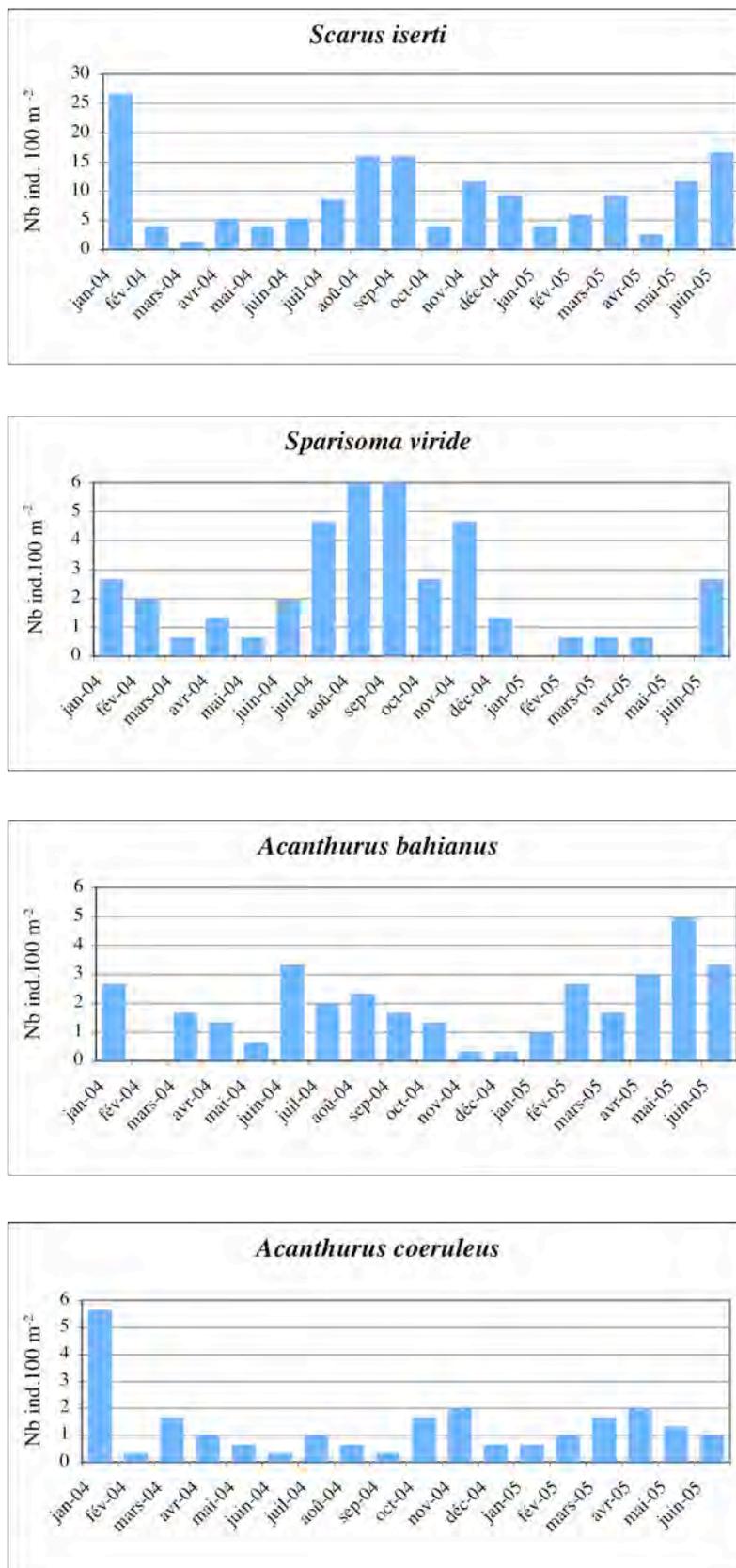


Figure IV-7: Variations des effectifs de juvéniles des quatre espèces dominantes de poissons herbivores du platier de l'îlet Fajou.

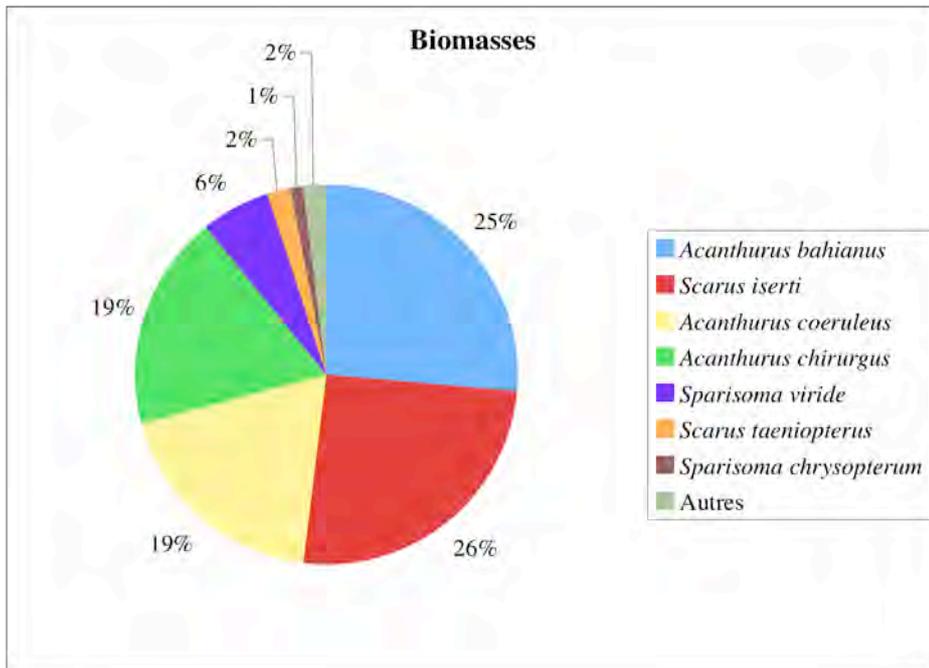


Figure IV-8 : Répartition en biomasse des poissons herbivores du platier de Fajou.

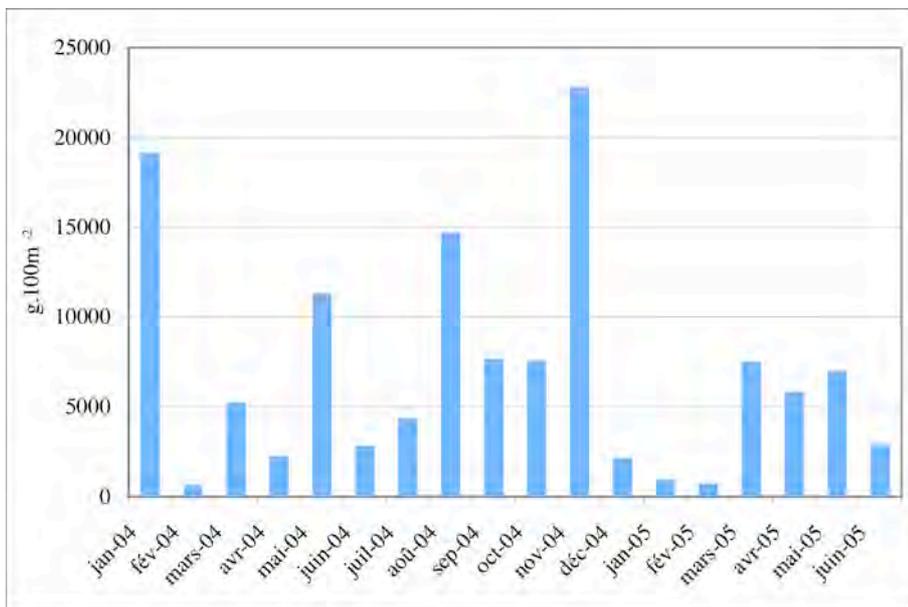


Figure IV-9: Variations de la biomasse de l'ensemble des poissons herbivores du platier de l'îlet Fajou .

Les Figures IV-10 et IV-11 représentent les variations de biomasse par espèce (respectivement Scaridae et Acanthuridae) sur le platier récifal pendant la période d'étude.

Comme pour les effectifs de poissons herbivores, ces graphiques montrent que, quelle que soit l'espèce prise en compte, les biomasses connaissent de fortes fluctuations au cours de l'année.

Pour les Scaridae, l'espèce dominante en biomasse est le plus souvent *Scarus iserti*. Sa dominance est cependant moins nette qu'en effectifs puisque la figure montre qu'à certains moments de l'année, d'autres espèces dominent le peuplement de Scaridae. C'est le cas au mois d'août et de septembre où la biomasse représentée par *Sparisoma viride* ou *Sparisoma chrysopterum* est plus importante que celle de *Scarus iserti*.

Comme pour les effectifs, le passage de bancs sur le transect provoque d'importantes variations de la biomasse des Acanthuridae.

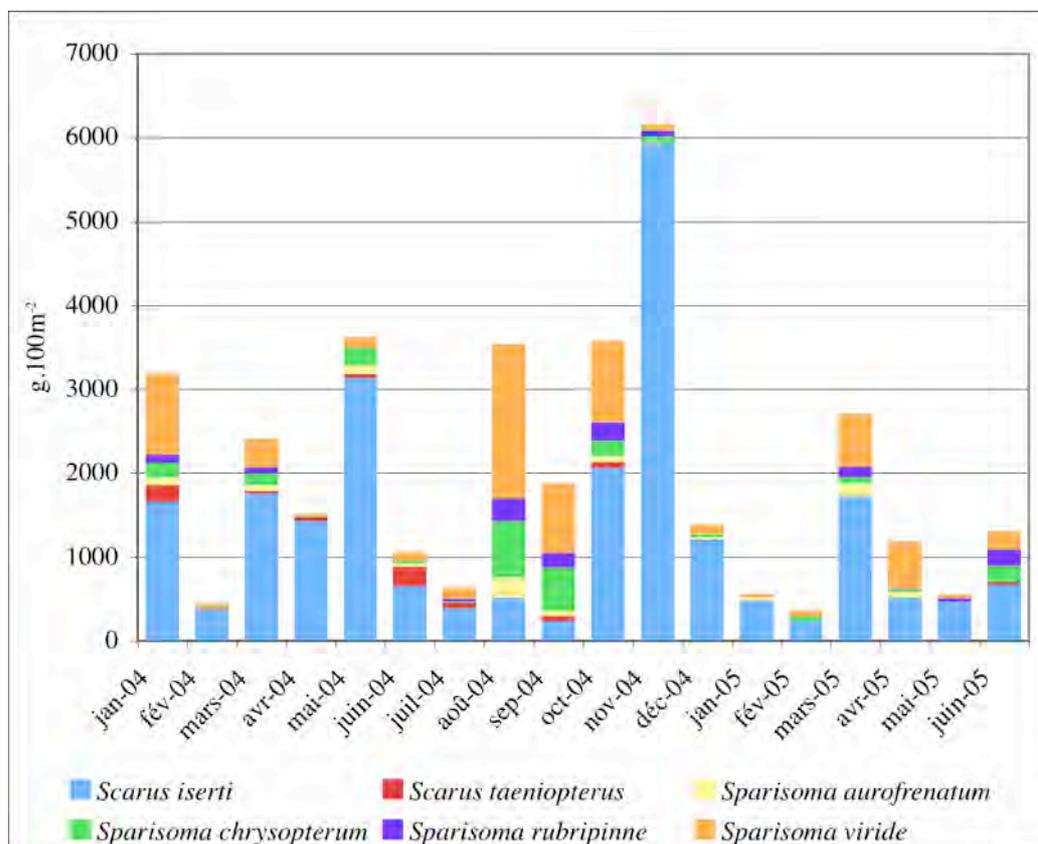


Figure IV-10 : Variations des biomasses des différentes espèces de Scaridae du platier de Fajou.

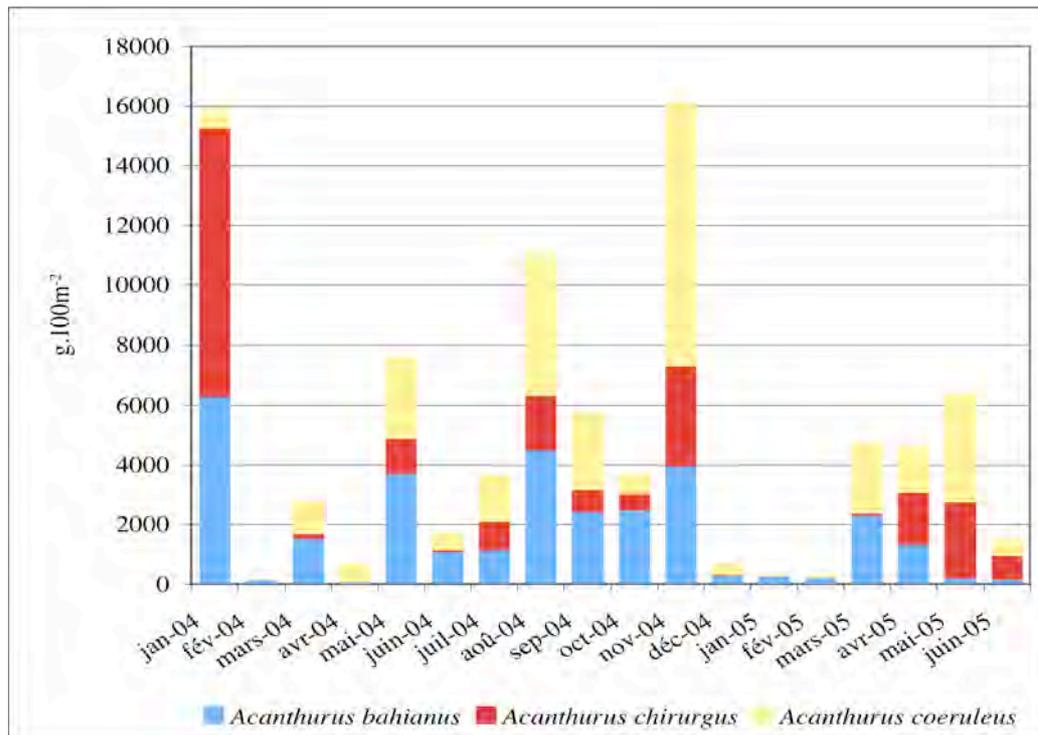


Figure IV- 11 : Variations de la biomasse des trois espèces d'Acanthuridae du platier de Fajou.

## II- RECHERCHE DE TENDANCES ET DE VARIATIONS PÉRIODIQUES CHEZ LES POISSONS HERBIVORES

La recherche de l'existence de variations cycliques a été réalisée pour la totalité des herbivores, ainsi qu'à partir des données séparées concernant les familles (Scaridae, Acanthuridae) et enfin à partir de celles concernant les populations de juvéniles. Les données utilisées ont été récoltées une fois par mois pendant 18 mois et concernent les effectifs et les biomasses.

### A- Recherche de tendance

Afin de tester si les données recueillies présentaient des tendances croissantes ou décroissantes sur la période étudiée, des coefficients de corrélation de rangs de Spearman ont été calculés entre les données d'abondance et le vecteur temps. Les résultats de ces tests figurent dans le Tableau IV-3.

Tableau IV-3 : Résultats de la recherche de tendance.

	Corrélation de rangs de Spearman	p
Effectifs herbivores	0,330	0,173
Biomasses herbivores	-0,187	0,441
Effectifs Scaridae	-0,560	<b>0,021</b>
Biomasses Scaridae	-0,251	0,301
Effectifs Acanthuridae	-0,137	0,572
Biomasses Acanthuridae	-0,028	0,909
Effectifs totaux juvéniles	0,127	0,612
Effectifs juvéniles Scaridae	0,026	0,918
Effectifs juvéniles Acanthuridae	0,302	0,220

Seuls les effectifs de Scaridae présentaient une tendance décroissante statistiquement significative. De façon générale, ces résultats attestent que les peuplements sont relativement stables sur la période étudiée. La recherche de tendance effectuée sur chaque espèce prise séparément n'a donné aucun résultat significatif.

## **B- Recherche de variations cycliques**

### **1- Ensemble du peuplement**

Afin de rechercher l'existence de phénomènes cycliques dans le peuplement de poissons herbivores, des autocorrélogrammes ont été réalisés à partir des données d'effectifs et de biomasses totaux pour l'ensemble des herbivores, puis pour les Scaridae et les Acanthuridae pris séparément (Annexe IV-2). Les analyses ont été effectuées à partir des données brutes, sauf pour celles concernant les effectifs de Scaridae qui ont subi au préalable l'extraction nécessaire de la tendance mise en évidence.

L'examen des graphiques de l'Annexe IV-2 suggère l'existence de variations cycliques d'ordre saisonnier dans le peuplement de poissons herbivores, bien qu'aucune d'entre elles ne soient statistiquement significatives.

### **2- Peuplement de juvéniles**

Les variations cycliques ont également été recherchées au sein du peuplement des juvéniles de poissons herbivores à l'aide d'autocorrélogrammes. Ces derniers figurent en Annexe IV-3. Les graphiques semblent indiquer, bien qu'aucune variation ne soit

statistiquement significative, qu'il existerait également une cyclicité de l'ordre de 6 mois pour les effectifs de juvéniles de poissons herbivores.

De même, l'examen des graphiques concernant les juvéniles des espèces dominantes laisse à penser que des phénomènes saisonniers existent pour *Scarus iserti* et *Sparisoma viride* (périodicité de 6 mois) et *Acanthurus bahianus* (4 mois). Les autocorrélogrammes concernant ces espèces figurent en Annexe IV-4.

### **III- RECHERCHE DES FACTEURS DE L'ENVIRONNEMENT QUI INFLUENCENT LES VARIATIONS TEMPORELLES DE LA GUILDE DES POISSONS HERBIVORES**

#### **A- Variations temporelles des descripteurs de l'environnement**

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée pour mettre en évidence les variations des facteurs de l'environnement mesurés sur la période étudiée. Cette analyse a porté sur des variables quantitatives abiotiques : la température de l'eau (Tc), la force de la houle pondérée par sa direction en fonction de son impact sur le Grand Cul-de-Sac Marin (Houle), la transparence de l'eau mesurée à l'aide d'un disque de Secchi (Sec), la hauteur de la marée (Mar), le rayonnement solaire global (Rg), la nébulosité (Neb), les précipitations (Prec), la force du vent (Fv), la productivité algale (Pa), les quantités de nitrates (Ni), et de phosphates (Pho) dissous dans l'eau, le taux de matière en suspension (MES) ainsi que sur des variables biotiques : le recouvrement des fonds en gazon algal (RcT) et en macroalgues (RcMa).

Cette analyse a été réalisée sur 13 mois, car les données concernant les nitrates, les phosphates, les matières en suspension et la productivité algale journalière n'étaient disponibles que sur cette période.

Les périodes d'échantillonnage ont été projetées sur le graphique de la Figure IV-12A. Le premier axe représente 24 % de la variance expliquée et le deuxième axe 17 %. Un test selon le modèle du « bâton brisé » effectué sur les valeurs propres a montré que les deux premiers axes étaient statistiquement significatifs. Les liaisons entre les mois qui se suivent ont également été représentées sur le graphique afin de voir s'il existe une saisonnalité dans les variables étudiées. L'observation de la trajectoire des liens entre les mois montre l'existence

d'un phénomène cyclique saisonnier avec les mois chauds sur la partie négative de l'axe 1 et les mois froids sur la partie positive.

La projection des variables environnementales dans le premier plan de l'ACP fait l'objet du graphique de la Figure IV-12B.

Sur l'axe 1, il existe une opposition entre d'un côté la nébulosité, les précipitations, la température et de l'autre, la transparence de l'eau. Cet axe pourrait donc être un axe saisonnier. Il oppose les périodes de fortes précipitations, de nébulosité et de température de l'eau élevées qui correspondent à l'hivernage, aux périodes où l'eau de mer est plus transparente, c'est-à-dire pendant le carême. En effet, pendant la saison sèche, les précipitations sont moindres et, par conséquent, il y a moins d'apports d'eau d'origine terrigène et donc l'eau est plus transparente.

L'examen de ce graphique montre également que le recouvrement en macroalgues et le recouvrement en gazon algal présentent des corrélations inverses. Le fort recouvrement en macroalgues, les nitrates et les matières en suspension sont associés à la période d'hivernage. Pendant la saison des pluies, les afflux d'eau de rivière qui favorisent des apports de sels nutritifs et de matières en suspension dans le lagon, pourraient jouer un rôle important dans le développement des macroalgues sur le récif.

Enfin, l'examen du graphe montre que le vecteur concernant la productivité du gazon algal est orienté perpendiculairement au premier axe, ce qui indique que ce facteur est indépendant de la saison.

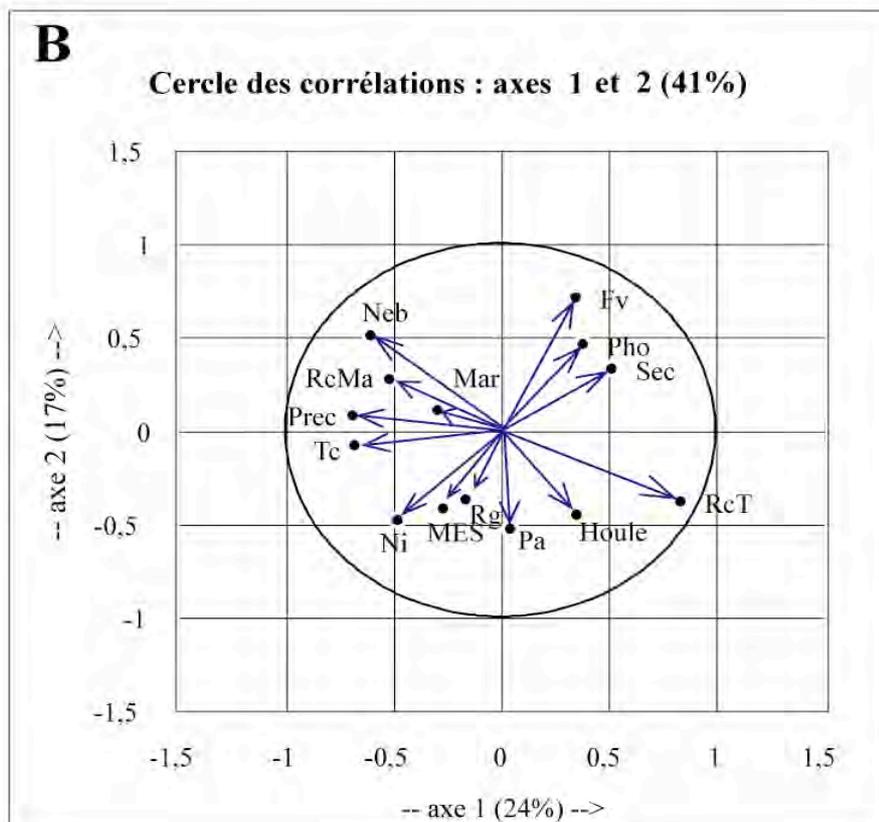
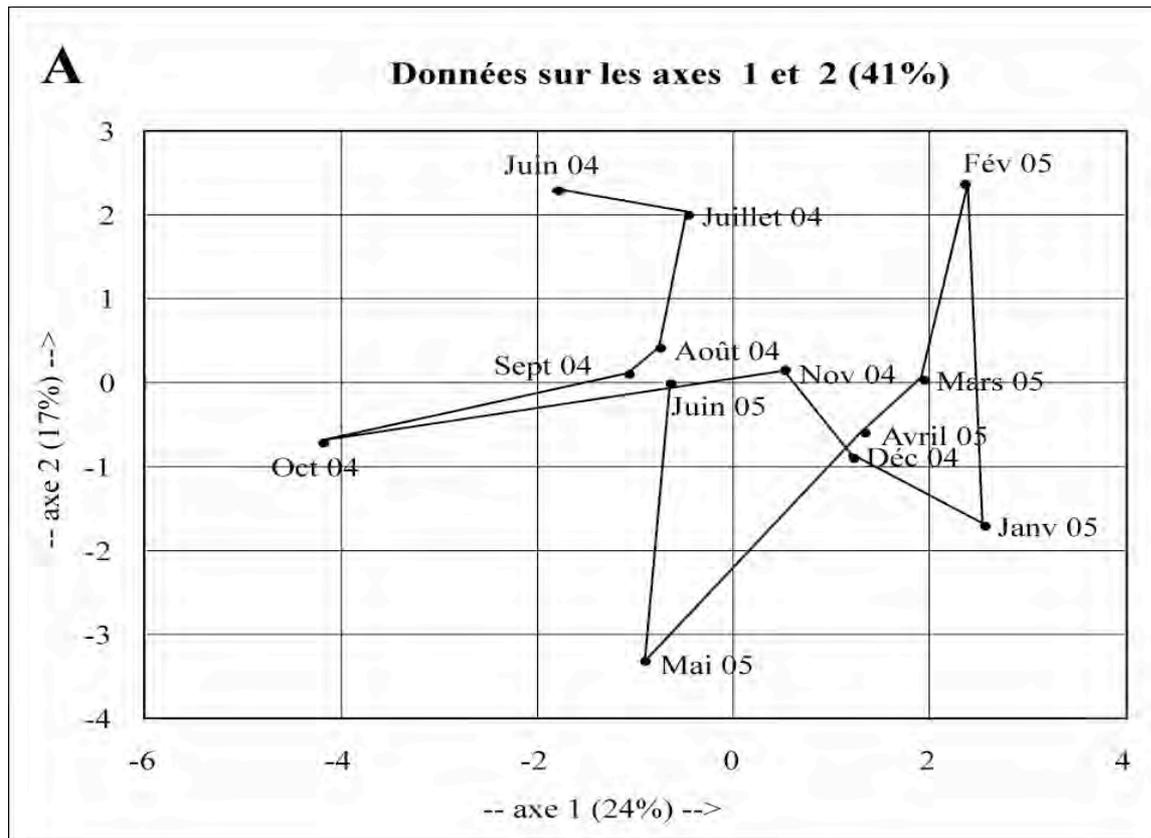


Figure IV-12 : Résultats de l'analyse en composante principale. A : projection des périodes d'échantillonnage dans le premier plan factoriel ; B : projection des variables environnementales dans le même plan factoriel (la liste des abréviations étant détaillée au paragraphe III-A).

## **B- Recherche de l'influence des variables mesurées sur l'ichtyofaune d'herbivores**

La recherche des facteurs ayant une influence sur les variations temporelles du peuplement de poissons herbivores a été effectuée à l'aide d'analyses des redondances (RDA).

Les facteurs de l'environnement ayant servi à ces analyses se divisent en deux types de variables. Neuf variables quantitatives ont été prises en considération : la marée (Mar), la transparence de l'eau (Sec), la nébulosité (Neb), les précipitations (Prec), la température de l'eau (Tc), le rayonnement global journalier (Rg), la houle (Houl), la force du vent (Fv) et le recouvrement des fonds par du gazon algal (RcT). Trois variables qualitatives ont également été prises en compte. Il s'agit de la direction du vent, codée : Nord-Est (DvNE), Est (DvE) et Sud-Est (DvSE). La matrice des facteurs de l'environnement sera commune aux différentes analyses concernant la variabilité temporelle du peuplement de poissons herbivores sur le platier (Annexe IV-5).

### **1- Analyse portant sur les descripteurs synthétiques**

Une première RDA a été réalisée sur l'ensemble des descripteurs synthétiques de la guildes des poissons herbivores, c'est-à-dire la richesse spécifique en herbivore (Rs), les effectifs (Eff), la biomasse (Biom), la proportion d'herbivores dans le peuplement ichtyologique total en effectifs (PropHE) et en biomasse (PropHB), les indices de diversité et d'équitabilité calculés à partir des données en effectifs (H'Eff et E'Eff) et en biomasse (H'Biom et H'Biom). La matrice de ces descripteurs synthétiques figure en Annexe IV-6.

Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau IV-4 et sur la Figure IV-13. Sur cette figure, les descripteurs synthétiques sont projetés en même temps que les variables environnementales qui sont apparues statistiquement significatives au cours de l'analyse. Les variables quantitatives sont représentées par des flèches et les variables qualitatives sont représentées par la projection de leur centroïde.

Les deux premiers axes factoriels expliquent 94,3 % de l'analyse canonique, avec 73,7 % pour le premier axe et 20,6 % pour le deuxième. Ces mêmes axes expliquent 51,3 % de la variance de la structure du tableau de données avec 40,1 % pour le premier axe et 11,2 % pour le deuxième axe. Le pourcentage total de variance expliquée par les facteurs de

l'environnement considérés est de 54,4 %. Le test global de signification de l'analyse, ainsi que celui sur la signification du premier axe sont statistiquement significatifs ( $p \leq 0,001$ ).

Le tableau IV-4 présente les coefficients de corrélation entre les axes 1 et 2 et les variables de l'environnement et les coefficients canoniques de ces deux premiers axes. Ce tableau montre que sur les 12 variables de l'environnement introduites dans l'analyse, seules trois ont une influence statistiquement significative sur la structure du tableau de données. Il s'agit de la houle ( $p < 0,01$ ), de la direction du vent d'est ( $p < 0,01$ ) et de la marée ( $p < 0,05$ ). L'examen des coefficients de corrélation et des coefficients canoniques montre que le premier axe de l'analyse est expliqué par la variable « houle » ( $r = 0,85$ ) et que le deuxième axe est expliqué par la variable « vent d'est » ( $r = 0,98$ ).

Tableau IV-4 : Résultats de l'analyse des redondances effectuée à partir des descripteurs synthétiques : coefficients de corrélation, coefficients canoniques et résultats des tests par permutation effectués lors de l'introduction pas à pas des variables explicatives dans la RDA.

Variables explicatives	Coefficients de corrélation		Coefficients canoniques		Tests par permutation
	Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2	
Marée	-0,19	-0,39	-0,17	-0,28	p<0,05
Houle	0,85	-0,44	0,77	-0,32	p<0,01
Direction du vent E	0,09	0,98	0,08	0,72	p<0,01
Secchi	—	—	—	—	N.S
Nébulosité	—	—	—	—	N.S
Précipitations	—	—	—	—	N.S
Température	—	—	—	—	N.S
Rayonnement global	—	—	—	—	N.S
Force du vent	—	—	—	—	N.S
Direction du vent NE	—	—	—	—	N.S
Direction du vent SE	—	—	—	—	N.S
Recouvrement en gazon algal	—	—	—	—	N.S

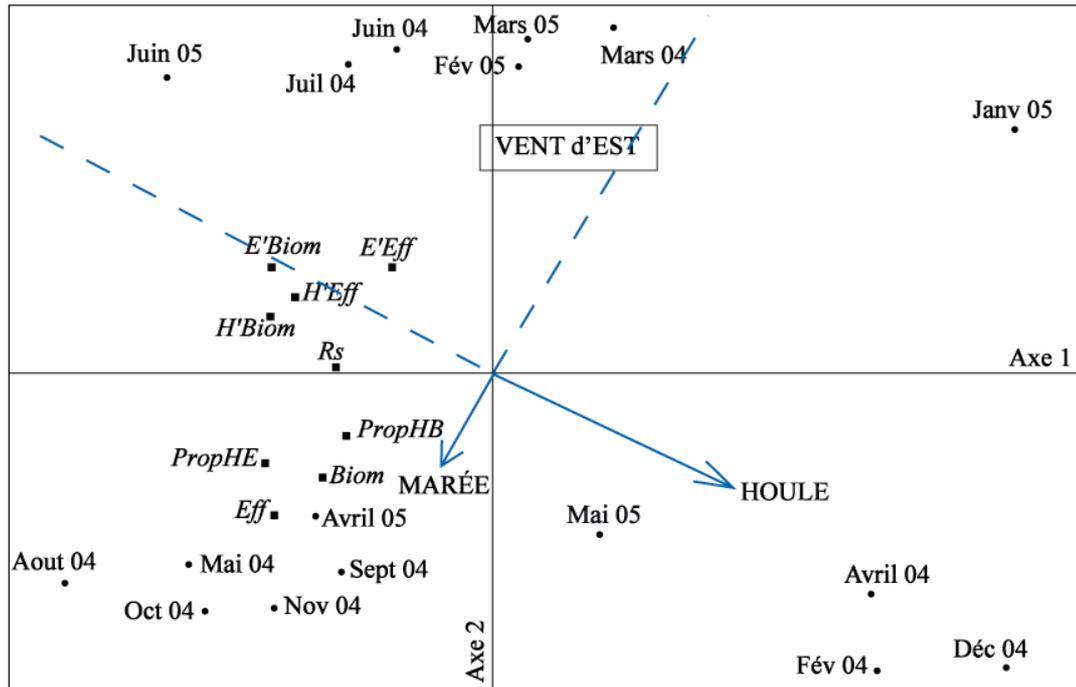


Figure IV-13 : Résultats de l'analyse des redondances sur la matrice des descripteurs synthétiques.

L'examen de la Figure IV-13 permet d'approfondir ces résultats. La marée joue un rôle dans le peuplement de poissons herbivores. Ainsi à marée haute, les effectifs et la biomasse de poissons herbivores sont plus importants qu'à marée basse. Les poissons herbivores auraient donc tendance à quitter le platier récifal quand la hauteur d'eau est faible pour y retourner avec la marée montante.

Ce graphique montre aussi que la houle est un facteur déterminant pour le peuplement de poissons herbivores. Les indices de diversité et d'équitabilité sont situés à l'opposé de la flèche représentant le vecteur de la houle. La richesse spécifique est plus importante sur le platier quand il n'y a pas de houle et la répartition des espèces est meilleure en mode hydrodynamique calme. Ainsi lorsque la houle est forte, il y a peu de poissons sur le platier qu'ils semblent quitter quand la mer est agitée.

Les vents, lorsqu'ils soufflent de l'est, semblent avoir le même effet que la houle sur les poissons herbivores, en les incitant à fuir le platier. Ce phénomène peut être lié au clapot important généré sur le platier par ces alizés.

La projection des périodes d'échantillonnage dans le plan factoriel montre que l'axe 1 sépare les mois de carême (du côté droit) des mois d'hivernage (à gauche). Cela est confirmé par l'association du vecteur de la houle avec le premier axe. En effet, l'augmentation de la

houle, phénomène dû au renforcement des alizés, est plus importante pendant le carême que pendant l'hivernage.

## 2- Analyse portant sur les données de présence-absence

Une deuxième RDA a été réalisée à partir des données de présence-absence des espèces d'herbivores. La matrice utilisée est formée de 11 lignes d'espèces et de 18 colonnes correspondant aux 18 mois de récolte des données (Annexe IV-7). La matrice des variables explicatives est la même que pour l'analyse précédente. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau IV-5 et sur la Figure IV-4. Sur cette figure, les espèces sont projetées en même temps que les variables qui sont apparues comme étant significatives au cours de l'analyse. Les variables quantitatives sont représentées par des flèches et les variables qualitatives sont représentées par la projection de leur centroïde.

Les deux premiers axes factoriels expliquent 100 % de l'analyse canonique, avec 64,3 % pour le premier axe et 35,7 % pour le deuxième. Ces mêmes axes expliquent 29,8 % de la variance de la structure du tableau de données avec 19,2 % pour le premier axe et 10,6 % pour le second. Le pourcentage total de variance expliquée par les facteurs de l'environnement considérés est de 29,8 %. Le test global de signification de l'analyse, ainsi que celui sur la signification du premier axe, sont significatifs ( $p \leq 0,05$ ).

Le Tableau IV-5 représente les coefficients de corrélation entre les axes 1 et 2 et les variables de l'environnement ainsi que les coefficients canoniques des 2 premiers axes. Ce tableau montre que sur les 12 variables de l'environnement introduites dans l'analyse, seules deux d'entre elles ont une influence statistiquement significative sur la structure du tableau de données.

La nébulosité ( $p < 0,01$ ) et la houle ( $p < 0,05$ ) sont fortement corrélées avec les 2 axes et définissent un nouveau système d'axes orthonormés.

L'examen de la Figure IV-14 montre que la plupart des espèces sont présentes lorsqu'il y a de la houle à l'exception de *Sparisoma rubripinne* et d'*Acanthurus chirurgus* qui rechercheraient plutôt un mode hydrodynamique calme.

Pour ce qui concerne la nébulosité, l'espèce la plus affectée par les changements de la couverture nuageuse est *Scarus taeniopterus*

La projection des périodes d'échantillonnage n'apporte aucune information concernant les données de présence-absence des espèces, ce qui indique que celles-ci sont présentes sur le platier toute l'année.

Tableau IV-5 : Résultats de l'analyse des redondances sur les données de présence-absence: coefficients de corrélation, coefficients canoniques et résultats des tests par permutation effectués lors de l'introduction pas à pas des variables explicatives dans la RDA.

Variables explicatives	Coefficients de corrélation		Coefficients canoniques		Tests par permutation
	Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2	
Nébulosité	0,48	-0,88	0,38	-0,63	p<0,01
Houle	0,73	0,68	0,57	0,49	p<0,05
Secchi	—	—	—	—	N.S
Marée	—	—	—	—	N.S
Précipitations	—	—	—	—	N.S
Température	—	—	—	—	N.S
Rayonnement global	—	—	—	—	N.S
Force du vent	—	—	—	—	N.S
Direction du vent NE	—	—	—	—	N.S
Direction du vent SE	—	—	—	—	N.S
Direction du vent E	—	—	—	—	N.S
Recouvrement en gazon algal	—	—	—	—	N.S

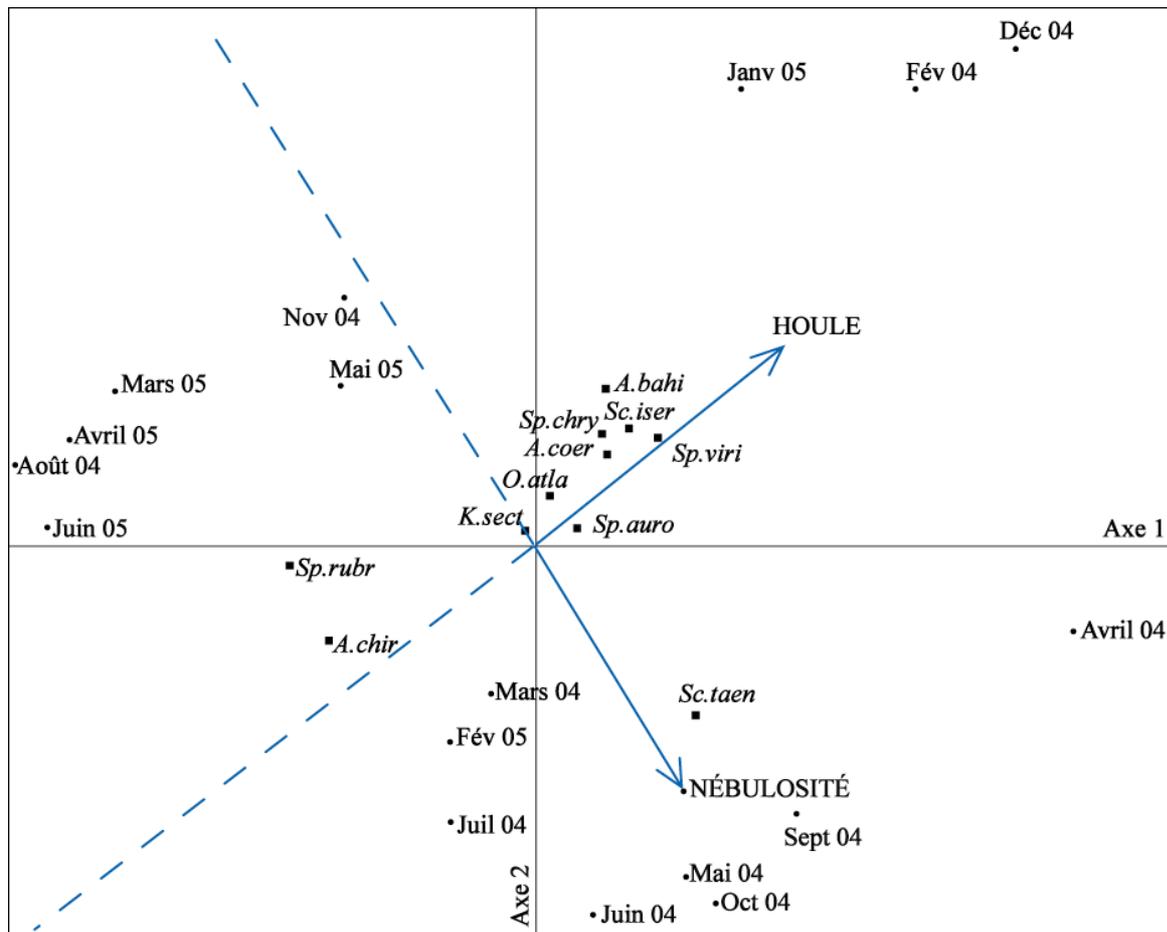


Figure IV-14 : Résultats de l'analyse des redondances sur les données de présence-absence.

### 3- Analyse portant sur les données d'effectifs

Une analyse des redondances portant sur les données d'effectifs d'herbivores a été réalisée. La matrice utilisée est formée de 11 lignes (espèces) et de 18 colonnes (périodes d'échantillonnage) (Annexe IV-8). Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau IV-6 et sur la Figure IV-15. Sur cette figure, les espèces sont projetées en même temps que les variables apparues significatives au cours de l'analyse. Les variables significatives sont toutes quantitatives et sont représentées par des vecteurs.

Les deux premiers axes factoriels expliquent 94,4 % de l'analyse canonique, avec 81,2 % pour le premier axe et 13,2 % pour le deuxième. Ces mêmes axes expliquent 47,8 % de la variance de la structure du tableau de données avec 41,1 % pour le premier axe et 6,7 % pour le deuxième axe. Le pourcentage total de variance expliquée par les facteurs de l'environnement considérés est de 50,6 %. Le test global de signification de l'analyse ainsi que celui sur la signification du premier axe sont significatifs ( $p \leq 0,01$ ).

Le tableau IV-6 représente les coefficients de corrélation entre les axes 1 et 2 et les variables de l'environnement ainsi que les coefficients canoniques des 2 premiers axes. Ce tableau montre que sur les 12 variables de l'environnement introduites dans l'analyse, trois d'entre elles ont une influence statistiquement significative sur la structure du tableau de données. Il s'agit de la température ( $p < 0,01$ ), de la nébulosité ( $p < 0,05$ ) et de la houle ( $p < 0,05$ ). L'examen des coefficients de corrélation et des coefficients canoniques montre que le premier axe de l'analyse est expliqué par la température ( $r = -0,84$ ) et la houle ( $r = 0,78$ ) et que le deuxième axe est expliqué par la nébulosité ( $r = 0,99$ ).

Le graphique IV-15 représente les trois variables quantitatives qui ont une influence statistiquement significative sur le tableau de données.

L'examen de la figure permet de constater que l'axe 1 est un axe saisonnier qui sépare les mois chauds sur la gauche de l'axe, des mois plus frais sur la droite de l'axe. Pendant la période fraîche qui correspond au carême, la houle est plus importante. En effet, les alizés sont renforcés en cette saison et provoquent une augmentation de la hauteur de la houle. Enfin il semble que la nébulosité soit indépendante des deux autres variables et soit plus importante pendant les mois chauds qui correspondent également à la saison pluvieuse (mai, juin, juillet, septembre et octobre sur le graphique).

Tableau IV-6 : Résultats de l'analyse des redondances sur les données d'effectifs : coefficients de corrélation, coefficients canoniques et résultats des tests par permutation effectués lors de l'introduction pas à pas des variables explicatives dans la RDA.

Variables explicatives	Coefficients de corrélation		Coefficients canoniques		Tests par permutation
	Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2	
Température	-0,84	0,14	-0,74	0,1	p<0,01
Nébulosité	0,04	0,99	0,04	0,73	p<0,05
Houle	0,78	-0,36	0,68	-0,27	p<0,05
Secchi	—	—	—	—	N.S
Marée	—	—	—	—	N.S
Précipitations	—	—	—	—	N.S
Rayonnement global	—	—	—	—	N.S
Force du vent	—	—	—	—	N.S
Direction du vent NE	—	—	—	—	N.S
Direction du vent SE	—	—	—	—	N.S
Direction du vent E	—	—	—	—	N.S
Recouvrement en gazon algal	—	—	—	—	N.S

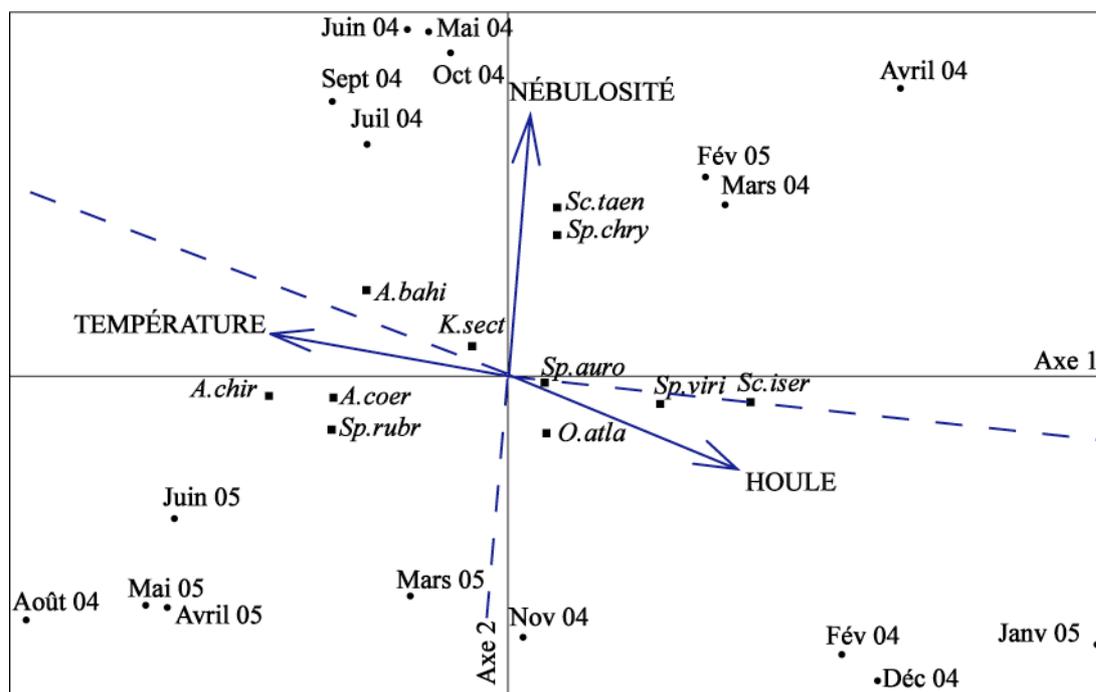


Figure IV-15 : Résultats de l'analyse des redondances sur les données d'effectifs.

Afin de vérifier que la variable température n'était pas significative en raison du poids supérieur des mois de janvier à juin sur-représentés sur la période d'étude de 18 mois, une seconde analyse a été effectuée en pondérant d'un facteur deux les mois de juillet à décembre.

Les variables significatives produites par cette analyse ont été les mêmes que dans l'analyse initiale.

Le vecteur de la houle et celui de la température étant opposés, il a été nécessaire de déterminer laquelle des deux variables était prépondérante pour le peuplement de poissons herbivores. Pour ce faire des RDA partielles ont été réalisées. Ces analyses ont montré que la houle était le facteur de plus forte influence.

Le graphique indique que certaines espèces semblent préférer un mode hydrodynamique agité et sont abondantes quand la houle est forte. Il s'agit de trois espèces de Scares, *Scarus iserti*, *Sparisoma aurofrenatum* et *S. viride*, ainsi que de la blennie, *Ophioblennius atlanticus*. Les trois espèces de chirurgiens semblent préférer un mode calme puisque leur nombre est plus élevé quand la houle est faible. Enfin, deux espèces semblent avoir des effectifs plus importants par temps couvert. Il s'agit de *Scarus taeniopterus* et de *Sparisoma chrysopterus*.

Afin d'examiner comment les effectifs de juvéniles des poissons herbivores réagissaient aux mêmes variables de l'environnement, une RDA complémentaire a été réalisée en séparant, dans la matrice des effectifs (Annexe IV-8), les adultes et les juvéniles. Le tableau de données ainsi obtenu fait l'objet de l'Annexe IV-9. Le graphique obtenu lors de la RDA (Figure IV-16) montre qu'une seule variable est significative dans cette analyse. Il s'agit de la température qui explique 23,3 % de la variance du tableau de données.

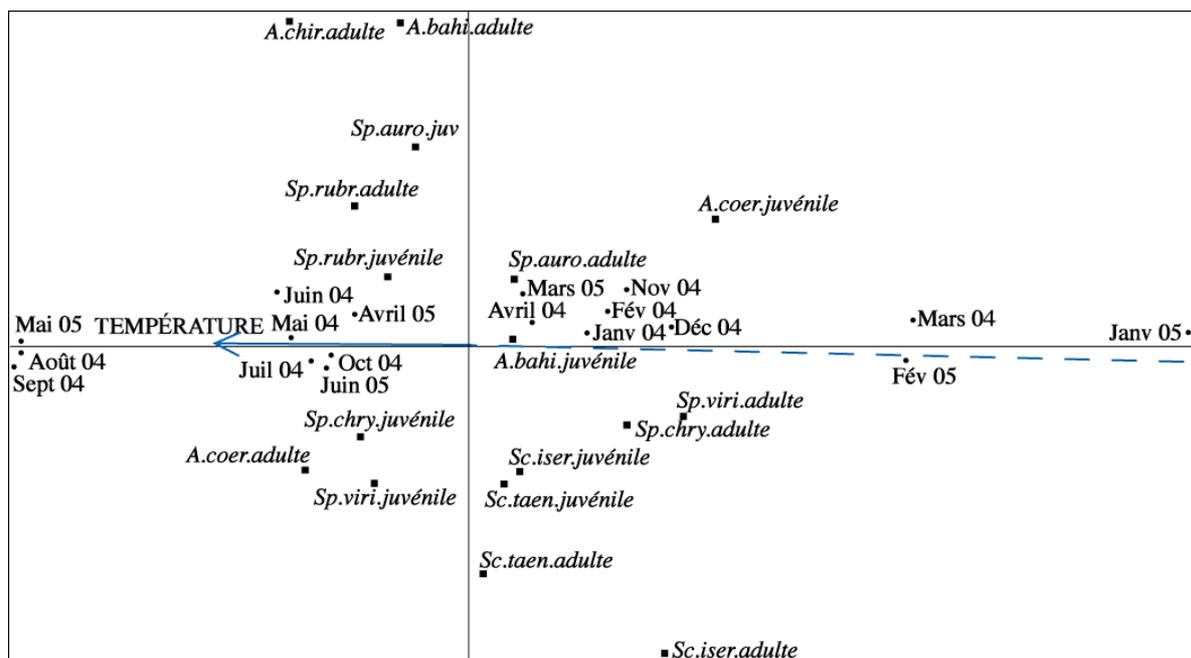


Figure IV-16 : Résultats de l'analyse des redondances sur les données d'effectifs de juvéniles et d'adultes séparés.

L'examen du graphe montre que les effectifs de juvéniles des deux familles de poissons herbivores considérées présentent des distributions différentes. Ainsi, les juvéniles d'Acanthuridae sont plutôt observés pendant les mois frais de l'année et les adultes durant les mois chauds. Pour les Scaridae, la situation est différente. Les juvéniles sont plutôt présents pendant les mois chauds et les adultes pendant les mois frais. Les deux groupes de juvéniles semblent donc se succéder temporellement dans le même habitat.

#### 4- Analyse portant sur les données de biomasses

Enfin une dernière analyse portant sur les données de biomasses des poissons herbivores a été réalisée. La matrice d'espèces utilisée pour cette analyse fait l'objet de l'Annexe IV-10. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau IV-7 et sur la Figure IV-17. Sur cette figure, les espèces sont projetées en même temps que les variables qui étaient significatives au cours de l'analyse. Les variables significatives sont toutes quantitatives et représentées par des vecteurs.

Les deux premiers axes factoriels expliquent 98 % de l'analyse canonique, avec 83,7 % pour le premier axe et 15,3 % pour le deuxième. Ces mêmes axes expliquent 51,6 % de la variance de la structure du tableau de données avec 44 % pour le premier axe et 7,6 % pour le deuxième axe. Le pourcentage total de variance expliquée par les facteurs de l'environnement considérés est de 52,6 %. Le test global de signification de l'analyse ainsi que celui sur la signification du premier axe sont significatifs ( $p \leq 0,01$ ).

Le tableau IV-7 représente les coefficients de corrélation entre les axes 1 et 2 et les variables de l'environnement ainsi que les coefficients canoniques des 2 premiers axes. Ce tableau montre que sur les 12 variables de l'environnement introduites dans l'analyse, trois ont une influence statistiquement significative sur la structure du tableau de données. Il s'agit de la température ( $p < 0,01$ ), du recouvrement en gazon algal ( $p < 0,05$ ) et de la houle ( $p < 0,05$ ). L'examen des coefficients de corrélation et des coefficients canoniques montre que le premier axe de l'analyse est expliqué par la température ( $r = -0,85$ ) et la houle ( $r = 0,76$ ) et que le deuxième axe est expliqué par le recouvrement en gazon algal ( $r = 0,68$ ).

La figure IV-17 représente la projection des espèces, des variables de l'environnement retenues et des mois étudiés. L'axe 1 est un axe saisonnier qui sépare les mois frais sur la droite de l'axe et les mois chauds sur la gauche de l'axe. Quant à la houle, elle est inversement liée à la température et plus importante pendant les mois de carême quand les

alisez sont renforcés. Le recouvrement en gazon algal semble ne pas être lié à la saison puisque son vecteur est approximativement orthogonal aux deux autres. Cet axe permet de supposer que certaines espèces sont trouvées dans les zones de macroalgues puisqu'à l'opposé du vecteur « gazon algal » se trouvent les récifs où les macroalgues sont présentes en grand nombre. Ainsi, *Sparisoma viride*, *Scarus taeniopterus* et *Acanthurus bahianus* seraient des espèces dont les biomasses seraient plus importantes dans les zones des macrophytes.

En ce qui concerne la biomasse des poissons herbivores, il est possible de remarquer un noyau central d'espèces dont l'abondance en biomasse ne semble pas être affectée par les variables de l'environnement mesurées. Certaines espèces pourraient préférer le mode battu puisqu'on les retrouve à proximité du vecteur de la houle. Il s'agit de *Scarus iserti*, de *Sparisoma aurofrenatum* et d'*Ophioblennius atlanticus*. Quand la houle est faible, des individus de grande taille sont observés plus fréquemment sur le platier. C'est le cas d'*Acanthurus chirurgus*, d'*A. coeruleus* et de *Sparisoma rubripinne*. Ces résultats confirment ceux obtenus à l'aide des données en effectifs.

Tableau IV-7 : Résultats de l'analyse des redondances sur les données de biomasses : coefficients de corrélation, coefficients canoniques et résultats des tests par permutation effectués lors de l'introduction pas à pas des variables explicatives dans la RDA.

Variables explicatives	Coefficients de corrélation		Coefficients canoniques		Tests par permutation
	Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2	
Température	-0,85	-0,05	-0,77	ε	p<0,01
Recouvrement en gazon algal	-0,1	0,68	-0,09	0,44	p<0,05
Houle	0,76	0,51	0,69	0,33	p<0,05
Nébulosité	—	—	—	—	N.S
Secchi	—	—	—	—	N.S
Marée	—	—	—	—	N.S
Précipitations	—	—	—	—	N.S
Rayonnement global	—	—	—	—	N.S
Force du vent	—	—	—	—	N.S
Direction du vent NE	—	—	—	—	N.S
Direction du vent SE	—	—	—	—	N.S
Direction du vent E	—	—	—	—	N.S

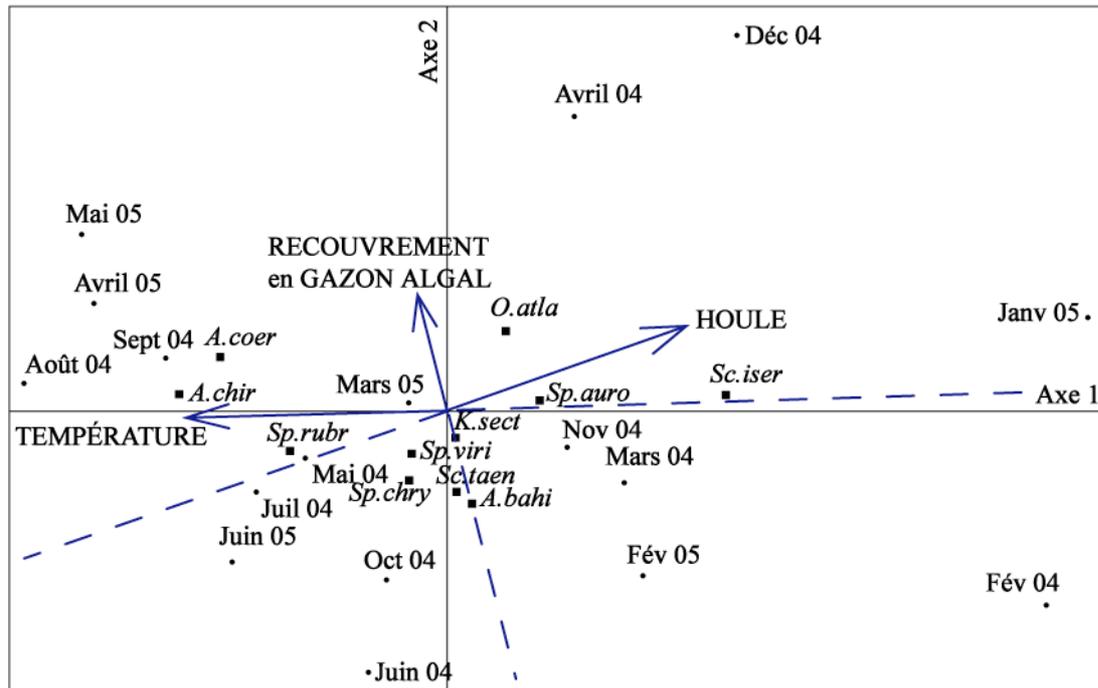


Figure IV-17 : Résultats de l'analyse des redondances sur les données de biomasses.

#### IV- CONCLUSIONS

Le travail effectué a permis de montrer que le peuplement de poissons herbivores fluctue au long de l'année. Ce peuplement semble suivre une cyclicité d'ordre saisonnier, mais les données recueillies ne sont pas suffisantes pour confirmer ce phénomène.

Certains facteurs écologiques influencent le peuplement de poissons herbivores. Ces facteurs sont différents selon le descripteur de la communauté pris en compte. La richesse spécifique est affectée par la houle et la nébulosité. Les effectifs de poissons subissent l'influence de la houle, de la température et de la nébulosité. Enfin, la biomasse de poissons herbivores varie en fonction de la houle, de la température et du recouvrement en gazon algal.

**CHAPITRE V**  
**DISTRIBUTION SPATIALE DES**  
**PEUPELEMENTS DE POISSONS**  
**HERBIVORES**



© C. Bouchon



Afin de caractériser les différents peuplements de poissons herbivores observés sur les récifs de Guadeloupe, une analyse spatiale des peuplements a été effectuée sur les données recueillies à différentes profondeurs et sur les différents sites.

Les stations étudiées ainsi que leur profondeur sont récapitulées dans le Tableau V- 1.

Tableau V-1 : Récapitulatif des stations, des profondeurs étudiées et des abréviations utilisées.

	Platier	Pente externe				
	1 m	3 m	10 m	15 m	20 m	30 m
Ilet Fajou	PIF		PeF			
Ilet du Gosier	PIG					
Caye à Dupont (Ismini)	PII					
Port Louis	PIL		PeL			
Pointe des Châteaux	PIC					
Passe à Colas			PeCo			
Pigeon : Pointe Barracuda			PeP			
Pigeon : Radiale	PIP	PrP3	PrP10	PrP15	PrP20	PrP30

Sur les platiers (PI) et les pentes externes (Pe), les comptages ont été effectués deux fois par an. Dans les abréviations du nom des stations utilisées au niveau des sorties graphiques des analyses, le suffixe « h » représente les comptages réalisés lors de l'hivernage (saison humide) et le suffixe « c » désignera les relevés effectués pendant le carême (saison fraîche). Une étude supplémentaire a été réalisée aux Ilets Pigeon (PrP3 à PrP30) respectivement de 3 à 30 mètres de profondeur.

## I- MISE EN ÉVIDENCE DES ASSOCIATIONS D'ESPÈCES DE POISSONS HERBIVORES

La mise en évidence des peuplements de poissons herbivores a été réalisée à l'aide d'analyses factorielles des correspondances (AFC) et de classifications hiérarchiques dont les résultats sont consultables en Annexe V-1A et V-1B. Les matrices étudiées comportent 25 stations et 11 espèces de poissons herbivores (deux espèces rares ont été supprimées des analyses), que ce soit pour les données de présence-absence, d'effectifs ou de biomasse.

Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances sur les données de présence-absence sont présentés sur la Figure V-1. Les stations sont projetées sur le graphique A et les espèces sur le graphique B. Les groupes issus des classifications ont été projetés sur les graphiques. Le premier plan issu de l'analyse factorielle du tableau des données de présence-absence rassemble 53,6 % de l'information avec 33,5 % de la variance expliquée par l'axe 1 et 20,1 % par l'axe 2. L'axe 1 apparaît comme un axe qui sépare les stations de faible profondeur des stations situées sur les pentes externes récifales. Les espèces qui contribuent le

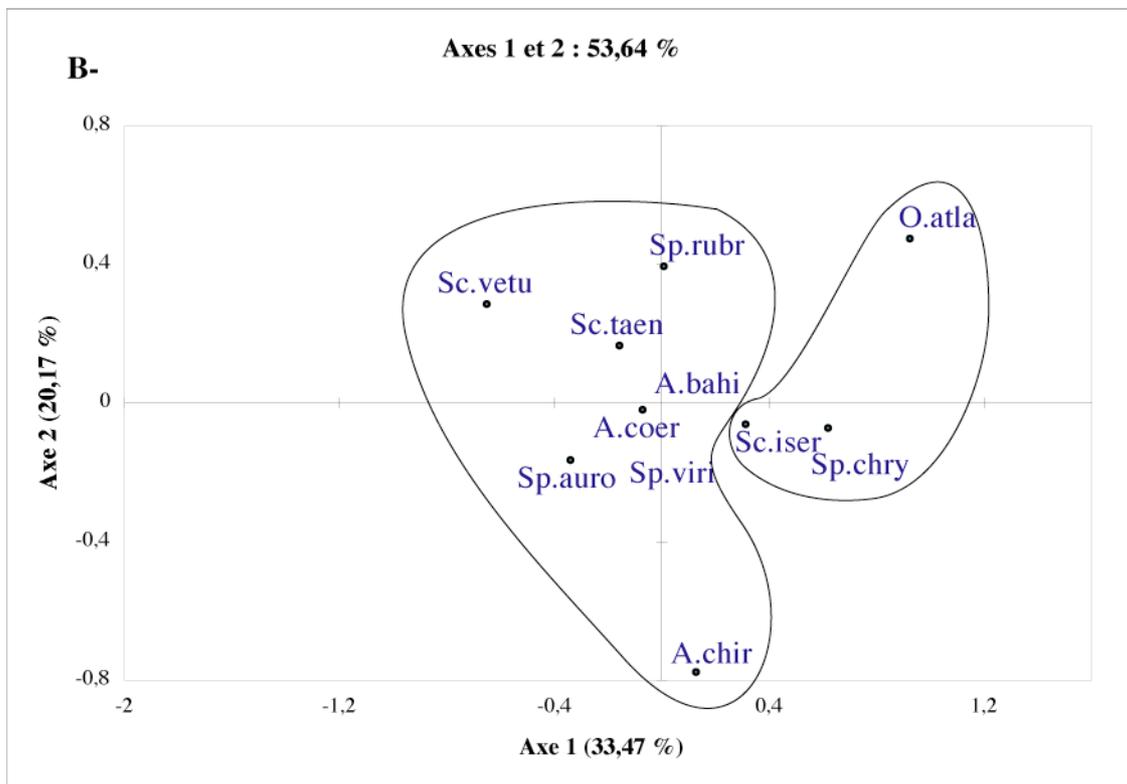
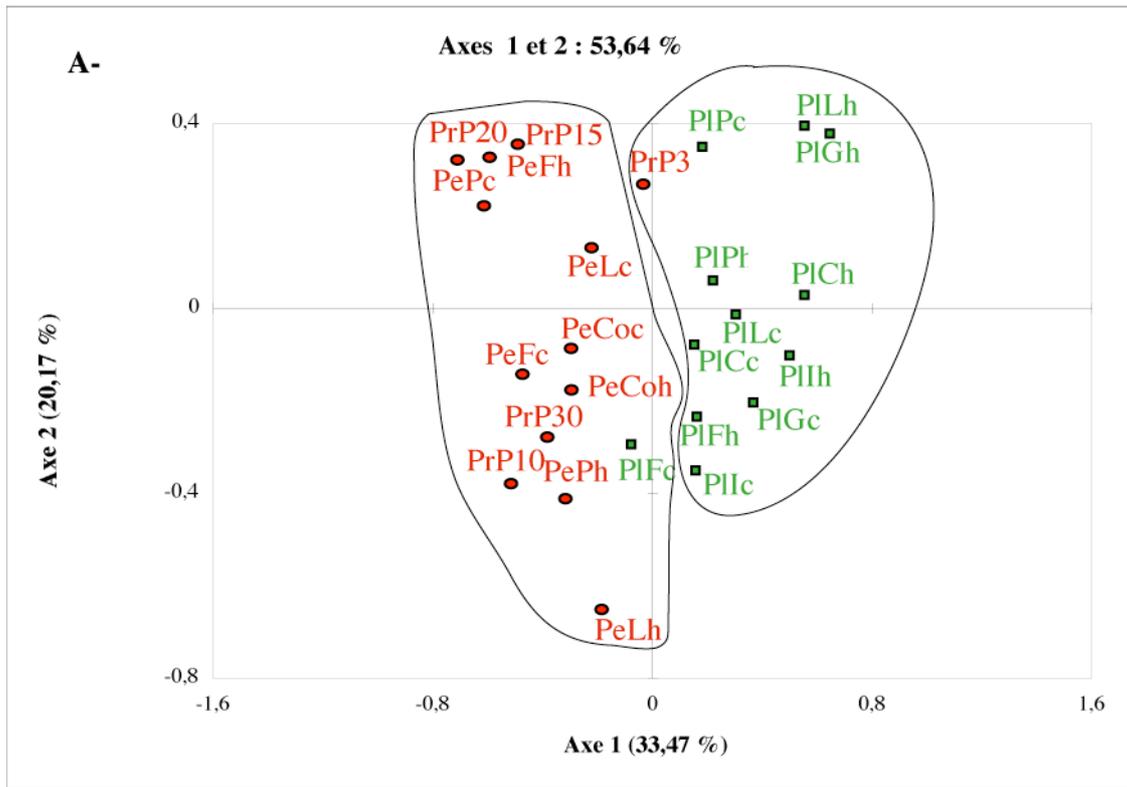


Figure V-1 : Résultats de l'analyse factorielle des correspondances sur les données de présence-absence.  
 A : projection des stations avec les plateaux (PI) en vert et les pentes externes (Pe et Pr) en rouge ;  
 B : projection des espèces.

plus à la formation de l'axe sont *Ophioblennius atlanticus* du côté des stations de platier ou de petits fonds et *Scarus vetula* du côté des pentes externes. Les stations les plus contributives du côté positif sont les platiers de Gosier, de la Caye à Dupont et de la pointe des Châteaux, et du côté négatif les stations des îlets Pigeon. Les groupes issus de la classification hiérarchique séparent les stations de petits fonds caractérisées par la présence de *O. atlanticus*, *S. iserti* et *Sparisoma chrysopterum* et les sites de pentes externes.

Pour ce qui concerne les données en effectifs (Figure V-2A et V-2B), le premier plan issu de l'analyse factorielle rassemble 58,0 % de l'information avec 35,3 % de la variance expliquée par l'axe 1 et 22,7 % par l'axe 2. L'axe 1 oppose les stations de platiers à celles de pentes externes récifales. Les stations les plus contributives à la formation de cet axe sont, du côté positif, les platiers de la Caye à Dupont et de Fajou, et du côté négatif, les récifs des îlets Pigeon. La classification hiérarchique confirme la séparation déjà observée à la suite de l'analyse des données qualitatives entre les zones de petits fonds et les zones plus profondes. Les espèces qui contribuent le plus à la formation de l'axe sont, du côté des platiers, *Scarus iserti* et *Acanthurus chirurgus* et du côté des pentes externes, *Sparisoma aurofrenatum* et *Scarus taeniopterus*. La classification hiérarchique fait apparaître sur l'axe 2 un troisième groupe composé de *S. vetula* et d'*Ophioblennius atlanticus*. Ces deux espèces étant caractéristiques respectivement des pentes externes et des platiers récifaux. *S. vetula* est presque exclusivement observé aux îlets Pigeon et *O. atlanticus* à la Pointe des Châteaux.

Concernant l'analyse des données de biomasse (Figure V-3A et V-3B), le premier plan issu de l'analyse rassemble 56,4 % de l'information avec 35,3 % de la variance expliquée par l'axe 1 et 21,1 % par l'axe 2. Le premier axe sépare les platiers des pentes externes récifales. Les stations qui contribuent du côté positif de l'axe sont les stations des îlets Pigeon et du côté négatif, les platiers de la Caye à Dupont et de la Pointe des Châteaux.

Les espèces qui contribuent à la formation de l'axe 1 sont à droite de l'axe (pentes externes) *Scarus vetula* et *Sparisoma aurofrenatum* et à gauche de l'axe (platiers) *S. chrysopterum* et *Acanthurus chirurgus*. La classification sépare les espèces de zones profondes comme *S. aurofrenatum*, *S. viride*, *Scarus taeniopterus* et *S. vetula* des autres espèces plutôt communes des petits fonds.

Ces analyses ont donc permis de montrer qu'il existe une nette séparation entre les zones de petits fonds où sont retrouvées des espèces comme *S. iserti*, *Sparisoma chrysopterum* et les Acanthuridae et les zones de pentes externes auxquelles sont associées d'autres espèces de poissons herbivores comme *S. aurofrenatum*, *S. viride* et *Scarus taeniopterus*.

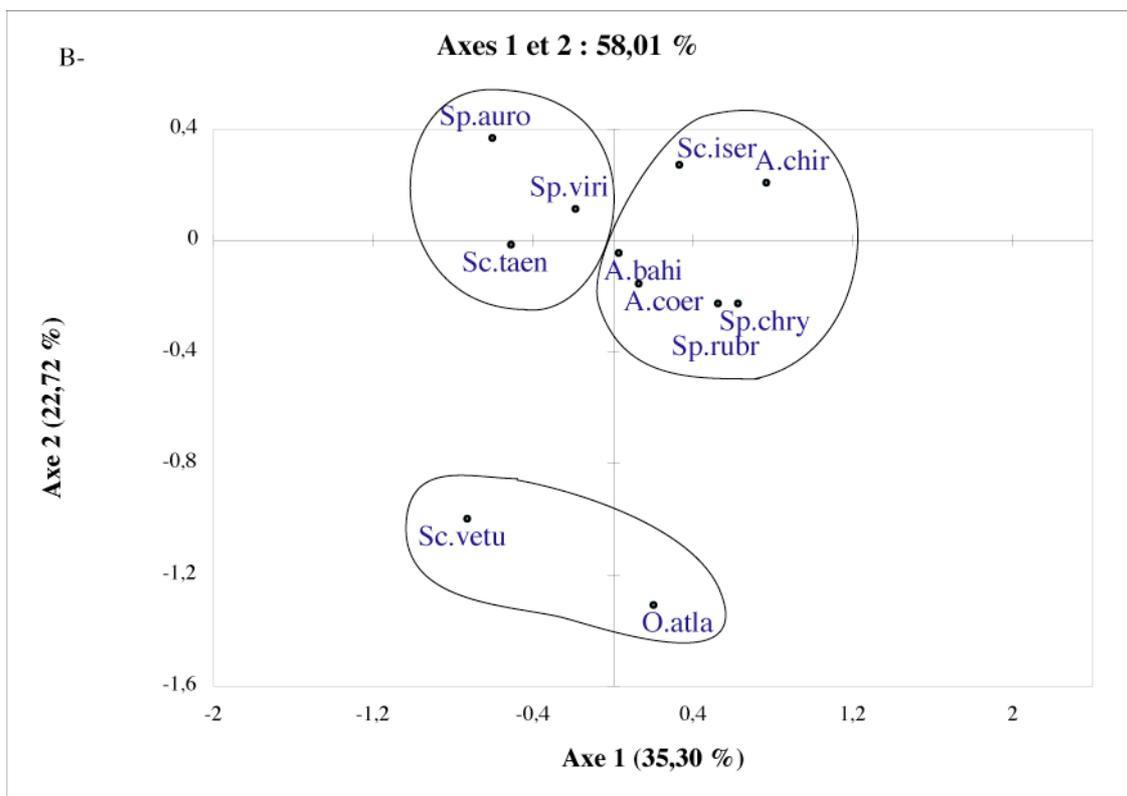
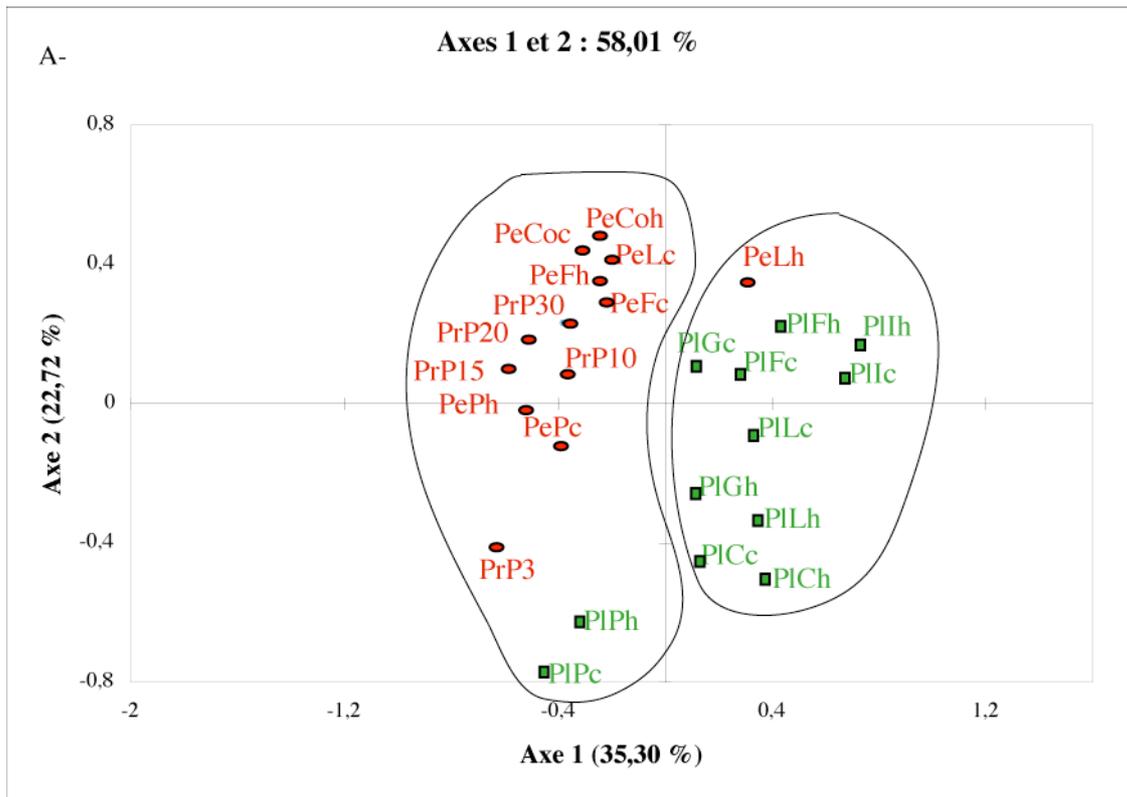


Figure V-2 : Résultats de l'analyse factorielle des correspondances sur les données d'effectifs. A : projection des stations avec les platiers (PI) en vert et les pentes externes (Pe et Pr) en rouge ; B : projection des espèces.

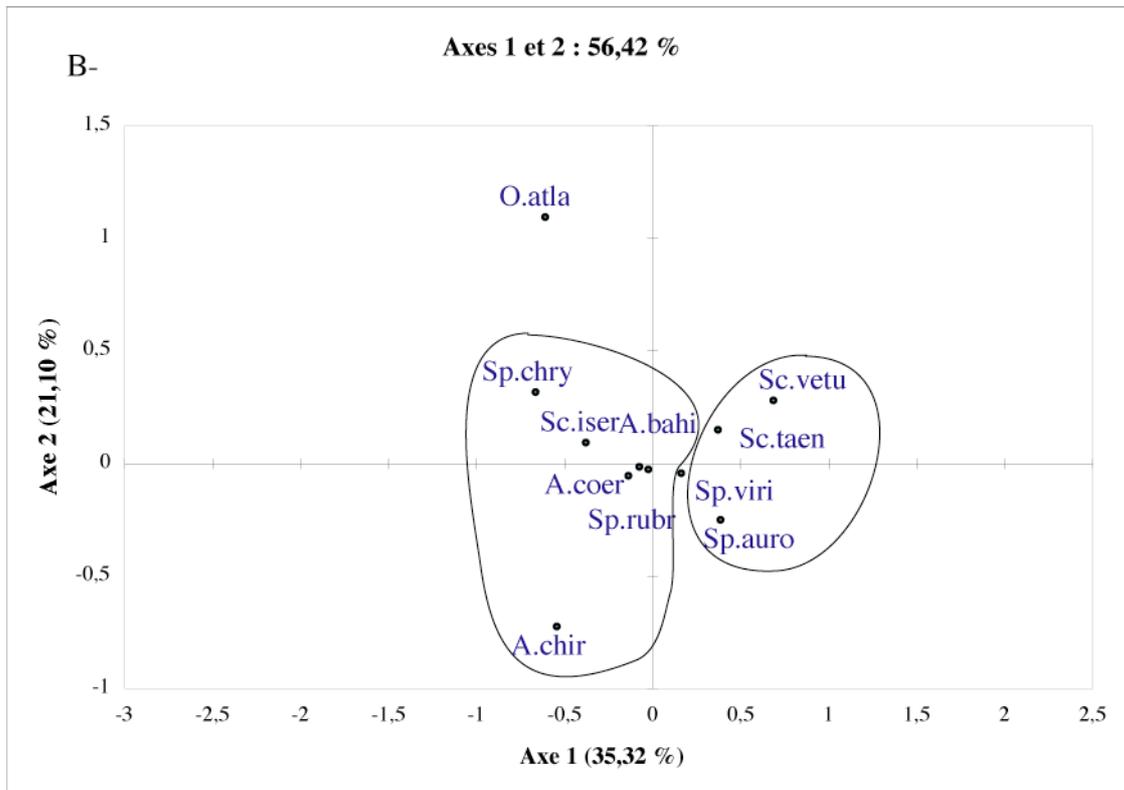
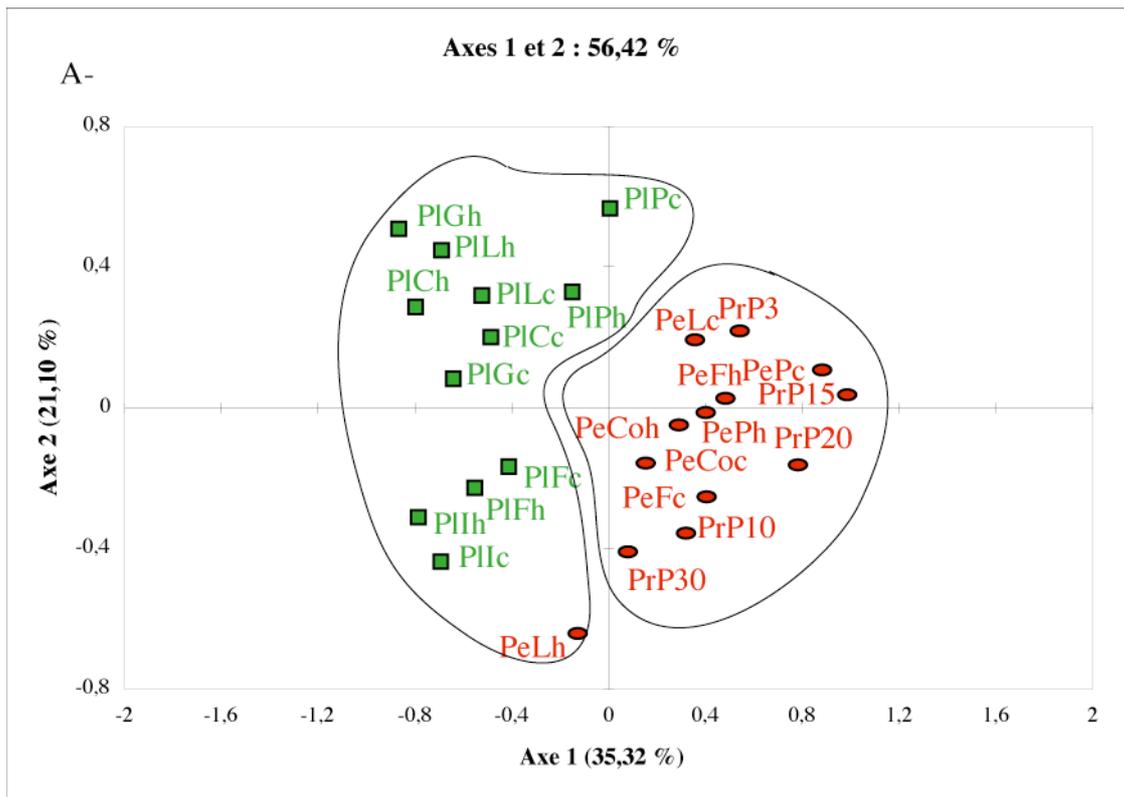


Figure V-3 : Résultats de l'analyse factorielle des correspondances sur les données de biomasses. A : projection des stations avec les platiers (PI) en vert et les pentes externes (Pe et Pr) en rouge ; B : projection des espèces.

## II- PRÉSENTATION DES PEUPELEMENTS DE POISSONS HERBIVORES

### A- Comparaison entre platiers et pentes externes

Dans un premier temps, la richesse spécifique a été comparée entre les deux zones. Elle varie entre 6 et 10 espèces, aussi bien sur les platiers que sur les pentes externes. L'examen des taux d'occurrence montre cependant que les espèces ne sont pas les mêmes. Sur les platiers, *Scarus iserti*, *Sparisoma rubripinne*, *S. viride*, *Acanthurus bahianus* et *A. coeruleus* sont présentes sur tous les sites étudiés. Sur les pentes externes, les trois dernières espèces citées précédemment apparaissent également dans tous les relevés mais *S. rubripinne* et *Scarus iserti*, typiques des platiers, sont remplacés par *S. taeniopterus* et *Sparisoma aurofrenatum*.

Le Tableau V-2 montre que les poissons sont plus nombreux sur les platiers que sur les pentes externes. Les effectifs sont respectivement de  $75 \pm 4,5$  ind.100 m<sup>-2</sup> et de  $46 \pm 2,4$  ind.100 m<sup>-2</sup>. Les biomasses ont un ordre inversé puisqu'elles sont de  $3627 \pm 105$  g.100 m<sup>-2</sup> sur les platiers et de  $4722 \pm 282$  g.100 m<sup>-2</sup> sur les pentes externes. Les poissons herbivores sont donc moins nombreux mais plus grands sur les pentes externes que sur les platiers récifaux.

L'examen de ce tableau montre également que les familles dominantes dans les deux types d'habitat ne sont pas les mêmes. Les Acanthuridae présentent des densités plus élevées sur les platiers récifaux ( $38,1 \pm 8,2$  ind.100 m<sup>-2</sup>) que sur les pentes externes ( $11,6 \pm 2,8$  ind.100 m<sup>-2</sup>). L'abondance des Scaridae est équivalente dans les deux types de milieux (respectivement  $32,9 \pm 5,9$  et  $34,4 \pm 3,6$  ind.100 m<sup>-2</sup>).

Bien que les effectifs des Scaridae soient proches pour les deux types de milieux, les biomasses de cette famille sur les pentes externes sont approximativement le double de celle des platiers ( $3697,3 \pm 445,7$  contre  $1785 \pm 120,2$  g.100 m<sup>-2</sup>). De même, l'examen de la répartition des biomasses des chirurgiens montre que cette famille est mieux représentée sur les platiers que sur les pentes externes ( $1442 \pm 103,9$  contre  $953 \pm 157,6$  g.100 m<sup>-2</sup>). Ainsi, si l'on considère que les biomasses constituent une bonne expression du rendement des chaînes trophiques, il apparaît que les deux familles de poissons herbivores se partagent les deux grands types d'habitat des récifs antillais, les Scaridae exploitant préférentiellement les pentes externes et les Acanthuridae plutôt les platiers.

Tableau V-2 : Densités des herbivores en effectifs et en biomasse sur les platiers et les pentes externes récifales (ε : valeur négligeable)

	Effectifs (ind.100 m <sup>-2</sup> )		Biomasse (g.100 m <sup>-2</sup> )	
	Platier	Pente externe	Platier	Pente externe
<i>Kyphosus</i> sp.	1,3	0,2	369	72
<i>Scarus iserti</i>	25	14,6	500	325
<i>Scarus taeniopterus</i>	1,4	6,6	254	378
<i>Scarus vetula</i>	0,5	0,3	254	120
<i>Sparisoma atomarium</i>	0	0,1	0	3
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,7	7,8	82	747
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0,5	0,06	69	7
<i>Sparisoma rubripinne</i>	1	0,3	207	182
<i>Sparisoma viride</i>	3,8	4,7	419	1937
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	2,7	0,07	31	ε
<i>Acanthurus bahianus</i>	20,3	6,3	499	215
<i>Acanthurus chirurgus</i>	5,8	1,3	381	262
<i>Acanthurus coeruleus</i>	12	4	562	476
<b>Total Herbivores</b>	<b>75</b>	<b>46,33</b>	<b>3627</b>	<b>4722</b>
<b>Total Scaridae</b>	<b>32,9</b>	<b>34,4</b>	<b>1785</b>	<b>3697</b>
<b>Total Acanthuridae</b>	<b>38,1</b>	<b>11,6</b>	<b>1442</b>	<b>953</b>

Les contributions relatives de chaque espèce de ces deux familles pour les deux types d'habitat ont été examinées plus en détail et les résultats font l'objet de la Figure V-4.

L'espèce dominante en effectifs, que ce soit sur les platiers ou sur les pentes externes, est *Scarus iserti* (respectivement 33,3 % et 31,6 %).

En biomasse, aucune espèce ne paraît dominer le peuplement des platiers récifaux. En revanche, sur les pentes externes, avec 39,6 % des biomasses, *Sparisoma viride* occupe une place prépondérante dans le peuplement.

## B- Répartition des effectifs de poissons herbivores

Afin d'étudier plus en détail la composition du peuplement des poissons herbivores sur les platiers et sur les pentes externes, des histogrammes ont été réalisés pour l'ensemble des données en effectifs ainsi que pour les données par espèce, et cela dans chaque station. Les données recueillies durant le carême et durant l'hivernage ont également été examinées pour une meilleure compréhension. La répartition des effectifs totaux durant le carême et l'hivernage fait l'objet de la Figure V-5.

Les effectifs les plus élevés sont observés sur le platier et la pente externe de la barrière récifale du Grand Cul-de-Sac Marin, quelle que soit la saison. Les distributions des

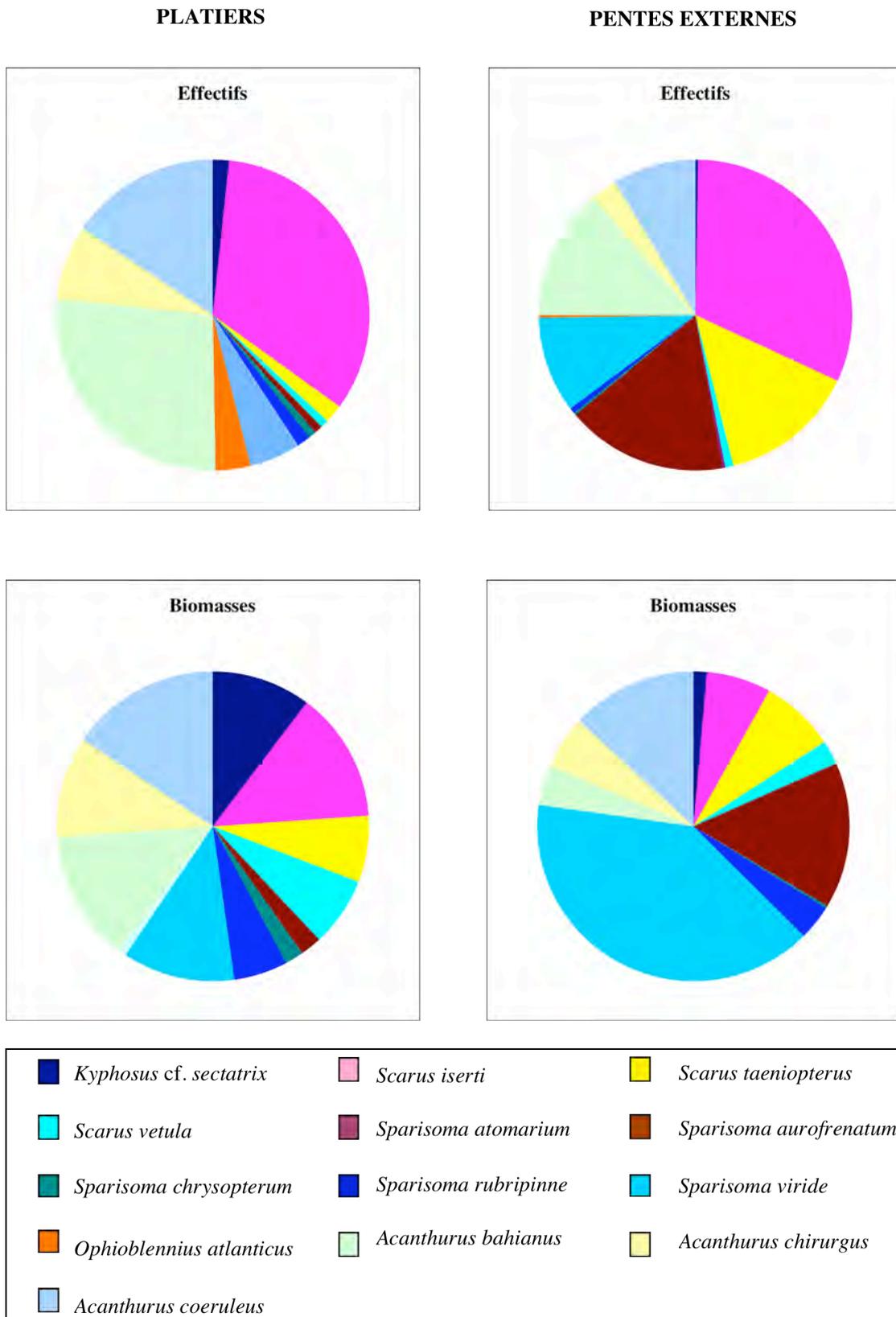


Figure V-4 : Contributions relatives des différentes espèces de poissons herbivores en effectifs et en biomasses sur les platiers et les pentes externes récifales.

effectifs de poissons des platiers récifaux sont voisines, que ce soit pendant le carême ou pendant l'hivernage. Ils varient entre 170 ind.100 m<sup>-2</sup> et 70 ind.100 m<sup>-2</sup> en saison sèche et entre 160 et 50 ind.100 m<sup>-2</sup> en saison des pluies. Sur les pentes externes, le nombre d'individus est plus élevé en hivernage, mais globalement les valeurs recensées restent inférieures à celles des platiers récifaux. Elles varient de 20 à 60 ind.100 m<sup>-2</sup> durant la saison sèche et de 20 à 120 ind.100 m<sup>-2</sup> pendant l'hivernage.

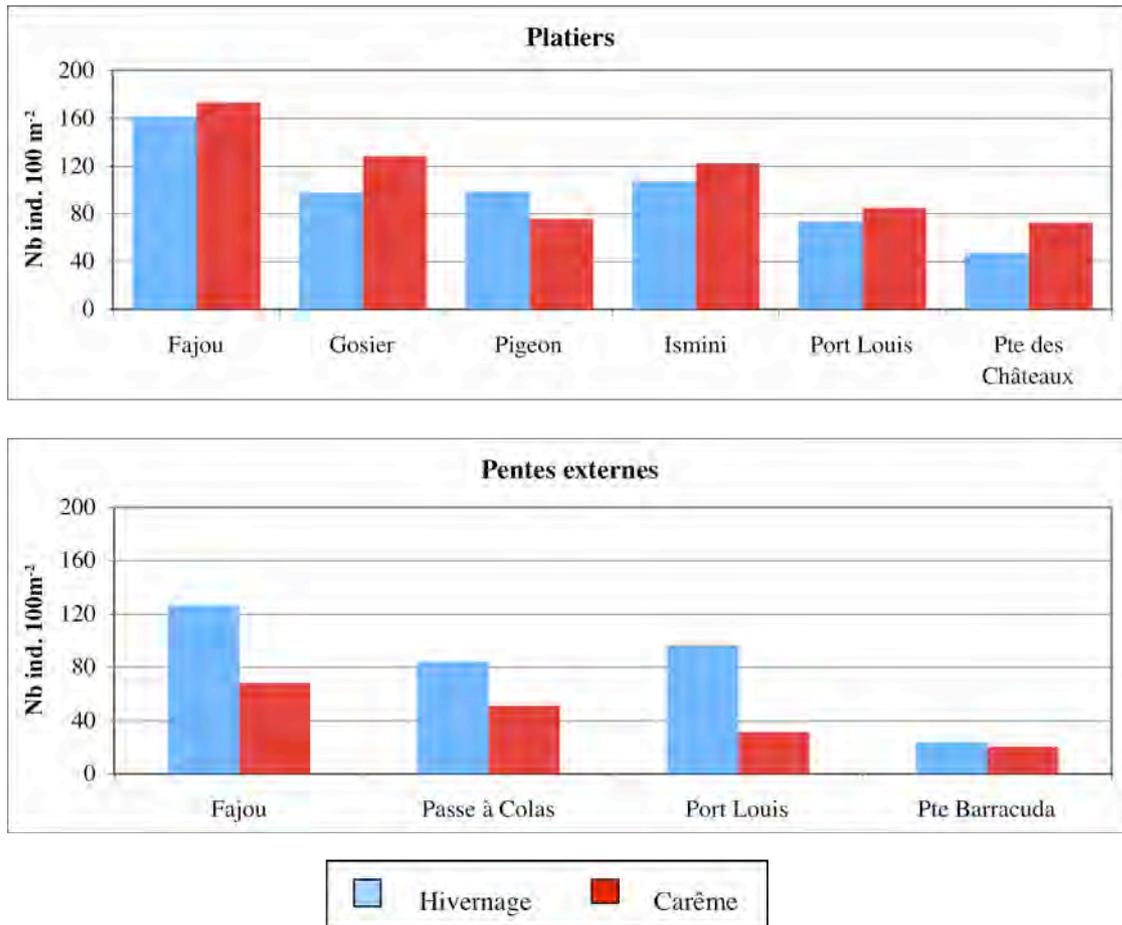


Figure V-5 : Répartition des effectifs totaux de poissons herbivores dans les stations étudiées pendant le carême et l'hivernage.

La distribution des effectifs de Scaridae peut être observée sur les histogrammes de la Figure V-6. Sur les platiers récifaux, les Scaridae sont les mieux représentés en effectifs sur le platier du récif de l'îlet Gosier, notamment l'espèce *Scarus iserti*. Il est possible de remarquer que la station de la Caye à Dupont (Ismini) abrite, en hivernage, des effectifs importants de Scaridae, dus à la présence de bancs de petits individus de *Scarus iserti*.

Sur les pentes externes, les effectifs de Scaridae suivent la même distribution que les effectifs totaux : la pente externe de l'îlet Fajou présente le plus grand nombre d'individus et la Pointe Barracuda, aux îlets Pigeon, la densité la plus faible. L'espèce la plus abondante en nombre d'individus sur les récifs étudiés est *Scarus iserti*, sauf dans les stations des îlets Pigeon.

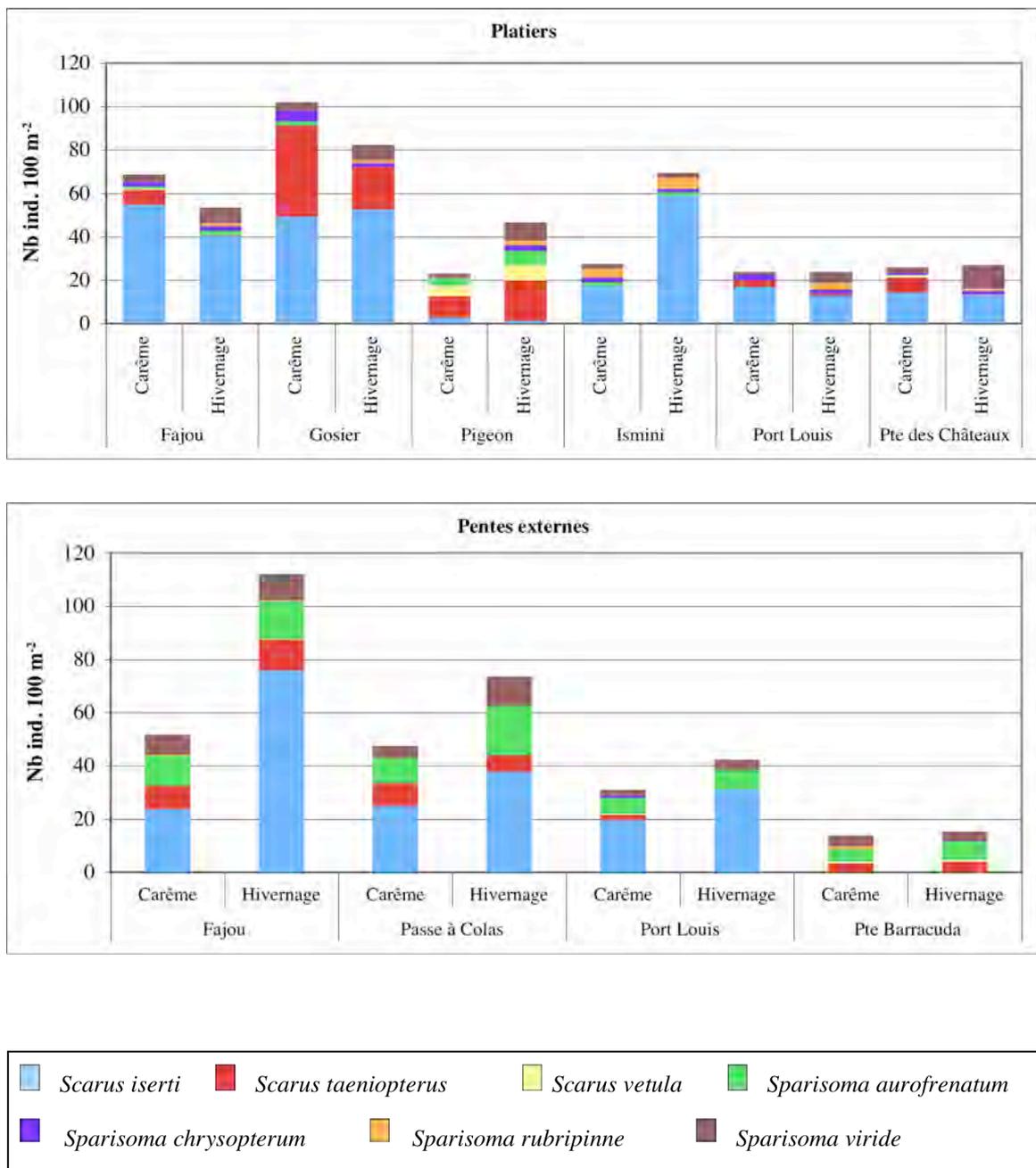


Figure V-6 : Répartition des effectifs de Scaridae dans les stations étudiées pendant le carême et l'hivernage.

Les graphiques de la Figure V-7, qui représentent les effectifs des différentes espèces d'Acanthuridae, montrent une variation plus importante selon la saison que ceux des Scaridae.

Les pics d'abondance observés sur le platier de la Caye à Dupont (Ismini) en saison sèche et sur la pente externe du récif de Port Louis en saison humide, sont dus à des passages de larges bancs mixtes d'Acanthuridae.

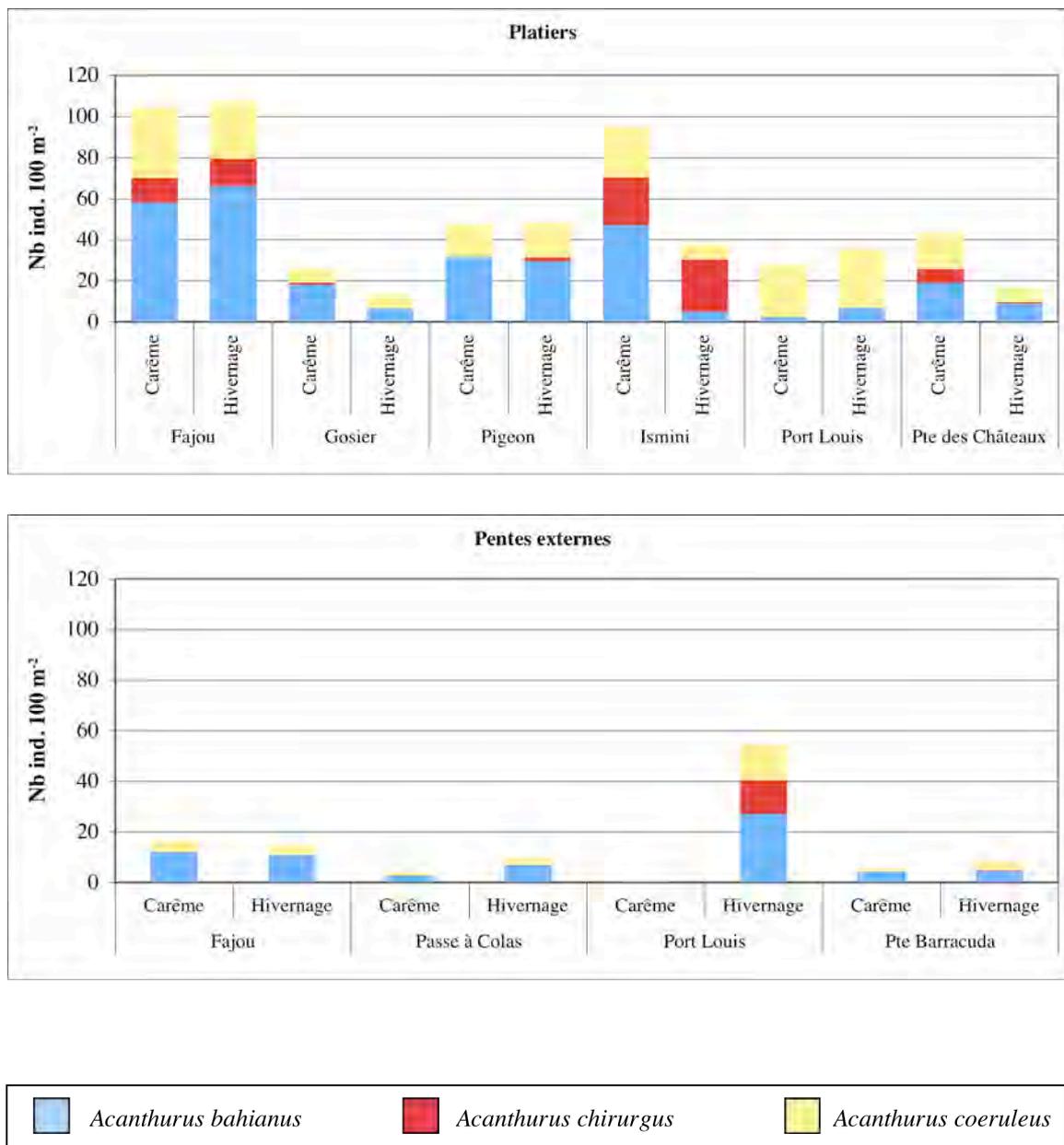


Figure V-7 : Répartition des effectifs d'Acanthuridae dans les stations étudiées pendant le carême et l'hivernage.

### C- Répartition de la biomasse de poissons herbivores

La distribution de la biomasse totale des poissons herbivores est représentée sur la Figure V-8. Les biomasses atteignent des valeurs plus élevées sur les platiers récifaux (environ 10 000 g.100 m<sup>-2</sup> pour les platiers de l'îlet Fajou et les petits fonds des îlets Pigeon) que sur les pentes externes où le maximum de biomasse avoisine 7000 g.100 m<sup>-2</sup>. Les valeurs

maximales de biomasse sont observées dans les stations situées en zones protégées, à Fajou, et à Pigeon.

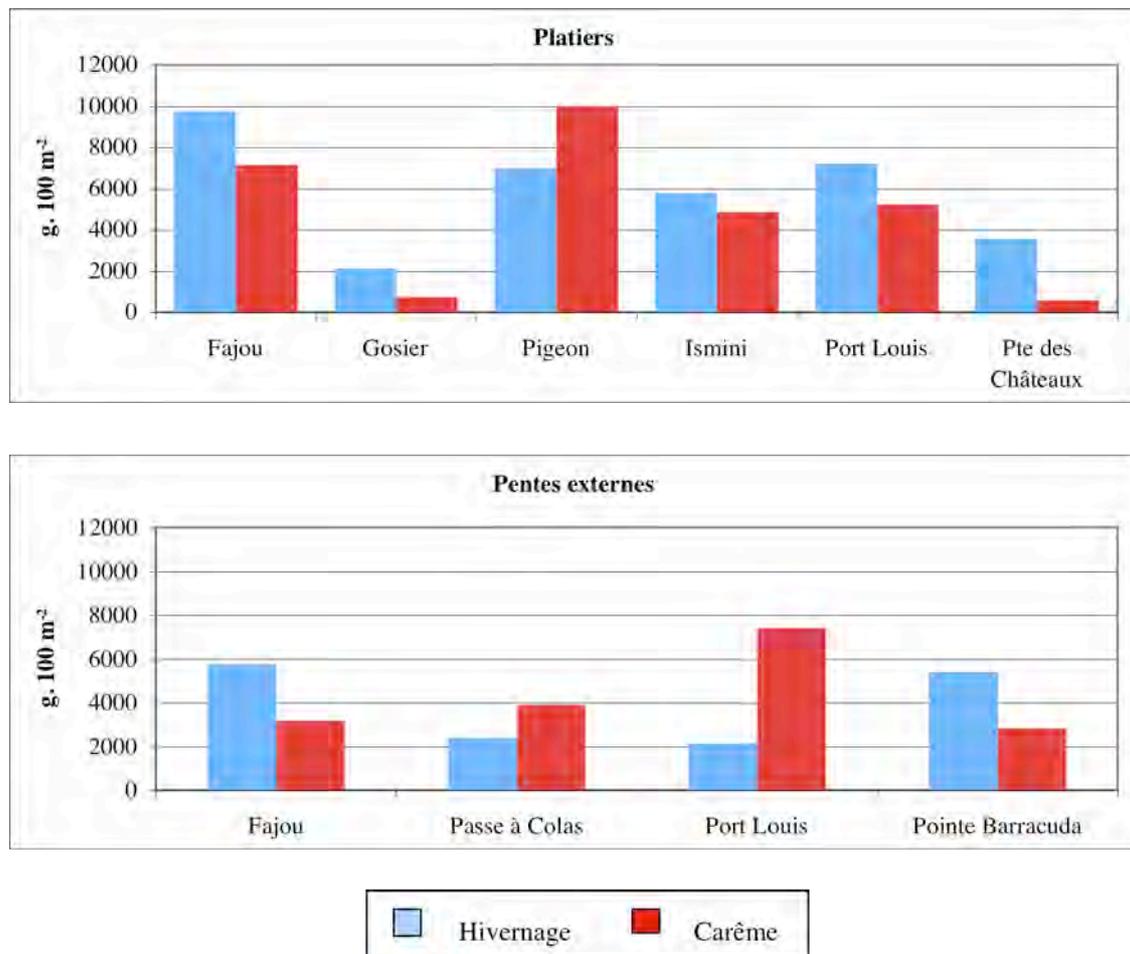


Figure V-8 : Répartition de la biomasse de l'ensemble des poissons herbivores dans les stations étudiées pendant le carême et l'hivernage.

L'examen des graphiques concernant les biomasses de Scaridae (Figure V-9) montre qu'excepté sur le platier de l'îlet Fajou, ce n'est plus *Scarus iserti* qui domine le peuplement. Les biomasses les plus élevées sont dues à *Scarus iserti*, *S. taeniopterus* et *S. vetula* sur les autres platiers. Sur les pentes externes, ce sont *Sparisoma viride* et *S. aurofrenatum* qui dominent la guildes des herbivores.

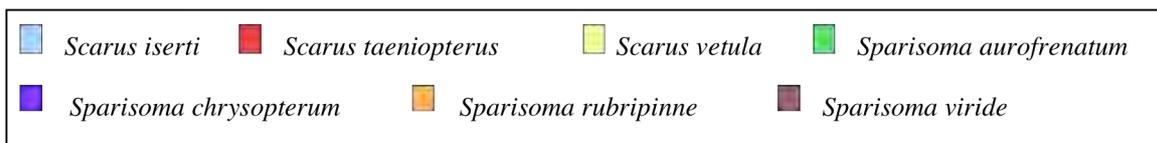
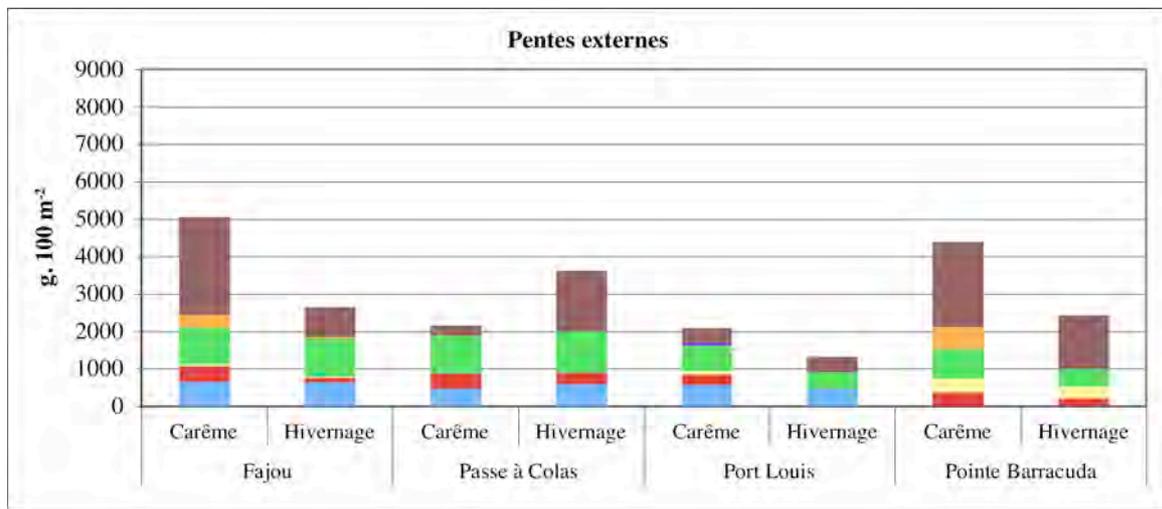
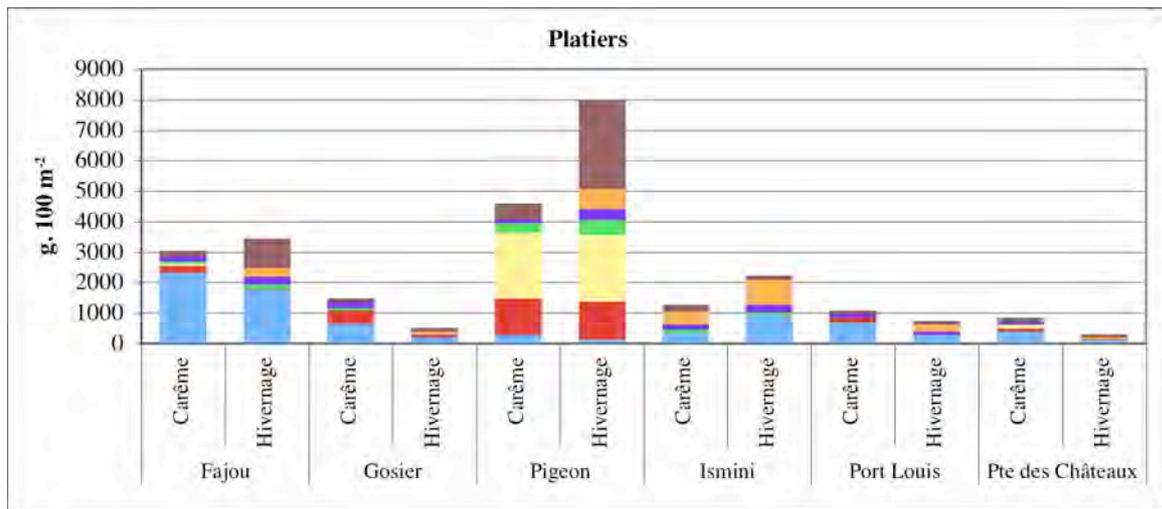


Figure V-9 : Répartition spatiale des Scaridae en biomasse.

Les graphiques de la Figure V-10 représentant les biomasses d’Acanthuridae montrent qu’il y a des pics d’abondance sur certaines zones et à certaines saisons, comme c’est le cas sur le platier de Fajou et de la Caye à Dupont en saison sèche ou sur la pente externe de Port Louis pendant l’hivernage. Ces pics d’abondance sont dus aux passages de bancs de biomasses élevées.

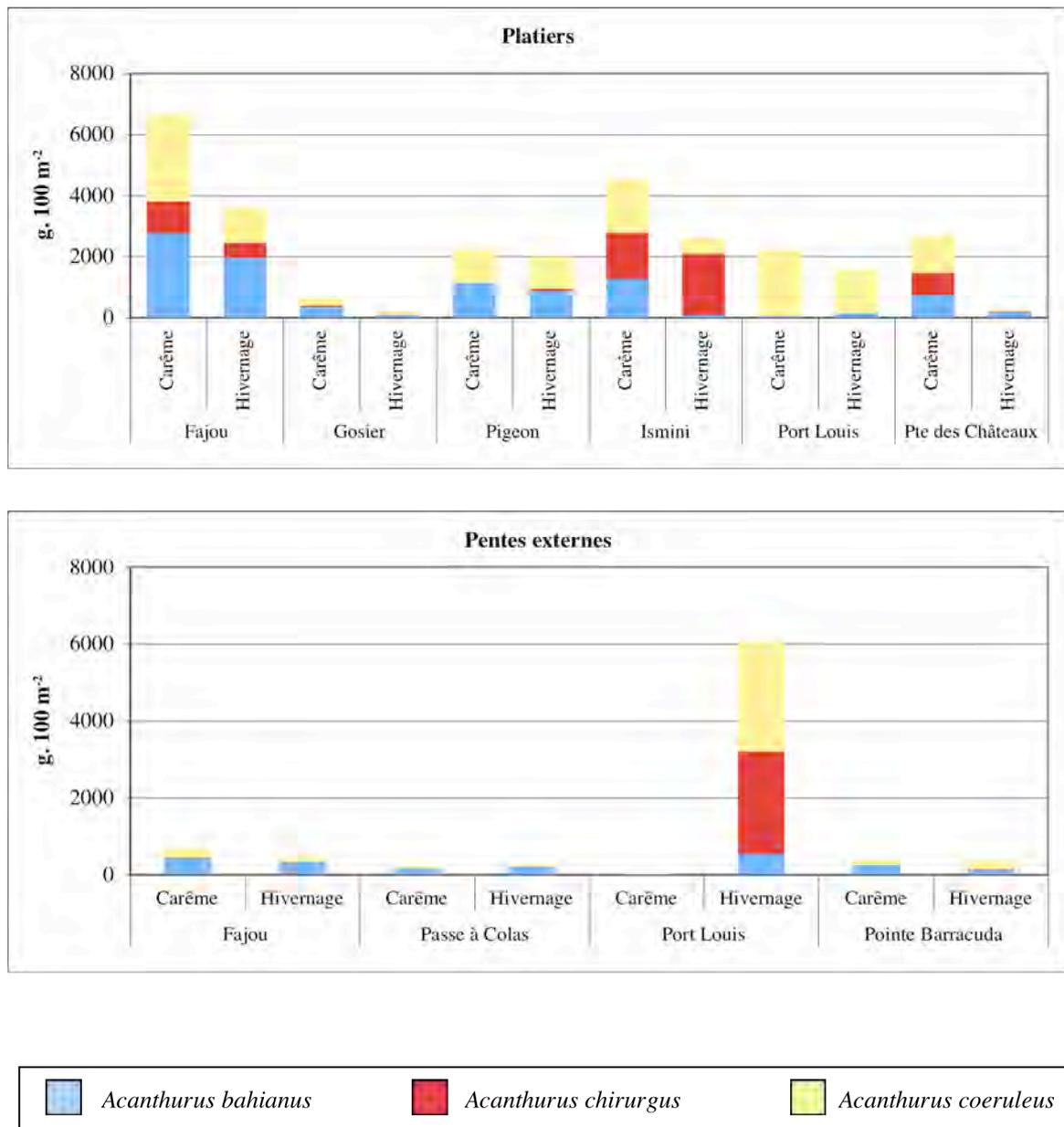


Figure V-10 : Répartition spatiale des Acanthuridae en biomasse.

**D- Distribution des juvéniles de poissons herbivores sur les platiers et les pentes externes**

Dans un dernier temps, la distribution des juvéniles de poissons herbivores a été étudiée sur les platiers et les pentes externes récifales afin de voir si l'un des deux habitats en abritait plus que l'autre. Certaines espèces n'en ont aucun comme c'est le cas pour *Scarus vetula* et d'autres n'en présentent qu'un faible nombre d'individus (*Sparisoma chrysopteryum* et *S. rubripinne*). Les résultats concernant les effectifs sont représentés sur la Figure V-11. L'examen des graphiques montre que les juvéniles sont plus abondants dans les petits fonds

(entre 2 et 50 juvéniles en hivernage avec une moyenne de 16,8 individus pour 100 m<sup>2</sup> et entre 2 et 21 juvéniles en carême avec une moyenne de 6,8 individus pour 100 m<sup>2</sup>) que sur les pentes externes (entre 0 et 31 juvéniles en hivernage avec un nombre moyen de 11,3 individus pour 100 m<sup>2</sup> et entre 1 et 6 juvéniles en carême avec une moyenne de 3,5 individus pour 100 m<sup>2</sup>).

Ces graphiques montrent que les juvéniles ne sont pas nombreux et cela quel que soit le milieu récifal étudié. Le maximum de juvéniles a été observé pour les platiers, sur le platier de l'îlet Gosier (50 ind.100 m<sup>2</sup>) et pour les pentes externes, sur la pente externe de l'îlet Fajou. Ces deux valeurs maximales ont été recensées pendant l'hivernage.

La répartition des quatre espèces présentant le plus de juvéniles a également été étudiée. Il s'agit de *Scarus iserti*, *Sparisoma viride*, *Acanthurus bahianus* et *A. coeruleus*. Les résultats figurent en Annexe V-2 et V-3. Ces résultats montrent que les abondances élevées de juvéniles de l'îlet Gosier ou de la pente externe de Fajou sont dues à l'espèce *Scarus iserti*.

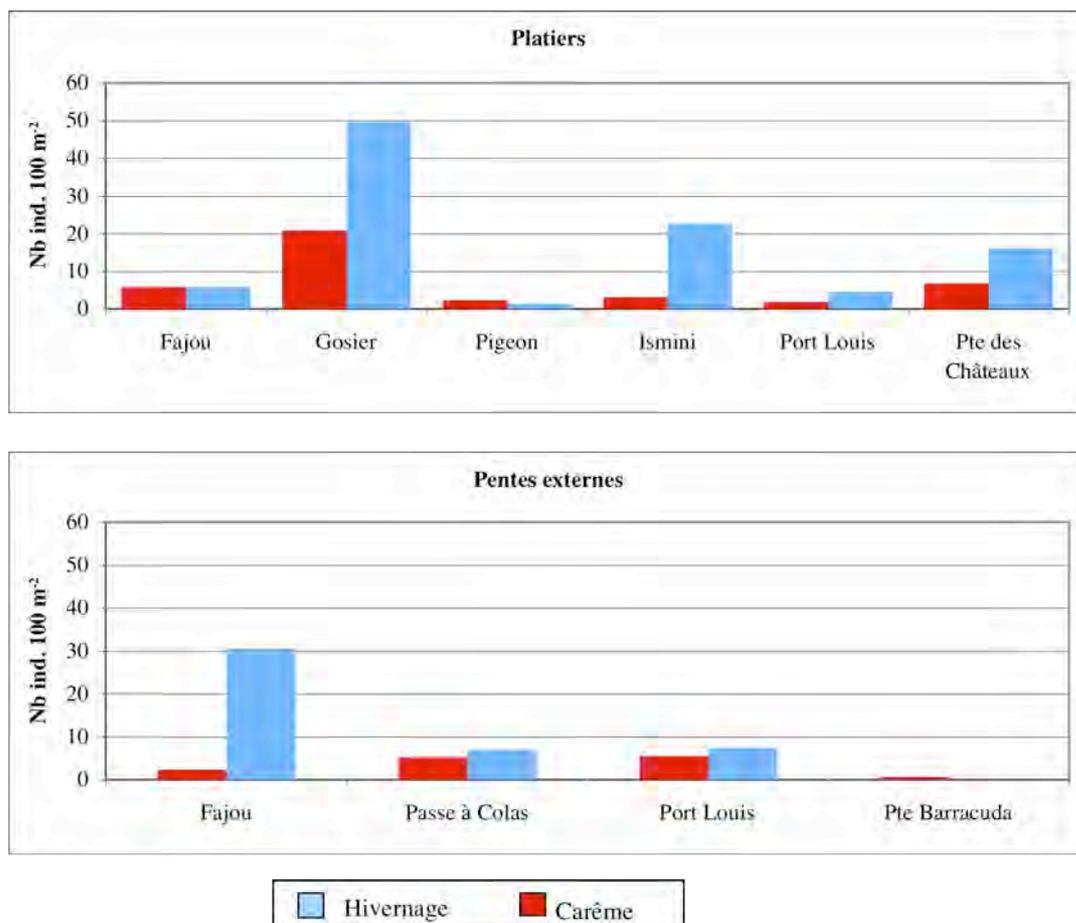


Figure V-11 : Répartition des effectifs de juvéniles de poissons herbivores dans les stations étudiées pendant le carême et l'hivernage.

### III- RELATIONS ENTRE LA DISTRIBUTION DES POISSONS HERBIVORES ET LEUR MILIEU

Les différents facteurs pouvant expliquer les variations spatiales du peuplement de poissons herbivores ont été recherchés. Tout d'abord, une analyse en composante principale a été réalisée sur les données de la matrice des variables de l'environnement (Annexe V-4) afin de voir comment ces dernières caractérisaient les différents sites étudiés. Puis des analyses des redondances ont été effectuées afin de mettre en relation les données ichtyologiques et les variables de l'environnement.

#### A- Importance des variables utilisées

Afin de rechercher comment les facteurs de l'environnement mesurés lors de cette étude caractérisent les sites étudiés, une Analyse en Composante Principale (ACP) a été réalisée sur les variables de l'environnement centrées-réduites et sur les stations. Cette analyse a porté sur les variables quantitatives suivantes : la quantité de nitrates et de phosphates dans l'eau, la quantité de matières en suspension (MES), la productivité algale, le recouvrement des fonds (par du gazon algal, des Cyanophycées, des Chlorophycées molles, des Chlorophycées calcifiées, des Phéophycées, des Rhodophycées érigées, des Mélobésiées, des coraux et des autres Invertébrés benthiques). Les différents types de substrat ont également été pris en compte, substrats rocheux, fonds de sable et débris coralliens.

Cette analyse a été réalisée sur 21 stations pour lesquelles l'ensemble de ces données était disponible. Une classification hiérarchique a également été élaborée à partir des coordonnées des premiers axes significatifs de l'ACP (Distance euclidienne, Algorithme de Ward).

Les stations ont été projetées sur le graphique de la Figure V-12A et les variables environnementales sur celui de la Figure V-12B. Le premier axe représente 26,1 % de la variance expliquée et le deuxième axe 21,3 %. Les groupes issus de la classification ont été projetés sur le graphique de la Figure V-12A. Ce graphique montre qu'il existe une opposition entre les platiers relativement dégradés (en bas, à gauche du graphique) et les pentes externes récifales (en haut, à droite). La classification ainsi que la projection des variables dans le premier plan factoriel confirment ces résultats. En effet, du côté des platiers de Port-Louis, de la Caye à Dupont, de Gosier, de la Pointe des Châteaux et de l'îlet Fajou, il existe des fortes quantités de nitrates, phosphates et matières en suspension. La productivité algale y est forte.

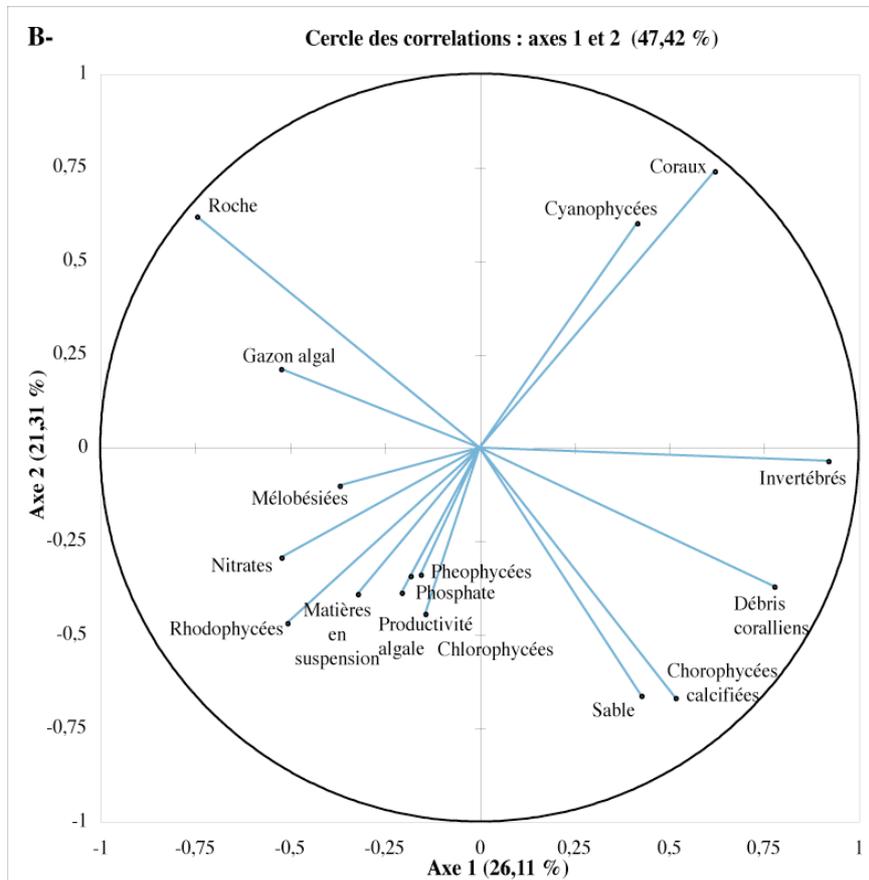
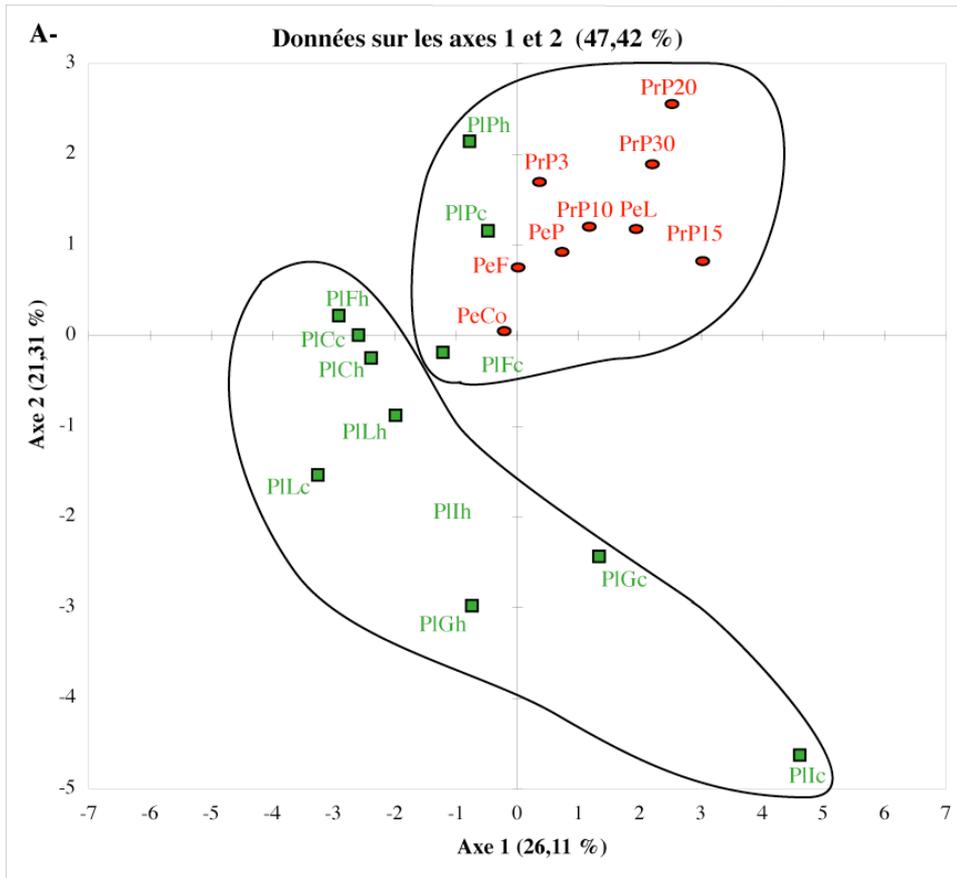


Figure V-12 : Résultats de l'ACP sur les variables de l'environnement.

Le recouvrement des fonds par les organismes benthiques est caractérisé par la dominance de macroalgues (Rhodophycées, Phéophycées, Chlorophycées et Mélobésiées). Ces variables s'opposent dans le graphe, aux stations présentant un recouvrement important des fonds par les coraux.

Cette dernière analyse permet de caractériser les deux habitats principaux des poissons herbivores. Elle révèle l'existence d'une séparation des stations en fonction du recouvrement des fonds par les organismes benthiques. Les zones de petits fonds présentent une couverture importante de macroalgues et des taux de nutriments élevés, témoins de leur niveau de dégradation. Les zones plus profondes sont caractérisées par des peuplements benthiques récifaux en bon état, dominés par les coraux.

## **B- Relations entre la distribution des poissons herbivores et les variables du milieu**

### **1- Relation entre les descripteurs synthétiques et les variables environnementales**

Une première analyse des redondances partielle (RDA) a été réalisée sur l'ensemble des descripteurs synthétiques de la guildes de poissons herbivores (Annexe V-5) : la richesse spécifique (Rs), les effectifs (Eff), la biomasse (Biom), la proportion d'herbivores dans le peuplement ichtyologique total en effectifs (PropHE) et en biomasse (PropHB), ainsi que les indices de diversité et d'équitabilité calculés à partir des données en effectifs (H'Eff et E'Eff) et en biomasse (H'Biom et E'Biom). Afin de supprimer toute influence de la saison dans les analyses spatiales, des analyses des redondances partielles ont été utilisées en plaçant le descripteur « saison » en covariable.

Ces données ont été analysées avec les descripteurs du milieu énumérés dans le Tableau V-3. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau V-3 et sur la Figure V-13. Sur ce graphique, les descripteurs synthétiques sont projetés dans le premier plan factoriel en même temps que les variables environnementales qui sont apparues statistiquement significatives au cours de l'analyse. Les variables sont toutes quantitatives et sont donc représentées par des vecteurs sur le graphe.

Les deux premiers axes factoriels expliquent 84,9 % de l'analyse canonique (axe 1 : 63,9 % ; axe 2 : 21,0 %). Les données représentent 31,1 % de la variance totale avec

23,4 % pour le premier axe 1 et 7,7 % pour le deuxième axe. Les corrélations espèces-facteurs de l'environnement sont respectivement de 0,82 et 0,59 pour les deux premiers axes.

Tableau V-3 : Résultats de l'analyse des redondances sur les descripteurs synthétiques : coefficients de corrélation, coefficients canoniques et tests par permutation.

Variables explicatives	Coefficients de corrélation		Coefficients canoniques		Tests par permutation
	Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2	
Pheophycées	0,74	0,65	0,61	0,39	p<0,01
Profondeur	0,66	-0,52	0,54	-0,31	p<0,01
Rhodophycées	0,24	0,17	0,2	0,1	p<0,05
Gazon algal	—	—	—	—	N.S
Coraux	—	—	—	—	N.S
Chlorophycées	—	—	—	—	N.S
Chlorophycées calcaires	—	—	—	—	N.S
Mélobésiées	—	—	—	—	N.S
Cyanobactéries	—	—	—	—	N.S
Invertébrés	—	—	—	—	N.S
Roche	—	—	—	—	N.S
Sable	—	—	—	—	N.S
Débris coralliens	—	—	—	—	N.S
Réserve	—	—	—	—	N.S
Non réserve	—	—	—	—	N.S

Les variables ayant une influence statistiquement significative sur la structure des données sont les macroalgues (Phéophycées et Rhodophycées) ainsi que la profondeur. Ces variables apparaissent peu corrélées sur le graphique. Elles ont le même poids sur l'axe 1 et l'axe 2 compte tenu que leurs vecteurs forment approximativement des angles de 45° avec les deux axes (Figure V-13). Un recouvrement important des fonds par les macroalgues s'oppose donc à la biodiversité des poissons herbivores que ce soit en nombre d'espèces, effectifs, biomasses et indices de diversité.

En considérant la variable profondeur, on constate que la richesse spécifique, les effectifs et la biomasse en poissons herbivores sont plus importants dans les habitats peu profonds (platiers et sommets de pentes externes récifales), à l'exception de la diversité en effectifs qui paraît plus élevée dans les habitats profonds. Ce phénomène peut être rapproché de la relative raréfaction des poissons juvéniles dans les peuplements en profondeur.

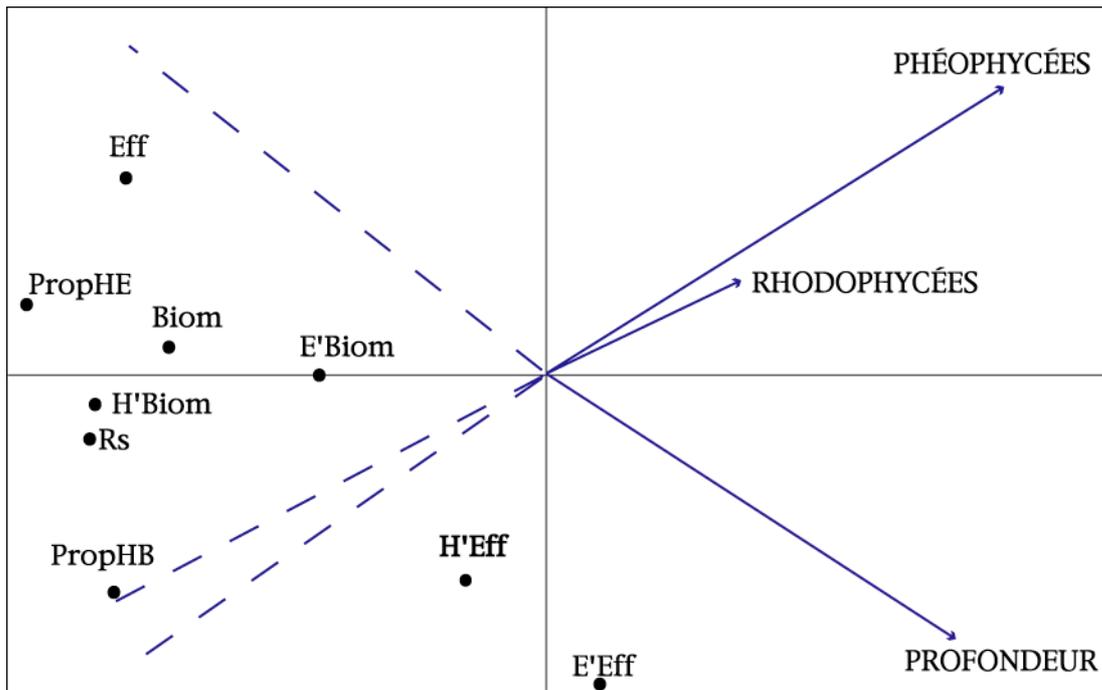


Figure V-13 : Résultats de l'analyse des redondances sur les descripteurs synthétiques.

## 2- Influence des variables de l'environnement sur les données de présence-absence

Le précédent chapitre a montré que l'influence saisonnière était très faible sur les peuplements d'herbivores. Toutefois, afin de supprimer complètement toute influence de ce facteur dans les analyses spatiales, des analyses des redondances partielles ont été utilisées en plaçant le descripteur « saison » en covariable (2 modalités). L'espèce *Kyphosus cf. sectatrix* étant une espèce rare (présente dans une seule des stations) a été éliminée des analyses.

Les résultats des analyses des redondances sur les données en présence-absence (Annexe V-6) sont présentés dans le Tableau V-4 et sur la Figure V-14. Les deux premiers axes factoriels expliquent 69,8 % de l'analyse canonique, avec 48,5 % pour le premier axe et 21,3 % pour le deuxième. Au total les données représentent 35 % de la variance totale avec 24,3 % pour le premier axe et 10,7 % pour le deuxième axe. Le pourcentage total de variance expliquée par les facteurs de l'environnement considérés est de 46,9 %. Le test global de signification de l'analyse, ainsi que le test de signification du premier axe sont significatifs ( $p \leq 0,01$ ).

Le tableau V-4 représente les coefficients de corrélation entre les axes 1 et 2 et les variables de l'environnement ainsi que les coefficients canoniques des deux premiers axes. Ce tableau montre que, sur les 12 variables de l'environnement introduites dans l'analyse, cinq

d'entre elles ont une influence statistiquement significative sur la structure du tableau de données. Il s'agit du taux de recouvrement des fonds par les coraux ( $p < 0,01$ ), les Phéophycées et les Rhodophycées ( $p < 0,05$ ), de la profondeur ( $p < 0,05$ ) et du statut de réserve ( $p < 0,01$ ). L'examen des coefficients de corrélation et des coefficients canoniques montre que le premier axe de l'analyse est expliqué par quatre variables et que le deuxième axe est expliqué principalement par le recouvrement des fonds en Phéophycées ( $r = 0,54$ ).

L'examen du graphique montre l'existence d'une bonne corrélation entre l'abondance des coraux et la profondeur, facteurs qui s'opposent sur le premier axe avec l'abondance des Rhodophycées (Figure V-14). Ce phénomène est normal, dans la mesure où la biodiversité maximale des coraux sur les récifs caraïbes est observée entre 10 et 20 m, alors que les petits fonds constituent l'habitat de prédilection des Rhodophycées. Certaines espèces de poissons herbivores montrent une prédilection pour les pentes externes (*Sparisoma viride*, *S. aurofrenatum*, *Scarus vetula*, *S. taeniopterus*, *Acanthurus bahianus* et *A. coeruleus*), alors que d'autres ont plus d'affinité pour les platiers et les zones de petits fonds (*Ophioblennius atlanticus*, *S. iserti*, *Sparisoma chrysopterum* et *A. chirurgus*). Les espèces *Sparisoma aurofrenatum* et *Acanthurus coeruleus* semblent être plus particulièrement en relation avec la couverture corallienne, alors que *Sparisoma viride* et *Acanthurus bahianus* apparaissent plus liés à la profondeur. Toujours sur l'axe 1, les peuplements de macroalgues (Phéophycées, Rhodophycées) caractérisent les zones situées hors réserve, en opposition sur cet axe avec les zones protégées.

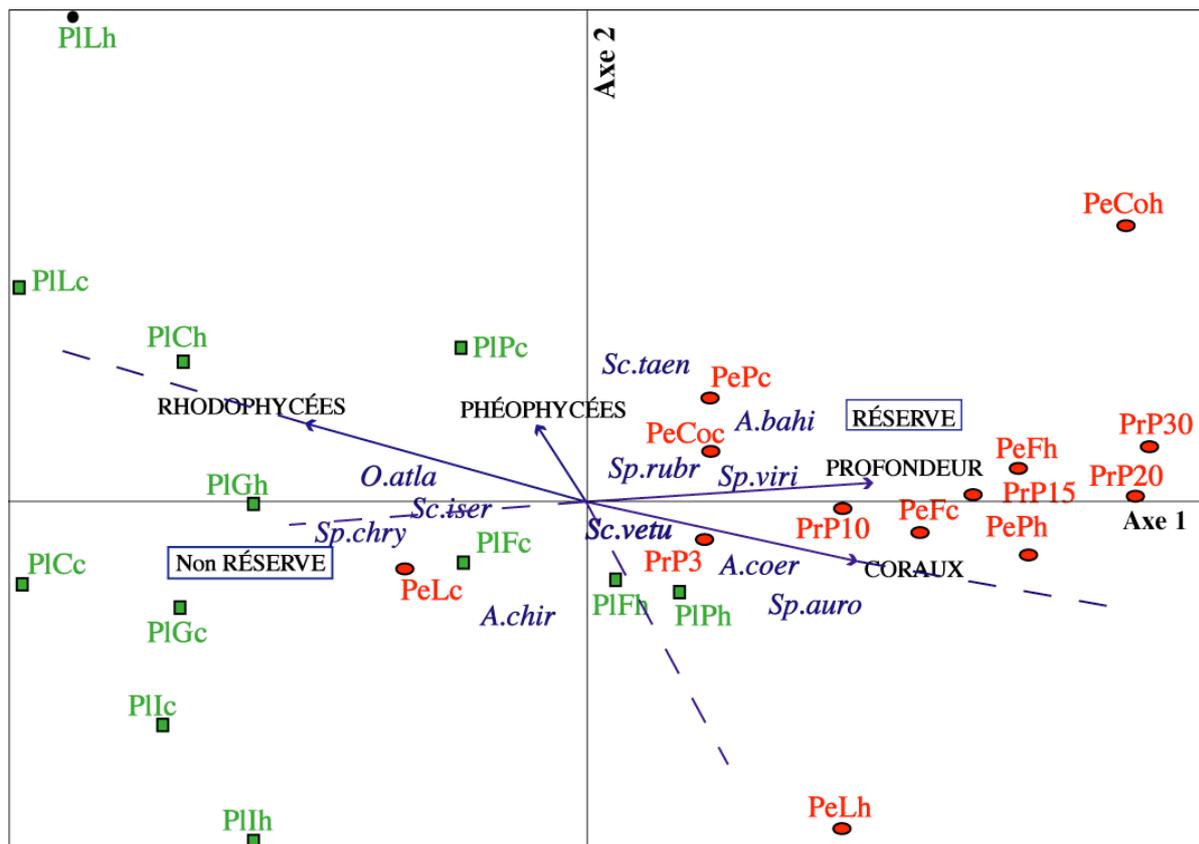


Figure V-14 : Résultats des analyses canoniques partielles des redondances sur les données de présence-absence.

### 3- Influence des variables de l'environnement sur les données d'effectifs

Les résultats des analyses des redondances sur les données d'effectifs (Annexe V-7) sont présentés dans le Tableau V-4 et sur la Figure V-15. Les deux premiers axes factoriels expliquent 79,3 % de l'analyse canonique, avec 52,5 % pour le premier axe et 26,8 % pour le deuxième. Les données représentent 45,2 % de la variance totale avec 30 % pour le premier axe et 15,2 % pour le deuxième axe. Le pourcentage total de variance expliquée par les facteurs de l'environnement considérés est de 52,9 %. Le test global de signification de l'analyse ainsi que celui portant sur la signification du premier axe sont significatifs ( $p \leq 0,01$ ).

Le tableau V-4 représente les coefficients de corrélation entre les axes 1 et 2, les variables de l'environnement et les coefficients canoniques des 2 premiers axes. Sur les 12 variables de l'environnement introduites dans l'analyse, six d'entre elles ont une influence statistiquement significative sur la structure du tableau de données. Il s'agit du recouvrement en coraux ( $p < 0,01$ ), en Invertébrés ( $p < 0,01$ ) et en gazon algal ( $p < 0,05$ ), de la profondeur



#### 4- Influence des variables de l'environnement sur les données de biomasses

Les résultats des analyses des redondances sur les données de biomasses (Annexe V-8)-sont présentés dans le Tableau V-4 et sur la Figure V-16. Les deux premiers axes factoriels expliquent 79,6 % de l'analyse canonique, avec 62,1 % pour le premier axe et 17,5 % pour le deuxième. Au total, les données représentent 42,5 % de la variance totale avec 33,2 % pour le premier axe et 9,3 % pour le deuxième axe. Le pourcentage total de variance expliquée par les facteurs de l'environnement considérés est de 50,9 %. Le test global de signification de l'analyse ainsi que celui sur la signification du premier axe sont significatifs ( $p \leq 0,01$ ).

Le tableau V-4 représente les coefficients de corrélation entre les axes 1 et 2 et les variables de l'environnement ainsi que les coefficients canoniques des 2 premiers axes. Cinq variables sur les douze introduites dans l'analyse ont une influence statistiquement significative sur la structure du tableau de données. Il s'agit des mêmes variables qui étaient significatives pour l'analyse des redondances concernant les données de présence-absence : les Phéophycées, les Rhodophycées, les Coraux, la profondeur et les réserves. Ceci est dû au fait que les données de présence-absence et de biomasses sont en relation. En effet, certaines espèces n'apparaissent que dans quelques stations et ne sont représentées que par quelques spécimens de grande taille qui font augmenter la biomasse. Ces individus n'étant pas nombreux, leur apparition n'influe pas sur les données d'effectifs.

La profondeur est un facteur qui influence la distribution des poissons herbivores. On retrouve dans les zones profondes les individus de grande taille des espèces *Sparisoma viride* et *S. aurofrenatum*. Les zones à fort recouvrement corallien qui coïncident avec les zones de réserve abritent les individus de grande taille de *Scarus taeniopterus*.

Les espèces *S. iserti*, *Sparisoma chrysopteron* et *Acanthurus chirurgus* possèdent de fortes biomasses dans les zones hors réserve, sur des platiers et des pentes externes relativement dégradés. Le recouvrement en macroalgues a aussi une influence sur les biomasses de poissons herbivores. Les gros individus de *S. rubripinne* sont en relation avec le recouvrement en Phéophycées alors que les espèces *A. coeruleus*, *A. bahianus* et *Ophioblennius atlanticus* sont plus en relation avec le recouvrement en Rhodophycées (Figure V-16).



Tableau V-4 : Résultats des analyses des redondances réalisées sur les données de présence-absence, d'effectifs et de biomasse.

Variables explicatives	Présence-absence					Effectifs					Biomasse				
	Coefficients de corrélation		Coefficients canoniques		Tests par permutation	Coefficients de corrélation		Coefficients canoniques		Tests par permutation	Coefficients de corrélation		Coefficients canoniques		Tests par permutation
	Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2		Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2		Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2	
Gazon algal	—	—	—	—	N.S	-0,11	-0,25	-0,09	-0,19	p < 0,05	—	—	—	—	N.S
Chlorophycées	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S
Chlorophycées calcaires	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S
Phéophycées	-0,16	0,54	-0,15	0,41	p < 0,05	—	—	—	—	N.S	0,01	0,25	0,01	0,21	p < 0,05
Rhodophycées	-0,79	0,47	-0,73	0,36	p < 0,05	—	—	—	—	N.S	-0,6	-0,23	-0,53	-0,19	p < 0,05
Mélobésiées	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S
Cynobactéries	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S
Coraux	0,9	-0,16	0,84	-0,13	p < 0,01	0,85	0,27	0,73	0,21	p < 0,01	0,83	-0,06	0,73	-0,05	p < 0,01
Invertébrés	—	—	—	—	N.S	0,53	0,04	0,45	0,03	p < 0,01	—	—	—	—	N.S
Roche	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S	—	—	—	—	N.S
Sable	—	—	—	—	N.S	-0,42	0,34	-0,36	0,27	p < 0,01	—	—	—	—	N.S
Débris coralliens	—	—	—	—	N.S	0,10	-0,22	0,09	-0,17	p < 0,01	—	—	—	—	N.S
Profondeur	0,82	0,07	0,76	0,06	p < 0,05	0,71	0,63	0,61	0,49	p < 0,05	0,82	0,45	0,71	0,37	p < 0,01
Réserve	0,80	0,16	0,74	0,12	p < 0,01	—	—	—	—	N.S	0,79	-0,24	0,70	-0,20	p < 0,1
Non réserve	-0,80	-0,16	-0,74	-0,12	p < 0,01	—	—	—	—	N.S	-0,79	0,24	-0,70	0,20	p < 0,1
	Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2		Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2		Axe 1	Axe 2	Axe 1	Axe 2	
Valeurs propres	0,23	0,10				0,28	0,14				0,32	0,09			
Corrélations espèces-variables	0,93	0,77				0,85	0,78				0,88	0,82			
% variance cumulé:															
données sur les espèces	24,3	35,00				30,00	45,20				33,20	42,50			
données espèces-variables	48,5	69,80				52,50	79,30				62,10	79,60			
Somme des valeurs propres		0,94					0,93					0,95			
% expliqué par les variables		46,90					52,90					50,90			
% expliqué par les covariables		6,40					7,30					4,70			

Tableau V-5 : Pourcentage de variance expliquée par les groupes de variables étudiées sur les données de présence-absence, d'effectifs et de biomasse.

Groupe	Variables	Présence-Absence	Effectifs	Biomasse
Algues	Phéophycées Rhodophycées Gazon algal	18,3%	15,3%	17,1%
Invertébrés	Coraux Autres invertébrés	17,1%	17,9%	20,1%
Substrats	Sable Débris coralliens	1,3%	6,3%	2,6%
Profondeur	Profondeur	13,2%	16,3%	19,9%
Protection	Réserve	12,0%	14,7%	17,5%
Saisons	Saisons	2,3%	3,3%	0,5%
Part de variance inexplicée		35,8%	26,2%	22,3%

Ces résultats montrent que quatre groupes de variables ont une forte influence sur le peuplement de poissons, quel que soit le type de données considérées.

Les peuplements algaux influencent le peuplement de poissons herbivores. Ils expliquent 18,3 % de la variance du tableau de données de présence-absence, 15,3 % de la variance des données d'effectifs et 17,1 % de la variance des données de biomasses.

Le recouvrement en Invertébrés, coraux et autres, explique également une grande partie de la structure du tableau de données de présence-absence (17,1 %), d'effectifs (17,9 %) et de biomasses (20,1 %).

La troisième variable jouant un rôle important pour la guildes des herbivores est la profondeur qui explique respectivement 13,2 %, 16,3 % et 19,9 % de la variance des tableaux de données de présence - absence, d'effectifs et de biomasses.

Les réserves semblent jouer un rôle pour la structure des peuplements de poissons herbivores, en particulier pour leur biomasse (17,5 % de la variance expliquée).

Enfin deux variables ont une influence relative moindre sur la distribution des poissons herbivores. Il s'agit de la variable « substrat » et de la variable « saison ». La première variable joue surtout un rôle en ce qui concerne les effectifs de poissons (6,3 % de la variance expliquée) et la deuxième explique au maximum 3,3 % de la variance (Tableau V-5).

## IV- INFLUENCE DE LA PROFONDEUR SUR LA DISTRIBUTION DES POISSONS HERBIVORES

### A- Distribution bathymétrique

Après avoir montré que la profondeur joue un rôle significatif dans la distribution des poissons herbivores, il nous a paru intéressant d'examiner plus en détail l'influence de ce facteur.

#### 1- Richesse spécifique

Les résultats montrent que la richesse spécifique des poissons herbivores (Figure V-17) diminue avec la profondeur pour se stabiliser à 7 espèces, à partir de 10 mètres de profondeur. La richesse spécifique maximale (11 espèces) est observée à -1 m, notamment en raison de la présence d'espèces typiques de petits fonds comme *Ophioblennius atlanticus*, *Scarus iserti* et *Sparisoma chrysopterum*.

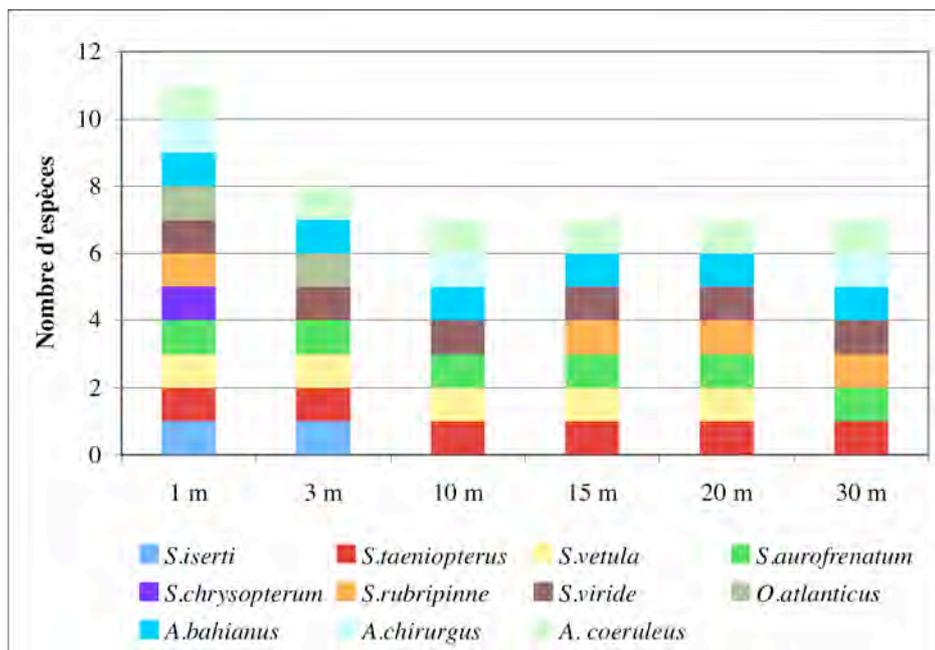


Figure V-17 : Variations de la richesse spécifique en fonction de la profondeur.

## 2- Effectifs

L'examen de la distribution des effectifs de poissons herbivores en fonction de la profondeur montre une diminution importante à partir de 15 mètres (Figure V-18), les effectifs les plus élevés étant situés à faible profondeur.

L'examen des dominances par famille confirme les résultats énoncés précédemment et montre que les Scaridae présentent des effectifs plus importants sur les pentes externes alors que les Acanthuridae dominent à faible profondeur.

Les distributions en effectifs par espèce de ces familles sont données respectivement sur la Figure V-19 et sur la Figure V-20.

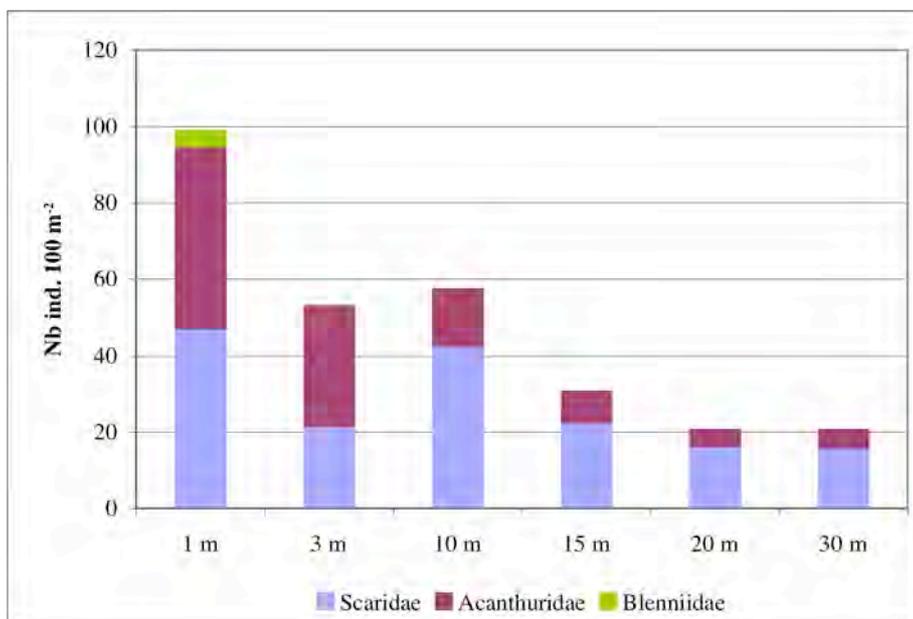


Figure V-18 : Distribution des effectifs de poissons herbivores en fonction de la profondeur.

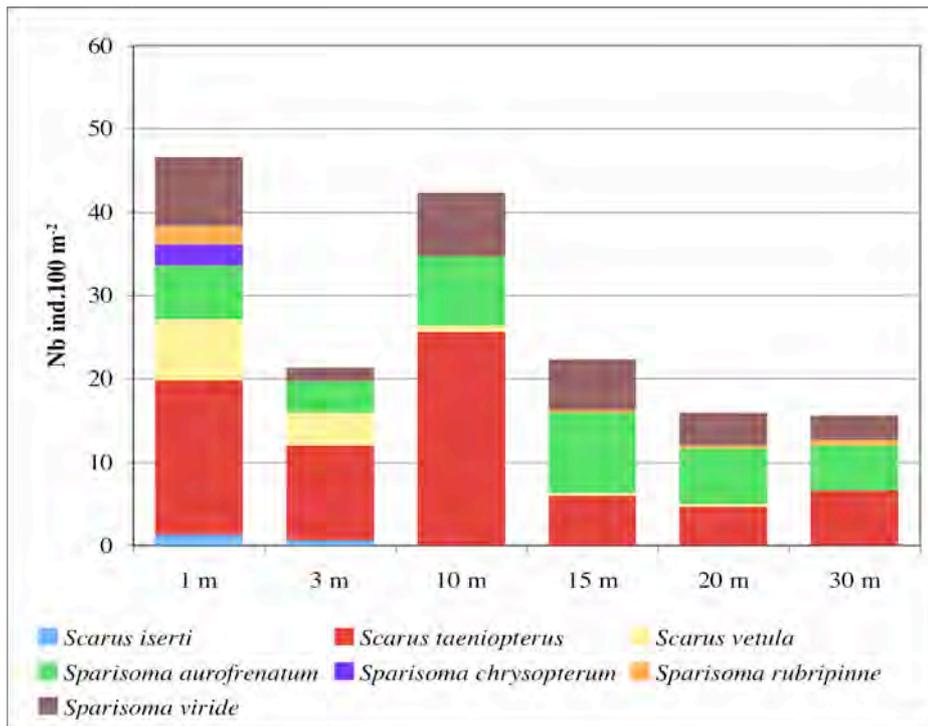


Figure V-19 : Distribution des effectifs de Scaridae en fonction de la profondeur.

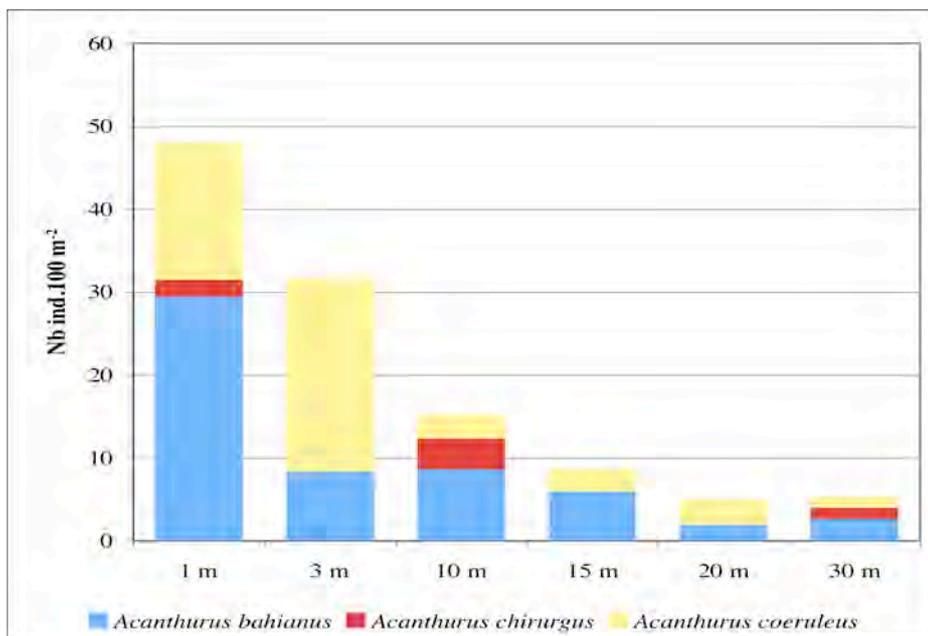


Figure V-20 : Distribution des effectifs d'Acanthuridae en fonction de la profondeur.

Les effectifs de Scaridae présentent un pic vers -10 m, dû à l'abondance particulière de *Scarus taeniopterus* qui semble trouver à cette profondeur son habitat de prédilection. Certaines espèces comme *Sparisoma chrysopterus*, *S. rubripinne* ou *Scarus iserti* sont en nombre important dans les petits fonds alors que *S. taeniopterus*, *Sparisoma aurofrenatum* et *S. viride* sont relativement abondants quelle que soit la profondeur.

De même, les effectifs des Acanthuridae diminuent régulièrement avec la profondeur. *Acanthurus coeruleus* et *A. bahianus* sont plus abondants en nombre dans les habitats de petits fonds.

### 3- Biomasses

L'examen de la distribution des biomasses de poissons herbivores en fonction de la profondeur montre une diminution progressive des biomasses avec la profondeur (Figure V-21), les biomasses les plus élevées étant situées entre 10 mètres et la surface.

Les résultats par famille montrent que les Scaridae sont dominants, quelle que soit la profondeur. Les plus fortes biomasses d'Acanthuridae sont toutefois observables à -1 m et à -3 m. Les distributions en biomasse des espèces de ces deux familles est donnée sur les Figure V-22 et V-23.

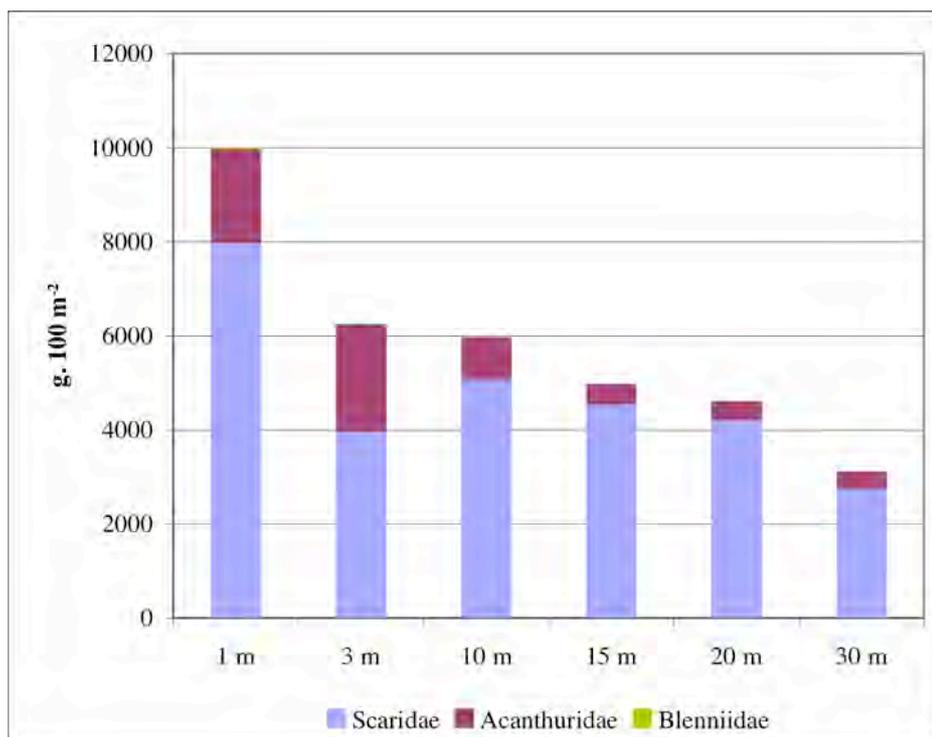


Figure V-21 : Distribution de la biomasse totale de poissons herbivores en fonction de la profondeur.

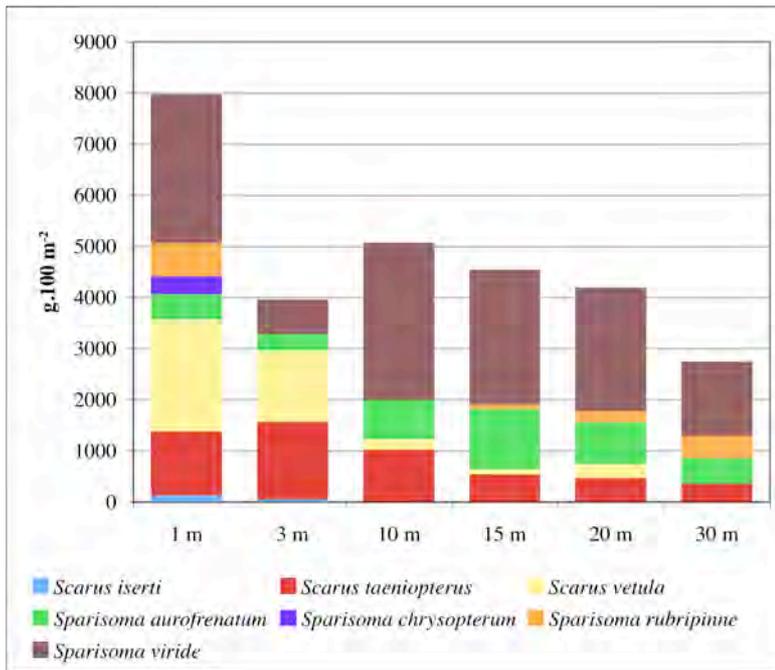


Figure V-22 : Distribution de la biomasse des Scaridae en fonction de la profondeur.

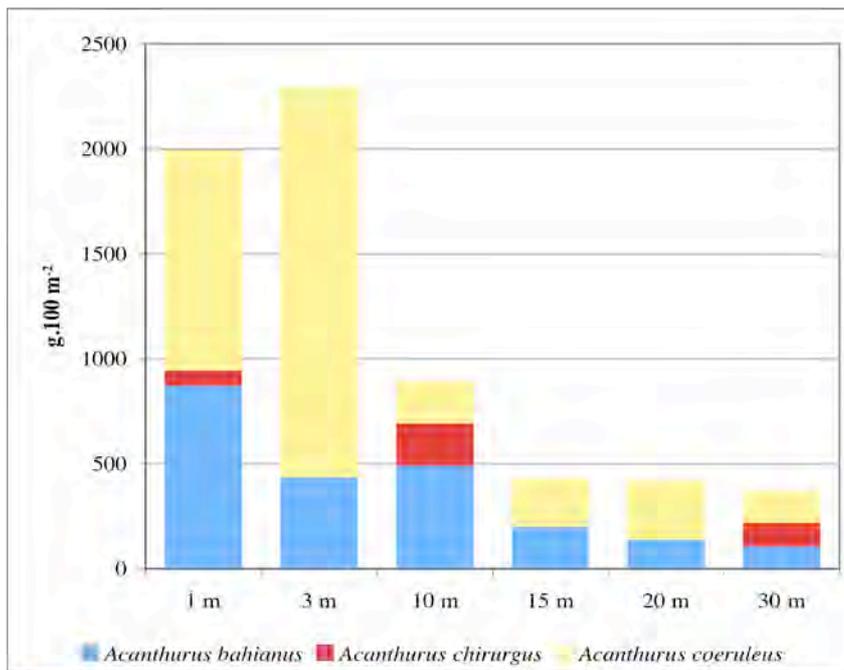


Figure V-23 : Distribution de la biomasse des Acanthuridae en fonction de la profondeur.

Il existe une tendance générale décroissante de la biomasse des poissons herbivores au fur et à mesure que l'on s'enfonce sur les pentes externes. Le graphique représentant la biomasse de Scaridae montre qu'il y a un « creux » vers -3 m, compensé par une abondance plus importante des Acanthuridae à ce niveau (essentiellement due à *Acanthurus coeruleus*). L'examen des valeurs de biomasse par espèce montre que *Sparisoma viride* domine à toutes

les profondeurs, excepté à -3 m. *S. aurofrenatum* est mieux représenté à partir de -10 m, alors que *Scarus vetula* présente des biomasses plus élevées dans les zones de petits fonds.

Pour les Acanthuridae, les biomasses les plus importantes ont été observées à 1 et 3 mètres de profondeur, notamment avec *Acanthurus coeruleus* et *A. bahianus*. À -10 m, elles chutent fortement pour atteindre à -30 mètres des valeurs plus de quatre fois inférieures à celles rencontrées à la surface.

### B- Recherche de facteurs explicatifs.

Afin de rechercher des facteurs explicatifs pouvant être reliés à la distribution bathymétrique des poissons herbivores, des mesures ont été effectuées parallèlement aux comptages. Ainsi la productivité algale a été mesurée à chaque profondeur ainsi que le recouvrement en gazon algal. Les résultats font l'objet des Figures V-24 et V-25.

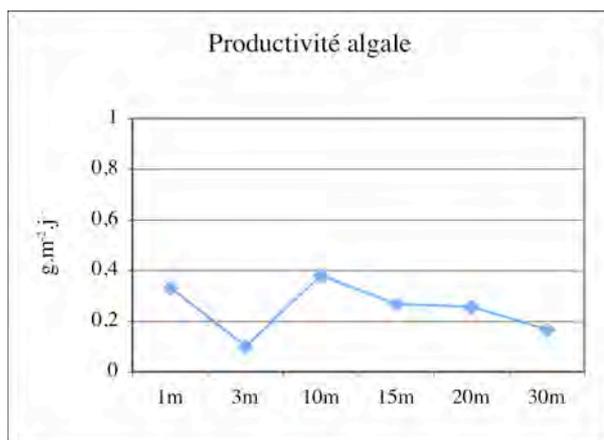


Figure V-24 : Valeurs de la productivité algale en fonction de la profondeur

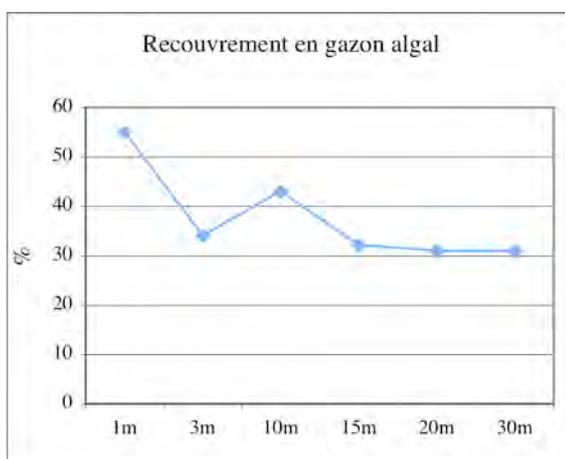


Figure V-25 : Valeurs du recouvrement des fonds en gazon algal en fonction de la profondeur

L'observation de ces graphiques suggère qu'il existe une relation entre les valeurs de la productivité du gazon algal et son taux d'occupation des fonds. Ces deux variables décroissent avec la profondeur après avoir atteint un maximum vers -10 m. Ces résultats laissent à penser que le succès compétitif de ce peuplement au niveau de la communauté benthique récifale est directement lié à l'intensité du métabolisme photosynthétique des algues qui le composent.

Une recherche de corrélations a ensuite été réalisée entre les descripteurs concernant l'ichtyofaune et ceux concernant les algues, en fonction des différentes profondeurs étudiées. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le Tableau V-6.

Tableau V-6 : matrice des corrélations de rang de Spearman (en gras les corrélations statistiquement significatives).

Variables	Productivité algale	Recouvrement en gazon algal	Effectifs	Biomasse	Profondeur
Productivité algale	<b>1</b>	0,580	0,6000	0,314	-0,314
Recouvrement en gazon algal	0,580	<b>1</b>	<b>0,986</b>	<b>0,928</b>	<b>-0,928</b>
Effectifs	0,600	<b>0,986</b>	<b>1</b>	<b>0,943</b>	<b>-0,943</b>
Biomasse	0,314	<b>0,928</b>	<b>0,943</b>	<b>1</b>	<b>-1</b>
Profondeur	-0,314	<b>-0,928</b>	<b>-0,943</b>	<b>-1</b>	<b>1</b>

Les tests de corrélation montrent que l'abondance des poissons herbivores, que ce soit en effectifs ou en biomasse, est liée à la surface de gazon algal disponible sur le récif, c'est-à-dire à la quantité de nourriture disponible. Le taux de recouvrement des fonds par le gazon algal décroît avec la profondeur et entraîne la diminution concomitante de l'abondance des poissons herbivores.

La productivité du peuplement algal ne semble pas jouer un rôle important dans la distribution de ces poissons.

## V- IMPACT DU STATUT DE PROTECTION SUR LES PEUPELEMENTS DE POISSONS HERBIVORES

Il a également été mis en évidence au paragraphe III l'influence de la variable « réserve » sur le peuplement de poissons herbivores. Des comptages ont été réalisés dans des zones de réserve et dans des zones non protégées, puis les résultats entre ces deux zones ont été comparés. Les stations bénéficiant du statut de réserve sont celles des sites de l'îlet Fajou, des îlets Pigeon, et de la Passe à Colas.

### A- Densités de poissons herbivores dans les zones situées en et hors réserve

Les densités moyennes en effectifs et en biomasse par famille de poissons herbivores dans les zones qui bénéficient du statut de réserve et dans les zones non protégées sont données dans le Tableau V-7.

Concernant les effectifs, ce tableau montre que les réserves ont un rôle de protection plus important au niveau des platiers que sur les pentes externes. En effet, sur les pentes externes, les effectifs sont moindres dans les zones protégées que dans les zones non protégées. L'examen des effectifs par famille montre que les Acanthuridae, espèces dominantes des platiers, sont plus abondants sur les platiers récifaux protégés. En revanche, pour les Scaridae, les effectifs sont globalement identiques sur les platiers et sur les pentes externes, que ces habitats soient protégés ou non.

Le tableau montre qu'en biomasse, les valeurs sont bien plus élevées dans les zones de réserve, excepté pour les Acanthuridae sur les pentes externes. Ce dernier résultat est dû à l'observation d'un banc de biomasse particulièrement élevée présent dans l'une des stations. Les résultats montrent que les réserves jouent un rôle considérable sur les biomasses de poissons puisque les valeurs y sont entre 2 et 4 fois plus grandes que dans les zones non protégées. Les réserves abritent donc des individus de plus grande taille.

Tableau V-7 : Densités moyennes des poissons herbivores en effectifs et en biomasse dans les zones de réserve et dans les zones non protégées.

	Effectifs (ind. 100 m <sup>2</sup> )				Biomasse (g. 100 m <sup>2</sup> )			
	Réserve		Non Réserve		Réserve		Non Réserve	
	Platiers	P. externes	Platiers	P. externes	Platiers	P. externes	Platiers	P. externes
<b>Scaridae</b>	48,0	39,0	47,8	36,7	4771,2	3718,7	1066,6	1716,5
<b>Acanthuridae</b>	77,0	11,0	36,9	27,8	3634,3	625,5	1846,7	3048,9
<b>Tot. herbivores</b>	127,0	50,0	91,9	64,5	8484,7	4402,1	3773,2	4765,4

### B- Mise en relation des réserves et des descripteurs synthétiques du peuplement de poissons herbivores

Les résultats du paragraphe III-B-1 ont montré que les descripteurs synthétiques traduisant la biodiversité et l'abondance des poissons étaient opposés à l'importance des macroalgues sur les fonds. Il a donc paru intéressant d'essayer de déterminer si les poissons herbivores fuyaient les habitats dominés par les macroalgues, ou bien si le développement de

macroalgues en surabondance était induit par une raréfaction des herbivores, laquelle entraînerait une diminution de leur pression de broutage sur les algues.

Dans cette optique, l'abondance des poissons herbivores en biomasse et le recouvrement des fonds en macroalgues ont été comparés par des tests U de Mann et Whitney entre des zones en réserve et des zones pêchées. Ces tests ont été réalisés sur les données concernant les platiers récifaux afin de ne pas mélanger les peuplements de pentes externes récifales et de platiers.

Les tests ont montré qu'il existe une différence statistiquement significative entre les données de biomasses des deux types de zones prospectées ( $p = 0,0016$ ), les biomasses de poissons herbivores étant de l'ordre du double dans les réserves par rapport aux zones non protégées (moyennes respectives de 8484,7 g et 3773,3 g). Il existe également une différence statistiquement significative entre le recouvrement en macroalgues de ces zones ( $p < 0,0001$ ), avec un recouvrement en macroalgues plus important dans les zones qui n'ont pas le statut de réserve (37,8 %) par rapport à celui des zones protégées (4,8 %).

Une corrélation entre le recouvrement des fonds en macroalgues et les biomasses de poissons herbivores a ensuite été recherchée par le calcul du coefficient de corrélation de rangs de Spearman. Ce test a révélé l'existence d'une corrélation inverse statistiquement significative entre ces variables ( $r_s = -0,522$  ;  $p = 0,049$ ).

Dans la mesure où la décision de mise en réserve des zones considérées a été prise sans tenir compte de données pouvant influencer la nature de leurs peuplements algaux, les résultats obtenus constituent une forte présomption tendant à confirmer l'hypothèse que le recouvrement des fonds récifaux en macroalgues est activement contrôlé par les poissons herbivores. Dans les zones protégées, les biomasses de poissons herbivores sont élevées et le recouvrement en macroalgues est faible. Dans les zones non protégées, les poissons herbivores sont pêchés et ceux qui restent n'atteignent pas de grandes tailles. Ils ne peuvent donc pas empêcher le développement ni assurer la régulation de la croissance des macroalgues qui évoluent indépendamment.

### **C- Étude du sex-ratio des espèces de Scaridae**

Les Scaridae possédant des livrées colorées bien distinctes selon qu'ils sont mâles ou femelles, il a été possible de déterminer le sex-ratio de ces poissons et de les comparer entre les zones situées dans une réserve et celle qui ne le sont pas. Pour cela, le pourcentage de mâles des différentes espèces a été calculé.

Le pourcentage moyen de mâles dans les réserves est de 28,1 % et de 9,4 % dans les zones non protégées de la pêche (Figure V-26).

Les pourcentages de mâles par espèce dans les deux types de zones sont donnés dans le Tableau V-8. Un examen approfondi des résultats révèle que trois espèces, *Sparisoma chrysopterum*, *S. rubripinne* et *Scarus vetula*, ne possèdent aucun mâle dans les zones hors des réserves.

Un test U de Mann et Whitney montre que la différence entre les deux zones est statistiquement significative ( $p = 0,023$ ).

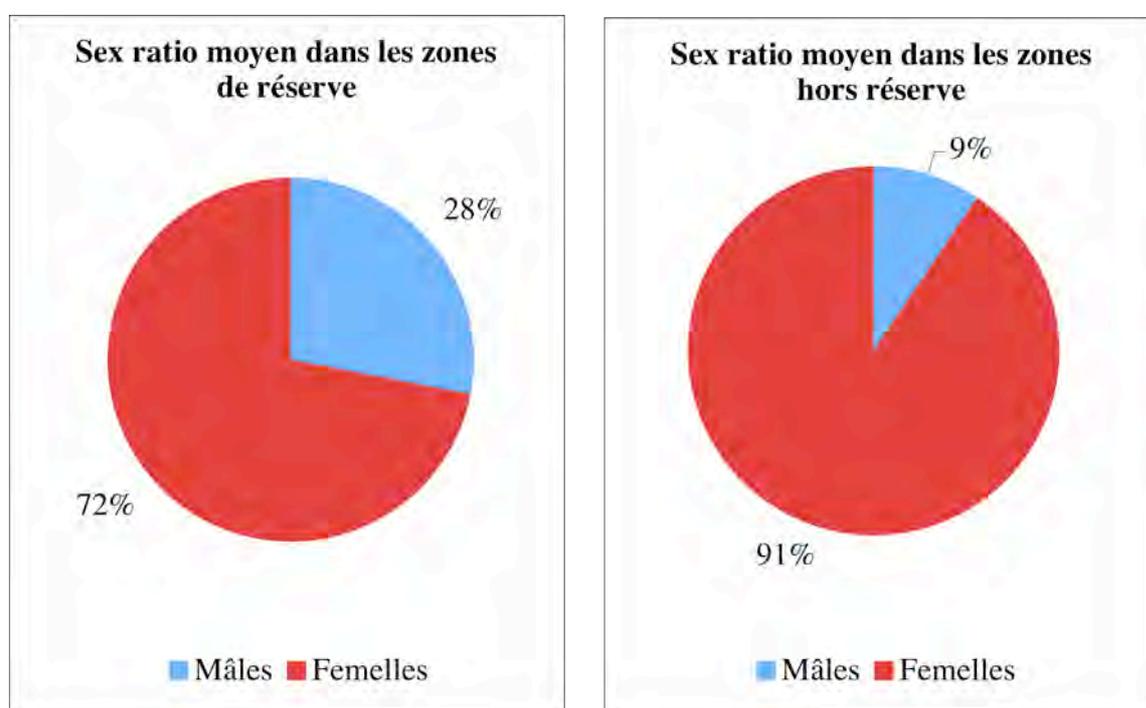


Figure V-26 : Pourcentage global de mâles et de femelles de Scaridae dans les zones de réserve et dans les zones non protégées.

Tableau V-8 : Pourcentage de mâles pour chaque espèce de Scaridae dans les zones de réserve et dans les zones non protégées.

	Hors réserve	Réserve
<i>Scarus iserti</i>	22,70%	46,60%
<i>Scarus taeniopterus</i>	27,50%	23,10%
<i>Scarus vetula</i>	0%	29,50%
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	13,80%	40,0%
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0%	4,0%
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0%	23,10%
<i>Sparisoma viride</i>	1,70%	21,90%

Les réserves jouent donc un rôle important pour la guildes des poissons herbivores en leur permettant d'atteindre des grandes tailles et donc des biomasses élevées. Le rôle de protection est particulièrement important pour les Scaridae puisque que ce statut leur permet de grandir et de devenir mâles, rééquilibrant leur sex-ratio et préservant ainsi la reproduction de ces espèces.

## VI- CONCLUSIONS

L'étude de la variabilité spatiale du peuplement de poissons herbivores a donc permis de montrer qu'il existe un peuplement de petits fonds bien distinct de celui des zones récifales plus profondes.

Il a également été possible de mettre en évidence les différents facteurs de l'environnement qui influencent la distribution des poissons herbivores. Il s'agit des peuplements algaux, du recouvrement en Invertébrés, de la profondeur et du statut de réserve.

L'influence de la variable profondeur a été examinée plus en détail au niveau des îlets Pigeon : les résultats montrent que le nombre et la biomasse de poissons herbivores décroissent lorsque la profondeur augmente et surtout en même temps que la quantité de nourriture disponible diminue.

Les résultats obtenus ont enfin permis de montrer que les réserves jouent un rôle important pour la guildes des poissons herbivores en leur permettant de grandir et de représenter ainsi une biomasse importante sur le récif.

**CHAPITRE VI**

**RELATIONS ENTRE LES POISSONS  
HERBIVORES ET LES ALGUES  
SUR LES RÉCIFS CORALLIENS DE LA  
GUADELOUPE**



© C. Bouchon



Dans ce chapitre, les interactions entre les poissons et les communautés algales ont été étudiées afin de comprendre comment ces relations affectent la dynamique des communautés benthiques récifales. Pour cela, la consommation en algues des poissons herbivores a été évaluée. Le broutage par les poissons herbivores ainsi que son importance au sein des principaux faciès de peuplements algaux ont ensuite été mesurés.

## I- ÉVALUATION DE LA CONSOMMATION EN ALGUES PAR LES POISSONS HERBIVORES

Dans cette première partie, la consommation en algues par les poissons herbivores a été évaluée en s'appuyant sur deux protocoles différents : la première méthode a consisté à examiner les contenus stomacaux des poissons herbivores. La démarche suivie est détaillée sur la Figure VI-1. La seconde méthode est basée sur la technique proposée par van Rooij *et al.* (1998). Ces deux méthodes ont ensuite été comparées afin de confirmer les résultats trouvés.

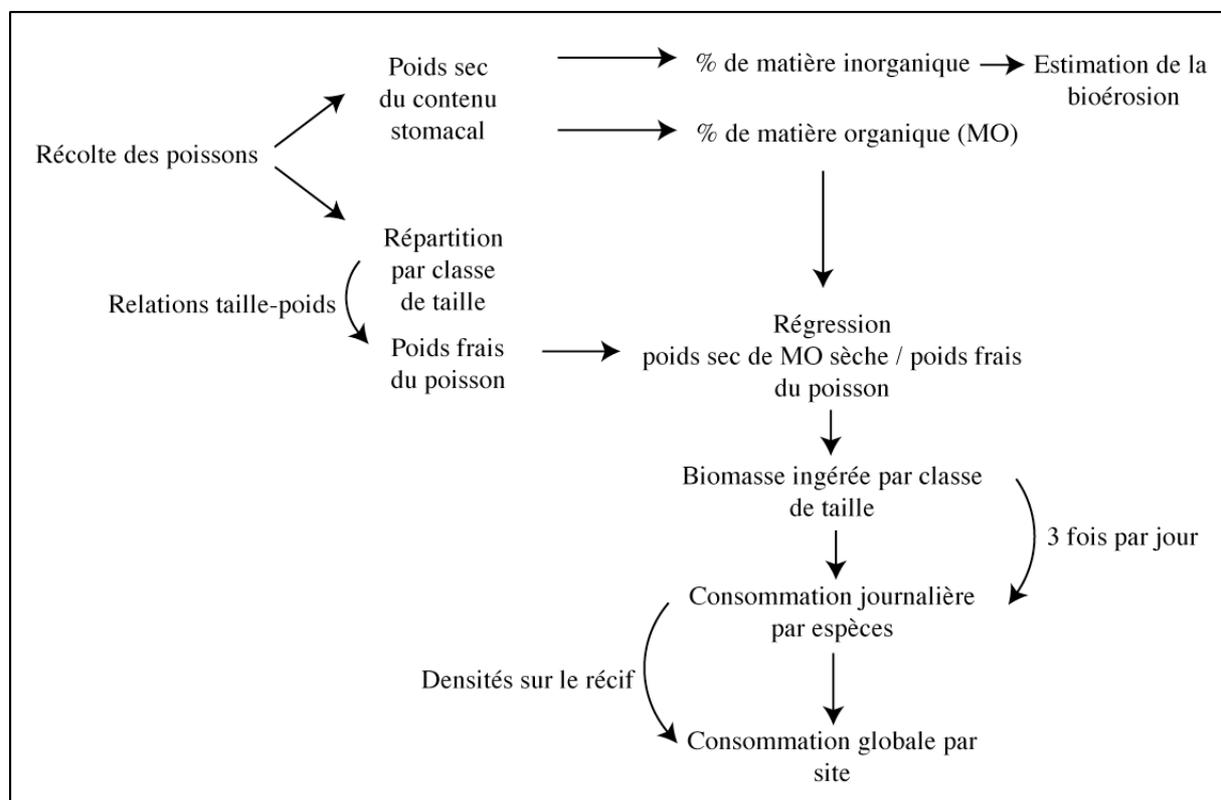


Figure VI-1 : Démarche suivie pour estimer la consommation en algues par les poissons herbivores.

### A- Les espèces étudiées

Pour étudier la consommation en algues des poissons herbivores, 3 espèces d'Acanthuridae et 7 espèces de Scaridae ont été prises en compte (Tableau VI-1).

Au total, 184 individus ont été prélevés pour l'analyse des contenus stomacaux, soit entre 20 et 29 individus par espèce. La répartition de ces individus par classe de taille est donnée dans le Tableau IV-1. L'espèce *Scarus taeniopterus*, rare, n'a pas pu être échantillonnée et seuls deux spécimens de *S. vetula* ont été capturés.

Tableau VI-1 : Répartition par classe de taille des poissons échantillonnés

Classe de taille	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-30 cm	Total par espèce
<i>Scarus iserti</i>	0	13	13	1	27
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0	0	0
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	2	2
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	3	17	1	21
<i>Sparisoma chrysopteron</i>	0	2	10	8	20
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	10	11	21
<i>Sparisoma viride</i>	0	2	8	11	21
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	10	12	1	23
<i>Acanthurus chirurgus</i>	3	3	12	2	20
<i>Acanthurus coeruleus</i>	4	9	15	1	29
Total par classe de taille	7	42	97	38	184

### B- Évaluation de la proportion d'algues par estomac

Les proportions représentées par les algues et le sédiment contenus dans les tubes digestifs des poissons sont données en Figure VI-2. Ce diagramme montre que les taux de matière organique sèche, par rapport aux sédiments, dans le contenu digestif sont très proches pour *Acanthurus bahianus* (19,1 %) et *A. chirurgus* (18,6 %). *A. coeruleus*, quant à lui, ne consomme que des algues. Les Scaridae ingèrent des taux de matière organique relativement homogènes ( $26,8 \pm 2,5$  %). *Scarus vetula* possède la plus faible quantité de matière organique dans son tube digestif (23,1 %) et *Sparisoma rubripinne* la quantité la plus importante (31,4 %).

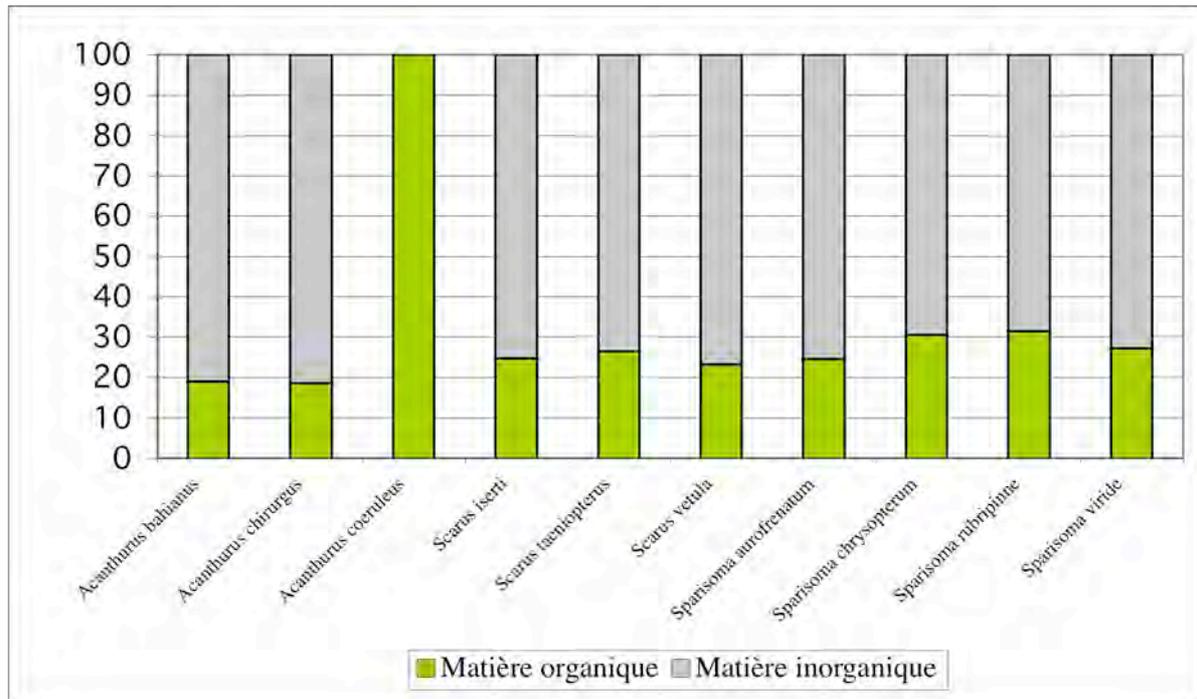


Figure VI-2 : Pourcentage de matières organique (algues) et inorganique (sédiments) présentes dans les contenus digestifs des poissons herbivores (selon Randall, 1967).

Une fois les taux de matière organique déterminés, il a été possible d'effectuer des régressions mettant en rapport le pourcentage de matière organique sèche contenue dans les tubes digestifs et les poids frais des poissons. La Figure VI-3 présente les courbes de régression ainsi réalisées. Les coefficients de corrélation obtenus à l'aide de ces courbes ont ensuite été comparés avec les valeurs statistiques critiques (Tableau VI-2). Les résultats montrent que les coefficients de corrélation associés aux droites de régression sont tous significatifs au seuil de 5 %. Les équations de ces courbes de régression permettent donc de calculer le poids de matière organique sèche ingérée à partir du poids total du poisson.

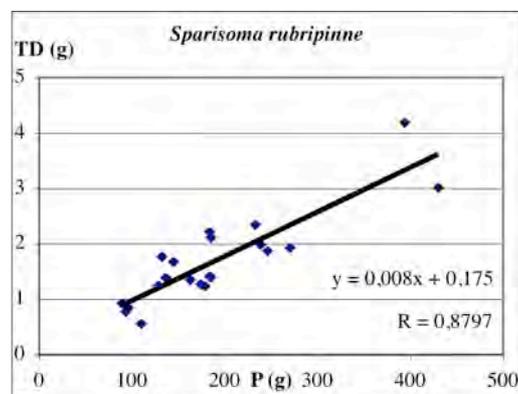
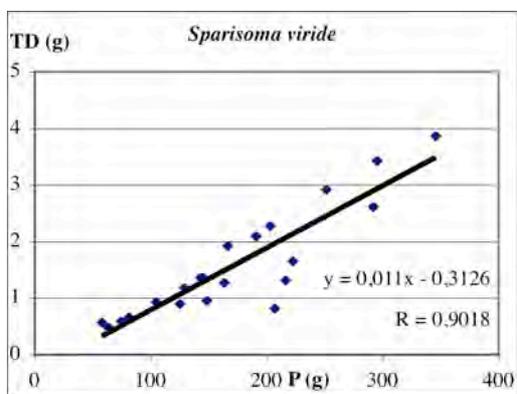
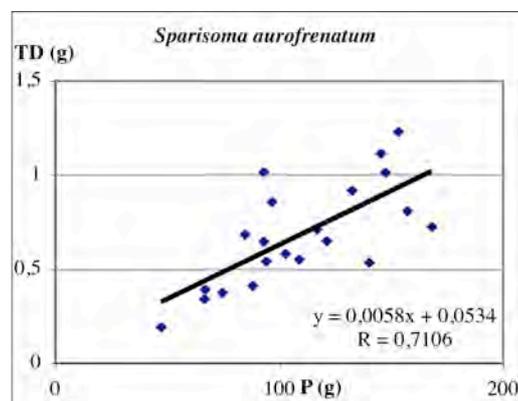
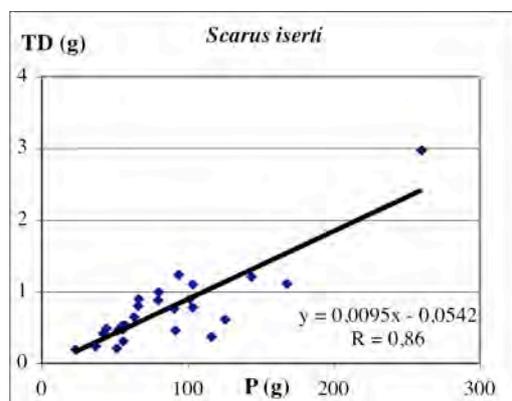
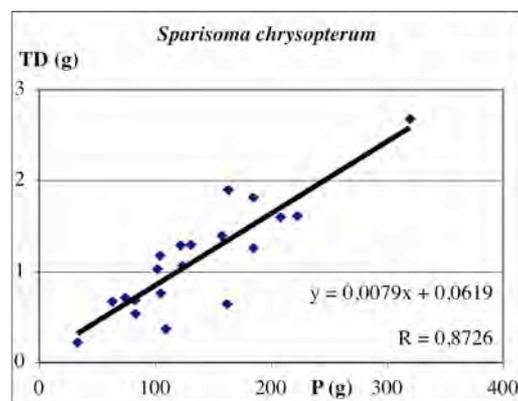
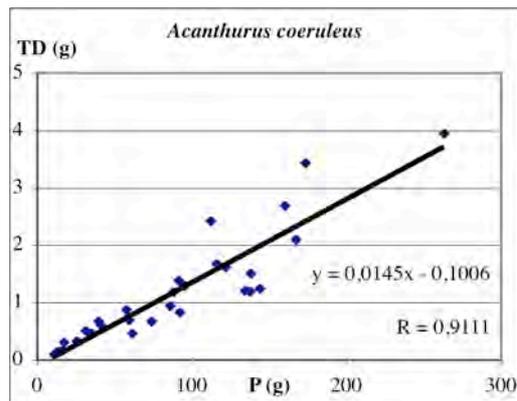
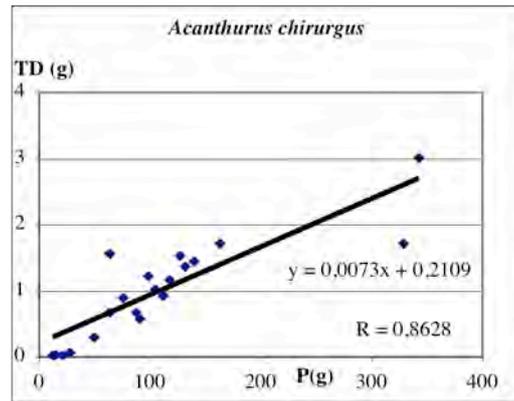
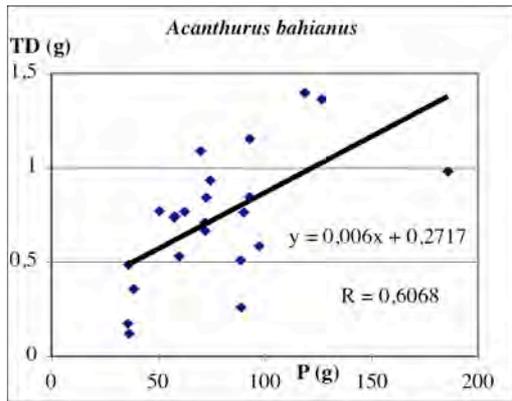


Figure VI-3 : Courbes de régression du poids sec de matière organique ingérée (TD) en fonction du poids frais total du poisson (P) pour chaque espèce récoltée.

Tableau VI-2 : Valeurs du coefficient de régression  $r$  et de sa valeur critique

Espèces	$r$ obtenu	Effectifs	Valeur critique de $r$ à 5%
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,6068	23	0,352
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,8628	20	0,378
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,9111	29	0,312
<i>Scarus iserti</i>	0,8600	27	0,323
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,7106	21	0,369
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,8726	20	0,378
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,8797	21	0,369
<i>Sparisoma viride</i>	0,9018	21	0,369

Les quantités d'algues ingérées par poisson ont été calculées grâce à ces équations pour chaque classe de taille des poissons. Pour cela, les différentes classes de taille ont tout d'abord été converties en biomasse en prenant la médiane de chaque classe et en utilisant les relations tailles-poids de chaque espèce. Les biomasses obtenues par classe de taille et par espèce figurent dans le Tableau VI-3. Les biomasses de matière organique (poids sec) contenue dans le tractus digestif des poissons ont ensuite été calculées en insérant les valeurs de biomasse par classe de taille dans l'équation de la courbe de régression (Figure VI-3) et les résultats sont donnés dans le Tableau VI-4.

Tableau VI-3 : Biomasses (g) par classe de taille des poissons étudiés et coefficients  $a$  et  $b$  utilisés dans la relation d'allométrie.

Espèce	< 5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm	a	b
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,5	7,4	33,1	88,6	251,7	674	-	0,020	2,928
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,5	7,9	36,9	101,8	298,1	821,4	-	0,018	3,013
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,7	9,8	42,7	112,6	314,2	827,4	-	0,030	2,878
<i>Scarus iserti</i>	0,5	7,3	34,1	94,2	276,6	764,2	-	0,017	3,020
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,5	7,4	34,4	94,3	274,9	754,3	-	0,018	2,999
<i>Scarus vetula</i>	0,6	9	40,2	107,4	304,5	813,8	1695	0,025	2,921
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,7	8,8	37,2	95,9	262,1	676,6	1373,9	0,030	2,818
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,5	7,6	33	87,1	243,2	641,1	1322,1	0,023	2,880
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,9	10,5	41,5	102,3	266,4	657	1289	0,047	2,682
<i>Sparisoma viride</i>	0,6	9	40,2	107,4	304,5	813,8	1695	0,025	2,921

Tableau VI-4 : Biomasses de matière organique sèche (g) en fonction des classes de taille ( $\epsilon$  = valeur négligeable).

Classe de taille	< 5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,275	0,316	0,470	0,803	1,782	4,316	-
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,215	0,287	0,480	0,954	2,387	6,207	-
<i>Acanthurus coeruleus</i>	$\epsilon$	0,042	0,519	1,532	4,455	11,897	-
<i>Scarus iserti</i>	$\epsilon$	0,015	0,269	0,841	2,574	7,206	-
<i>Scarus taeniopterus</i>	$\epsilon$	0,016	0,273	0,842	2,557	7,112	-
<i>Scarus vetula</i>	0,179	0,247	0,497	1,034	2,611	6,685	13,735
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,057	0,104	0,269	0,610	1,574	3,978	8,022
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,066	0,122	0,323	0,750	1,983	5,127	10,506
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,182	0,259	0,507	0,993	2,306	5,431	10,487
<i>Sparisoma viride</i>	$\epsilon$	0,010	0,130	0,869	3,037	8,639	18,341

En ce qui concerne les Acanthuridae, les tubes digestifs de poissons adultes de 25 cm contiennent entre 1,8 et 4,5 g d'algues sèches. Les résultats concernant les Scaridae sont relativement homogènes (entre 1 et 3 g pour des adultes de 25 cm). *Sparisoma viride* est la seule espèce présentant une valeur supérieure à 3 g.

### C- Estimation de la consommation en algues par poisson

La consommation journalière en algues par poisson a été calculée en se basant sur le taux de réplétion moyen d'un poisson calculé par Bardach (1961) qui estime que les poissons herbivores remplissent leur estomac trois fois par jour. Les données du Tableau VI-4 ont donc été multipliées par un taux de réplétion de trois afin d'obtenir la consommation journalière en algues. Le Tableau VI-5 présente la consommation journalière en algues par classe de taille pour chaque espèce.

Tableau VI-5 : Consommation journalière d'algues par espèce de poisson en fonction de la classe de taille (en g de matière sèche).

Classe de taille	< 5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,825	0,948	1,410	2,409	5,346	12,948	-
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,645	0,861	1,440	2,862	7,161	18,621	-
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,003	0,126	1,557	4,596	13,365	35,691	-
<i>Scarus iserti</i>	0,003	0,045	0,809	2,522	7,721	21,617	-
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,003	0,048	0,818	2,525	7,672	21,335	-
<i>Scarus vetula</i>	0,537	0,741	1,491	3,102	7,833	20,055	41,205
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,171	0,312	0,807	1,83	4,722	11,934	24,066
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,198	0,366	0,969	2,25	5,949	15,381	31,518
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,546	0,777	1,521	2,979	6,918	16,293	31,461
<i>Sparisoma viride</i>	0,003	0,030	0,390	2,607	9,111	25,917	55,023

L'espèce *Scarus taeniopterus* n'a pas été capturée. En l'absence de données sur son alimentation dans la littérature, elle a été assimilée à *Scarus iserti* pour ce calcul, dans la mesure où ces deux espèces sont morphologiquement similaires, si l'on compare leurs relations taille-poids. De la même façon, puisque seulement deux spécimens de *Scarus vetula* ont été capturés, cette espèce a été assimilée à *Sparisoma rubripinne*.

L'examen du Tableau VI-5 révèle que les plus importants consommateurs d'algues sont *Acanthurus coeruleus* et *Sparisoma viride* (respectivement 35,6 et 25,9 g d'algues sèches par jour pour une taille moyenne de 35 cm). Les huit autres espèces ont des consommations moindres, entre 11,9 g (*S. aurofrenatum*) et 21,6 g (*Scarus iserti*) par jour pour la même gamme de taille.

#### D- Estimation de la consommation globale en algues

Les données de consommation calculées précédemment ont été croisées avec les données de densité de poissons herbivores recensées sur les zones récifales étudiées (Annexe VI-1).

La consommation étant calculée en poids sec d'algues, il a paru utile de convertir cette consommation en poids frais afin de pouvoir comparer les résultats obtenus avec ceux de la littérature. Pour cela, les résultats de consommation de l'espèce *Acanthurus coeruleus* ont été utilisés, cette dernière ne consommant que des algues. Une relation globale liant le poids frais et le poids sec des algues à partir des contenus stomacaux de cette espèce a été calculée. Cette relation fait l'objet de la Figure VI-4. Le coefficient de corrélation associé à la droite de régression est statistiquement significatif. La pente de la droite indique qu'il existe un rapport

approximativement d'ordre 8 entre la biomasse sèche et la biomasse fraîche des algues. Cette équation a permis d'estimer les valeurs en poids frais des algues (ce qu'ingèrent réellement les poissons) à partir des valeurs en poids sec obtenues pour toutes les espèces.

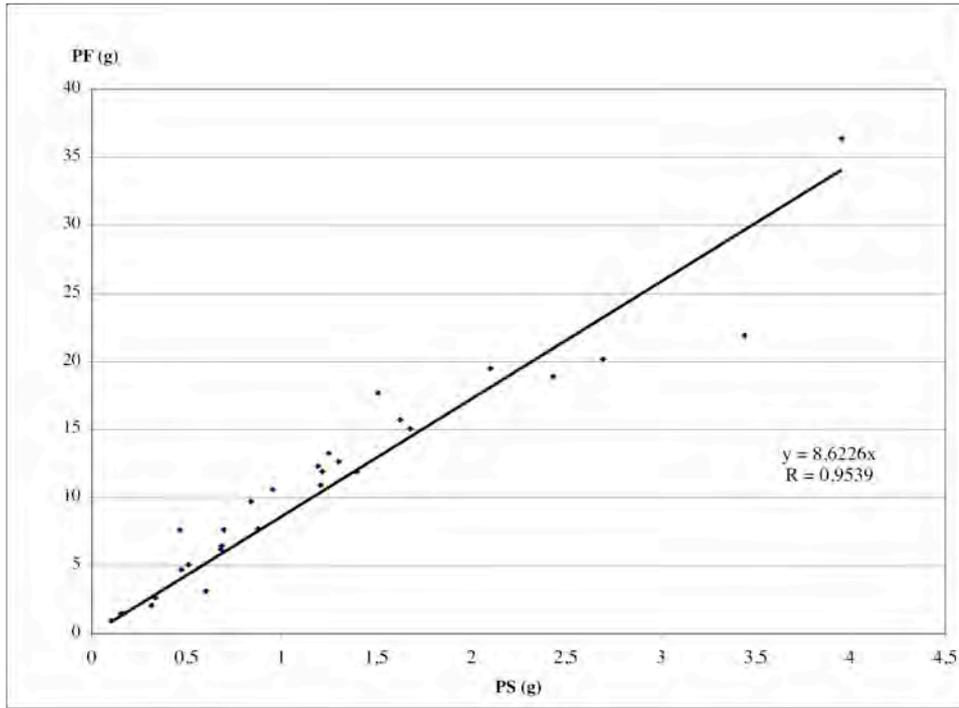


Figure VI-4: Relation entre le poids sec (PS) et le poids frais (PF) des algues calculée à partir des contenus stomacaux d'*Acanthurus coeruleus*.

Les valeurs estimées de la consommation globale sur les platiers récifaux pour l'ensemble de la guilda des poissons herbivores figurent dans le Tableau VI-6 (poids sec) et dans le Tableau VI-7 (poids frais). Les résultats concernant les pentes externes récifales sont donnés dans les Tableaux VI-8 et VI-9. La consommation globale par classe de taille pour chaque espèce est consultable en Annexe VI-II.

Tableau VI-6 : Consommation journalière en algues des différentes espèces sur les platiers récifaux en poids sec ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ).

	Gosier	Port Louis	Pte des Châteaux	Caye à Dupont	Fajou	Pigeon
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,14	0,06	0,20	0,34	0,93	0,43
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,01	0	0,10	0,54	0,25	0,01
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,07	0,7	0,25	0,45	0,79	0,42
<i>Scarus iserti</i>	0,06	0,12	0,06	0,13	0,51	0,06
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,04	0,02	0,01	0	0,03	0,32
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0,02	0	0,01	0,55
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,01	0	0	0,02	0,03	0,08
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,03	0,03	0,01	0,05	0,05	0,06
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,02	0,03	0,01	0,17	0,04	0,08
<i>Sparisoma viride</i>	0,02	0,02	0,02	0,04	0,16	0,53
Total Acanthuridae	0,22	0,76	0,55	1,32	1,97	0,86
Total Scaridae	0,18	0,22	0,13	0,43	0,82	1,68
Total général	0,4	0,98	0,68	1,75	2,79	2,54

Tableau VI-7 : Consommation journalière en algues des différentes espèces sur les platiers récifaux en poids frais ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ).

	Gosier	Port Louis	Pte des Châteaux	Caye à Dupont	Fajou	Pigeon
<i>Acanthurus bahianus</i>	1,22	0,49	1,72	2,89	8,04	3,72
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,06	0	0,87	4,65	2,15	0,12
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,58	6,04	2,13	3,90	6,78	3,60
<i>Scarus iserti</i>	0,55	1,01	0,48	1,16	4,37	0,51
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,33	0,20	0,08	0	0,27	2,79
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0,16	0	0,07	4,78
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,09	0	0	0,18	0,22	0,67
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,28	0,27	0,10	0,47	0,46	0,51
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,15	0,29	0,09	1,47	0,31	0,72
<i>Sparisoma viride</i>	0,17	0,17	0,19	0,38	1,36	4,53
Total Acanthuridae	1,86	6,53	4,72	11,44	16,97	7,44
Total Scaridae	1,57	1,94	1,09	3,66	7,07	14,51
Total général	3,43	8,47	5,82	15,11	24,04	21,95

L'examen de ces tableaux montre que les valeurs de consommation sont plus faibles pour les platiers de Gosier, Port-Louis et de la pointe des Châteaux (respectivement 0,4 ; 1 et 0,7  $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ) et plus élevées pour les stations des îlets Pigeon et de l'îlet Fajou (2,5 et 2,8  $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ). Les différences observées peuvent être attribuées aux différences de densité de poissons herbivores entre les sites (Annexe VI-1). La pression de broutage est plus importante à Pigeon et à Fajou car les poissons herbivores y présentent des biomasses élevées en raison de l'effet réserve. La consommation estimée sur le platier de la Caye à Dupont présente une valeur intermédiaire. En effet, bien que cette station ne soit pas dans une zone de réserve, elle est située au large, et subit une pression de pêche moins importante que les platiers des récifs bordant le littoral.

Les résultats concernant la consommation sur les pentes externes montrent que la consommation est relativement stable et ceci quelle que soit la localisation ou la profondeur.

Toutefois, il est possible de noter une forte diminution de la consommation à 30 m de profondeur. Ce phénomène est probablement dû à la faible quantité d'algues disponibles.

Tableau VI-8 : Consommation journalière en algues des différentes espèces sur les pentes externes récifales en poids sec ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{j}^{-1}$ ).

	Port Louis	Fajou	Pte Barracuda	Passe à Colas	Pigeon 3 m	Pigeon 10 m	Pigeon 15 m	Pigeon 20 m	Pigeon 30 m
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,16	0,16	0,07	0,11	0,15	0,16	0,08	0,04	0,04
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,33	0	0	0	0	0,07	0	0	0,03
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,60	0,07	0,07	0,05	0,74	0,08	0,09	0,11	0,06
<i>Scarus iserti</i>	0,11	0,12	0	0,26	0,02	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,04	0,06	0,08	0,20	0,41	0,27	0,15	0,13	0,09
<i>Scarus vetula</i>	0,01	0,01	0,12	0	0,36	0,05	0,03	0,07	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,11	0,19	0,12	0,35	0,06	0,15	0,22	0,23	0,09
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,05	0,07	0	0	0	0,02	0,05	0,11
<i>Sparisoma viride</i>	0,11	0,51	0,57	0,34	0,21	0,96	0,81	1,35	0,45
Total Acanthuridae	1,1	0,24	0,14	0,16	0,88	0,3	1,18	0,15	0,14
Total Scaridae	0,39	0,94	0,97	1,16	1,05	1,43	1,23	1,83	0,75
Total général	1,49	1,18	1,11	1,32	1,93	1,73	1,41	1,99	0,89

Tableau VI-9 : Consommation journalière en algues des différentes espèces sur les pentes externes récifales en poids frais ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{j}^{-1}$ ).

	Port Louis	Fajou	Pte Barracuda	Passe à Colas	Pigeon 3 m	Pigeon 10 m	Pigeon 15 m	Pigeon 20 m	Pigeon 30 m
<i>Acanthurus bahianus</i>	1,41	1,40	0,62	0,93	1,26	1,37	0,73	0,36	0,35
<i>Acanthurus chirurgus</i>	2,88	0,02	0,01	0	0	0,59	0	0	0,29
<i>Acanthurus coeruleus</i>	5,20	0,63	0,61	0,45	6,36	0,67	0,79	0,97	0,53
<i>Scarus iserti</i>	0,99	1,06	0	2,26	0,14	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,33	0,53	0,68	1,75	3,55	2,37	1,26	1,12	0,82
<i>Scarus vetula</i>	0,11	0,11	1,04	0	3,09	0,45	0,23	0,58	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,94	1,67	1,02	3,06	0,52	1,26	1,91	1,99	0,81
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,08	0	0,02	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,40	0,64	0	0	0	0,20	0,47	0,94
<i>Sparisoma viride</i>	0,95	4,36	4,96	2,90	1,79	8,26	7,00	11,65	3,91
Total Acanthuridae	9,49	2,05	1,24	1,38	7,62	2,62	1,53	1,33	1,17
Total Scaridae	3,4	8,14	8,35	9,97	9,1	12,34	10,6	15,8	6,74
Total général	12,89	10,19	9,59	11,35	16,72	14,97	12,13	17,13	7,64

Une seconde méthode a été employée pour estimer la consommation en algues sur les trois sites étudiés. Pour cela, la quantité de carbone ingéré par les différentes espèces par classe de taille a d'abord été calculée à l'aide de l'équation fournie par van Rooij *et al.* (1998) (cf. Chapitre I), puis la quantité d'algues ingérées par les poissons en fonction de leur taille. Ces résultats figurent en Annexe IV-III.

Les résultats obtenus ont ensuite été croisés avec les données de densité de poissons herbivores des différents sites afin d'évaluer la consommation globale par les herbivores. La consommation évaluée à l'aide de cette méthode est présentée dans les Tableaux VI-10, VI-11, VI-12, et VI-13.

Tableau VI-10 : Consommation journalière en algues des différentes espèces sur les platiers récifaux en poids sec ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ) estimée selon l'équation de van Rooij *et al.* (1998).

	Gosier	Port Louis	Pte des Châteaux	Caye à Dupont	Fajou	Pigeon
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,11	0,05	0,20	0,31	1,00	0,44
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,01	0	0,13	0,66	0,30	0,02
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,08	0,67	0,23	0,42	0,76	0,41
<i>Scarus iserti</i>	0,22	0,20	0,12	0,29	0,79	0,08
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,13	0,04	0,03	0	0,06	0,44
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0,02	0	0,01	0,60
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,02	0	0	0,04	0,05	0,15
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0,04	0,04	0,02	0,07	0,07	0,07
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,02	0,04	0,01	0,20	0,04	0,10
<i>Sparisoma viride</i>	0,05	0,05	0,06	0,06	0,18	0,48
Total Acanthuridae	0,19	0,72	0,56	1,40	2,05	0,86
Total Scaridae	0,48	0,37	0,25	0,65	1,19	1,91
Total général	0,67	1,09	0,81	2,05	3,24	2,77

Tableau VI-11 : Consommation journalière en algues des différentes espèces sur les platiers récifaux en poids frais ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ) estimée selon l'équation de van Rooij *et al.* (1998).

	Gosier	Port Louis	Pte des Châteaux	Caye à Dupont	Fajou	Pigeon
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,91	0,44	1,69	2,67	8,60	3,75
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,06	0	1,10	5,73	2,56	0,14
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,70	5,78	2,02	3,65	6,52	3,51
<i>Scarus iserti</i>	1,88	1,76	1,05	2,46	6,79	0,67
<i>Scarus taeniopterus</i>	1,13	0,31	0,23	0	0,49	3,76
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0,19	0	0,08	5,18
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,16	0	0	0,34	0,42	1,29
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0,38	0,37	0,13	0,60	0,60	0,62
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,17	0,34	0,10	1,73	0,37	0,82
<i>Sparisoma viride</i>	0,41	0,41	0,48	0,54	1,57	4,10
Total Acanthuridae	1,67	6,21	4,83	12,07	17,68	7,40
Total Scaridae	4,12	3,19	2,16	5,60	10,26	16,44
Total général	5,79	9,40	6,98	17,68	27,94	23,84

Tableau VI-12 : Consommation journalière en algues des différentes espèces sur les pentes externes récifales en poids sec ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ) estimée selon l'équation de van Rooij *et al.* (1998).

	Port Louis	Fajou	Pte Barracuda	Passe à Colas	Pigeon 3 m	Pigeon 10 m	Pigeon 15 m	Pigeon 20 m	Pigeon 30 m
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,17	0,13	0,08	0,13	0,17	0,19	0,09	0,05	0,05
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0,42	0	0	0	0,08	0	0	0,04
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,08	0,45	0,07	0,04	0,69	0,07	0,08	0,10	0,05
<i>Scarus iserti</i>	0,31	0,22	0	0,44	0,02	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,10	0,04	0,11	0,23	0,50	0,36	0,18	0,16	0,14
<i>Scarus vetula</i>	0,01	0,01	0,12	0	0,39	0,06	0,03	0,07	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,36	0,20	0,21	0,58	0,12	0,27	0,41	0,39	0,18
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0,01	0,00	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,05	0	0,08	0	0	0	0,03	0,06	0,11
<i>Sparisoma viride</i>	0,47	0,12	0,48	0,35	0,19	0,80	0,70	1,05	0,37
Total Acanthuridae	0,25	0,99	0,15	0,17	0,86	0,34	0,17	1,72	0,80
Total Scaridae	1,31	0,61	0,99	1,60	1,22	1,49	1,35	0,15	0,14
Total général	1,56	1,61	1,14	1,77	2,08	1,83	1,52	1,87	0,94

Tableau VI-13 : Consommation journalière en algues des différentes espèces sur les pentes externes récifales en poids frais ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ) estimée selon l'équation de van Rooij *et al.* (1998).

	Port Louis	Fajou	Pte Barracuda	Passé à Colas	Pigeon 3 m	Pigeon 10 m	Pigeon 15 m	Pigeon 20 m	Pigeon 30 m
<i>Acanthurus bahianus</i>	1,45	1,13	0,70	1,08	1,49	1,67	0,75	0,46	0,39
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,03	3,59	0,01	0	0	0,68	0	0	0,36
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,68	3,84	0,58	0,38	5,95	0,65	0,73	0,87	0,46
<i>Scarus iserti</i>	2,67	1,92	0	3,80	0,20	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,90	0,36	0,91	2,02	4,34	3,10	1,59	1,37	1,21
<i>Scarus vetula</i>	0,13	0,13	1,03	0	3,38	0,52	0,26	0,58	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	3,09	1,69	1,83	5,01	1,00	2,34	3,50	3,33	1,52
<i>Sparisoma chrysopterygum</i>	0	0,11	0,02	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,42	0	0,66	0	0	0	0,23	0,48	0,97
<i>Sparisoma viride</i>	4,08	1,07	4,11	3,00	1,61	6,90	6,07	9,03	3,22
Total Acanthuridae	2,16	8,54	1,29	1,47	7,42	2,93	1,47	14,83	6,90
Total Scaridae	11,30	5,26	8,54	13,80	10,52	12,85	11,64	1,29	1,21
Total général	13,45	13,88	9,83	15,26	17,94	15,78	13,11	16,12	8,11

L'examen de ces tableaux montre que les valeurs de consommation estimées à l'aide de la seconde méthode, qu'elles soient exprimées en poids sec ou en poids frais, sont très proches des valeurs obtenues lors de notre étude. Des tests de Mantel ont montré que les matrices sont fortement corrélées ( $p < 0,0001$ ).

Dans une dernière étape, les valeurs de consommation obtenues sur les différents sites ont été comparées aux valeurs de productivité algale estimée sur ces mêmes sites. Ces données sont présentées dans les Tableaux VI-14 et VI-15.

L'examen de ces tableaux montre que, sur les platiers de Gosier, de Port-Louis, et de la Pointe des Châteaux, la productivité algale est supérieure à la consommation alors que sur le récif des îlets Pigeon, de Fajou et de la Caye à Dupont, la consommation estimée est supérieure à la productivité. Pour les pentes externes, la consommation estimée est partout nettement supérieure à la productivité algale.

Tableau VI-14 : Valeurs de consommation et de productivité en algues sur les platiers récifaux.

	Gosier	Port Louis	Pte des Châteaux	Caye à Dupont	Fajou	Pigeon
Productivité algale ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ )	1,3	1,2	0,8	0,6	1,0	1,2
Consommation ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ )	0,4	1,0	0,7	1,8	2,8	2,5

Tableau VI-15 : Valeurs de consommation et de productivité en algues sur les pentes externes récifales.

	Port Louis	Fajou	Pte Barracuda	Passé à Colas	Pigeon 3 m	Pigeon 10 m	Pigeon 15 m	Pigeon 20 m	Pigeon 30 m
Productivité algale ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ )	0,3	0,8	0,3	0,5	0,1	0,4	0,3	0,3	0,2
Consommation ( $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ )	1,5	1,2	1,1	1,3	1,9	1,7	1,4	2,0	0,9

Il est difficile de concevoir que la consommation par les poissons herbivores puisse excéder la production algale sur le récif, d'autant plus qu'ils doivent partager cette ressource avec les Invertébrés herbivores. L'estimation de la consommation par les poissons semble assez fiable lorsqu'elle est comparée avec les données de la littérature. Les causes de cette contradiction avec les mesures de productivité algale estimée peuvent être de divers ordres :

- l'aire de nutrition des poissons est plus vaste que la zone considérée ;
- la production algale varie en fonction de la surface du récif disponible pour le gazon algal
- les mesures de production algale réalisées sur des rubans en plastique peuvent être inférieures à la production réelle sur le récif. Par ailleurs, ces rubans, protégés de l'action des Invertébrés, ne sont pas à l'abri du broutage par les poissons herbivores habitués à consommer des épiphytes sur les macroalgues, ce qui conduirait à une sous-estimation de la production algale réelle.

#### **E- Estimation de la bioérosion par les Scaridae**

Bien que cela ne rentre pas directement dans les objectifs initiaux de ces recherches, les résultats obtenus permettent d'évaluer la bioérosion exercée sur les récifs par les Scaridae. Il a paru intéressant de les fournir. Les Scaridae représentent un des principaux groupes de poissons responsables de la bioérosion sur les récifs coralliens (Ogden, 1977 ; Bruggemann *et al.*, 1996). En effet, contrairement aux Acanthuridae qui ingèrent accidentellement des sédiments en même temps que les algues, les Scaridae raclent, à l'aide de leur bec, le substrat rocheux sur lequel poussent les algues dont ils se nourrissent. Ils participent ainsi activement à la bioérosion des récifs. La proportion de matière inorganique dans le bol alimentaire ayant été calculée pour chaque espèce de Scaridae, il est alors possible d'estimer, en utilisant la densité de Scaridae sur les platiers, la part représentant la bioérosion liée à ces poissons. D'après Ogden (1977), parmi les sédiments trouvés dans le tube digestif des Scaridae, seulement 50 % des sédiments sont nouvellement prélevés du substrat et 50 % sont des sédiments déjà existant sous forme de sable sur le récif. Une estimation de la bioérosion a été effectuée en utilisant ce ratio à partir des données recueillies sur les trois sites étudiés.

Les quantités de sédiments totaux ingérés par les Scaridae sont données en Annexe VI-4. D'après ces résultats, la quantité de calcaire nouvellement prélevé sur le récif et correspondant à la part de bioérosion (selon Ogden, 1977) serait donc relativement faible sur les platiers récifaux (entre 0,2 et 0,5 g.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>) à l'exception du platier de l'îlet Fajou et des

petits fonds des îlets Pigeon (Figure VI- 5). Sur les pentes externes, excepté pour celle de Port Louis, la bioérosion dépasse toujours  $1 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ .

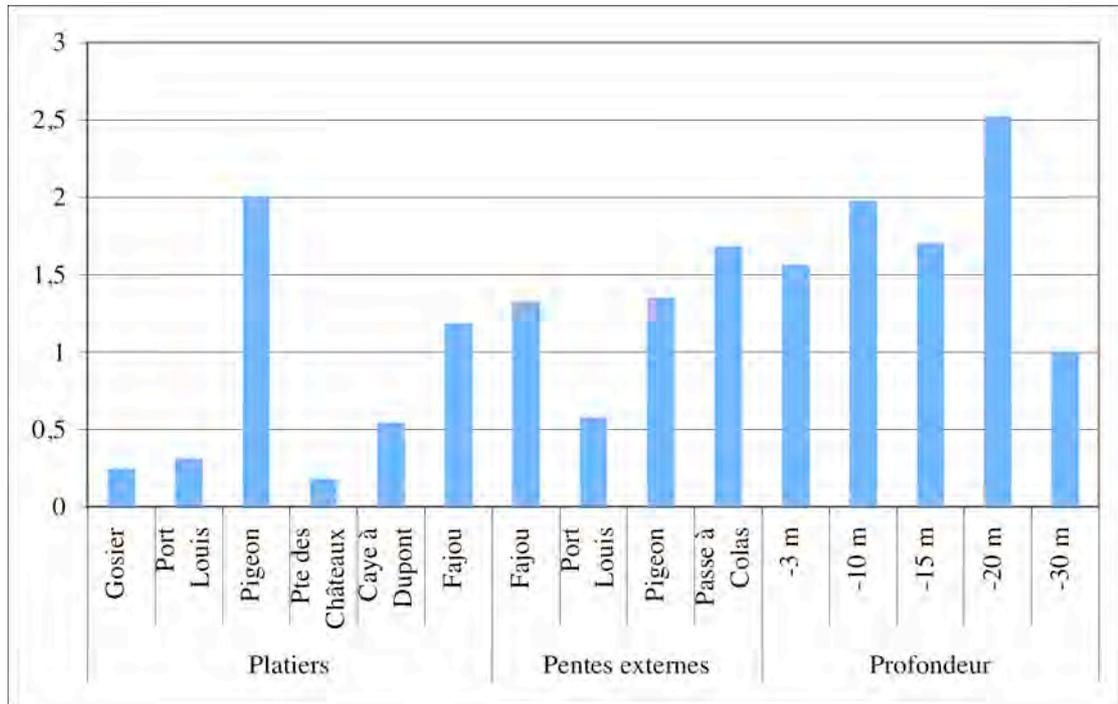


Figure VI-5 : Estimation de la quantité de calcaire érodée par les Scaridae (en  $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ) en fonction des sites d'études.

## II- RÉPARTITION DE LA PRESSION DE BROUTAGE

Les recherches relatées dans la première partie de ce chapitre ont permis d'établir la consommation globale des algues par les poissons herbivores. Toutefois, les résultats ne reflètent pas les préférences des poissons vers tel ou tel type de faciès de peuplement algal. Les travaux suivants vont tenter de les établir.

La méthode employée consiste à estimer la pression de broutage exercée par les poissons dans les peuplements algaux en comptant les coups de dents (*bites*) donnés par les poissons. Les *bites* ont été comptés pour chaque espèce dans les principaux types de faciès algaux existants sur les platiers étudiés.

La démarche suivie est représentée sur la Figure VI-6.

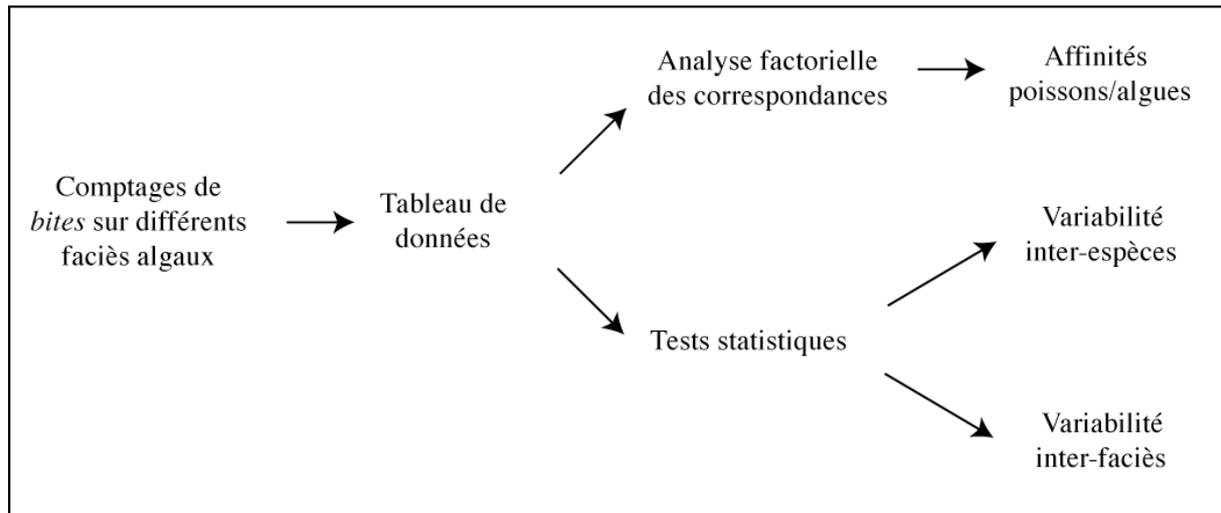


Figure IV-6 : Démarche suivie pour estimer la pression de broutage des poissons herbivores.

Les différents types de faciès les plus abondants sur les zones prospectées sont le gazon algal (Figure VI-7A), les débris coralliens (Figure VI-7B), les macroalgues brunes (Figure VI-7C) et les macroalgues calcifiées du genre *Halimeda* (Figure VI-7D).

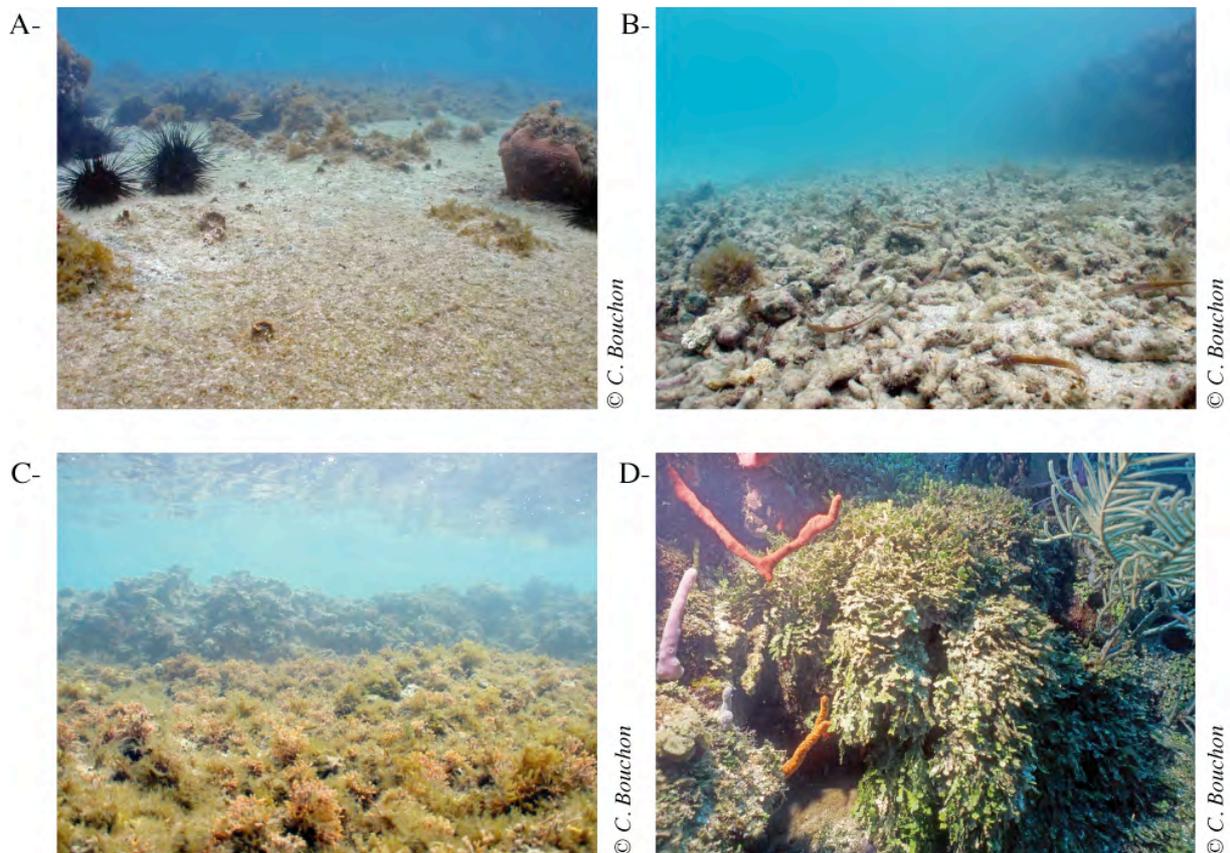


Figure VI-7 : Faciès algaux choisis pour les comptages de bîtes, A- gazon algal, B- débris coralliens, C- macroalgues, D- *Halimeda*

### A- Relations entre la pression de broutage et les faciès algaux

Afin de mettre en évidence d'éventuelles affinités existant entre les espèces de poissons herbivores et les différents types de faciès algaux, une analyse factorielle des correspondances a été effectuée à partir du nombre de *bites* observés pour chaque espèce dans chacun des quatre faciès algaux présents à l'îlet Gosier (Figure VI-8). Les deux premiers axes factoriels rassemblent 97 % de la variance du tableau de données avec 76 % sur le premier axe et 21 % sur le deuxième axe. Le premier axe oppose le gazon algal aux trois autres faciès. Les espèces contribuant le plus à la formation de cet axe sont d'un côté *Acanthurus coeruleus* et *Sparisoma aurofrenatum* qui broutent préférentiellement sur le gazon algal et de l'autre, *Sparisoma rubripinne* qui est plus lié aux faciès algaux à *Halimeda* et aux débris coralliens. L'axe 2, quant à lui, oppose le faciès à macroalgues Brunes au faciès de Chlorophycées calcifiées à *Halimeda*, mettant en évidence une distribution préférentielle d'*Acanthurus bahianus* pour le faciès macroalgues Brunes et de *Sparisoma viride* pour celui à *Halimeda*. Les autres espèces semblent avoir des préférences moins marquées.

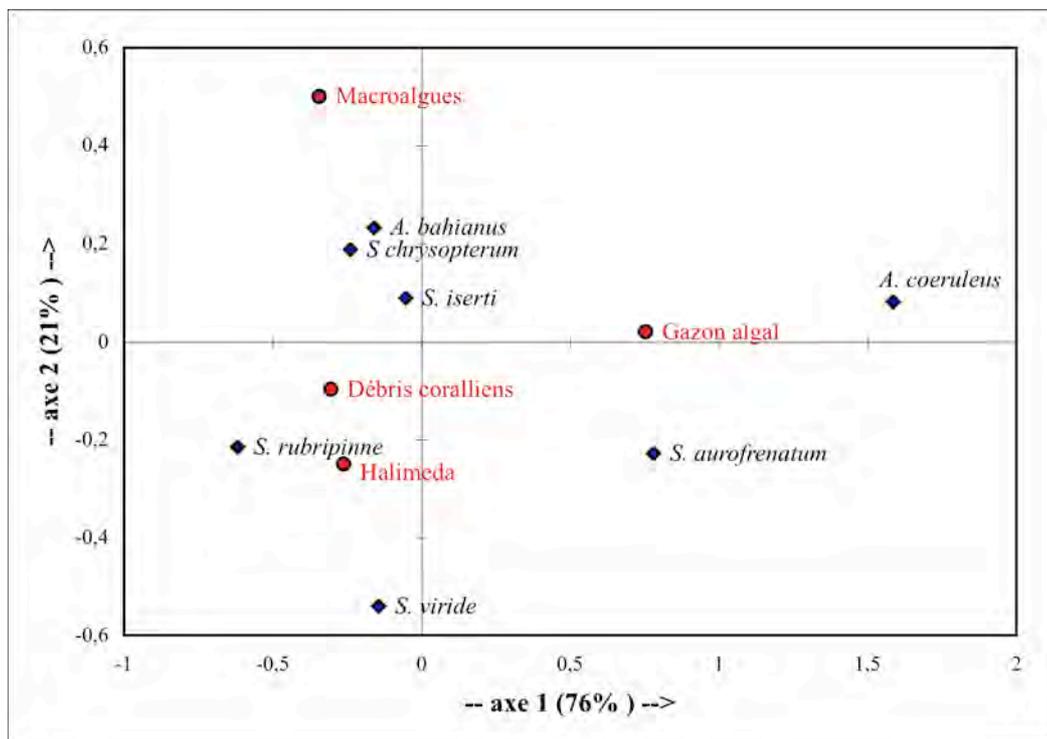


Figure VI-8 : Analyse factorielle des correspondances représentant la distribution des espèces en fonction des faciès algaux.

## B- Variabilité entre les faciès algaux

L'évaluation de la pression de broutage par les poissons herbivores a été étudiée à l'aide de comptages *in situ* des *bites* effectués par les poissons au sein des quatre faciès algaux observés. Trois de ces faciès sont communs aux stations de Port-Louis et de Gosier : les débris coralliens, le gazon algal et les macroalgues. Le site de Gosier possède un faciès supplémentaire, celui à *Halimeda*. Le site des îlets Pigeon ne possède qu'un seul type de peuplement algal sous forme de gazon. Les résultats concernant les stations de Port-Louis et de Gosier ont été utilisés afin de comparer l'attraction des poissons herbivores envers les différents faciès.

Pour le site de Port-Louis, une analyse de variance de rangs de Kruskal-Wallis entre le nombre de *bites* observés dans les différents faciès algaux a montré l'existence d'une différence statistiquement significative entre les pressions de broutage sur les différents types de faciès algaux ( $p < 0,0001$ ). À la suite de cette analyse, des tests de comparaisons multiples ont été réalisés. Ces tests ont montré que la différence est liée aux faciès à macroalgues Brunes, où la pression de broutage est significativement inférieure. Entre les autres faciès (gazon algal et débris coralliens), la pression de broutage par les herbivores n'est pas statistiquement différente (Tableau VI-16). Cela peut s'expliquer par le fait que les débris coralliens sont colonisés par du gazon algal.

Tableau VI-16 : Résultats des tests de comparaisons multiples entre les faciès algaux de Port-Louis (NS : non significatif et S : significatif).

	Macroalgues	Débris coralliens	Gazon algal
Macroalgues	—	—	—
Débris coralliens	S	—	—
Gazon algal	S	NS	—

La Figure VI-9 présente le nombre de *bites* obtenus pour la station de Port-Louis. Elle montre que les pressions de broutage sur le gazon algal et sur les débris coralliens sont très proches (respectivement 24295 et 24760 *bites.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>*). Cette pression est beaucoup plus faible sur les zones de macroalgues (1135 *bites.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>*).

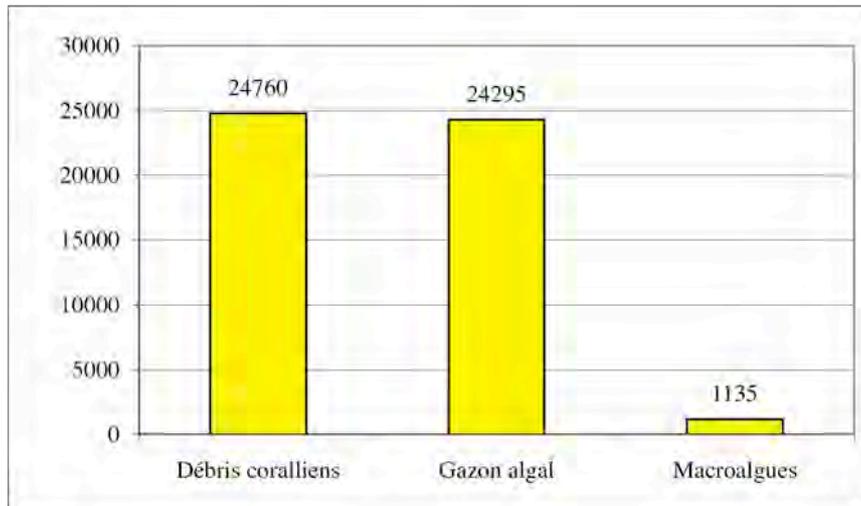


Figure VI-9 : Pression de broutage par les poissons herbivores en nombre de *bites* par mètre carré et par jour en fonction du faciès algal sur le platier de Port-Louis.

Sur le platier récifal de Gosier, l'analyse de variance de rangs a porté sur les quatre faciès algaux présents, soit les débris coralliens, le gazon algal, les macroalgues Brunes et les zones à *Halimeda*. Les résultats du test montrent l'existence d'une différence statistiquement significative du broutage entre les différents faciès algaux ( $p = 0,001$ ). Des tests de comparaison montrent que cette différence peut être imputée aux peuplements de macroalgues Brunes, peu recherchées par les herbivores (Tableau VI-17).

Tableau VI-17 : Résultats des tests de comparaison multiple entre les faciès algaux de Gosier (NS : non significatif et S : significatif).

	Macroalgues	Débris coralliens	Gazon algal	<i>Halimeda</i>
Macroalgues	—	—	—	—
Débris coralliens	S	—	—	—
Gazon algal	S	NS	—	—
<i>Halimeda</i>	S	NS	NS	—

L'examen de la Figure VI-10 montre que le faciès à débris coralliens subit la pression de broutage la plus élevée avec une valeur de  $70545 \text{ bites.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$  alors que celle observée sur les macroalgues Brunes est la plus faible ( $9158 \text{ bites.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ). Le gazon algal et le faciès à *Halimeda* affichent des valeurs intermédiaires. Le gazon algal est soumis à une pression de broutage supérieure ( $46147 \text{ bites.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ) à celle exercée sur le faciès à *Halimeda* ( $33691 \text{ bites.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ).

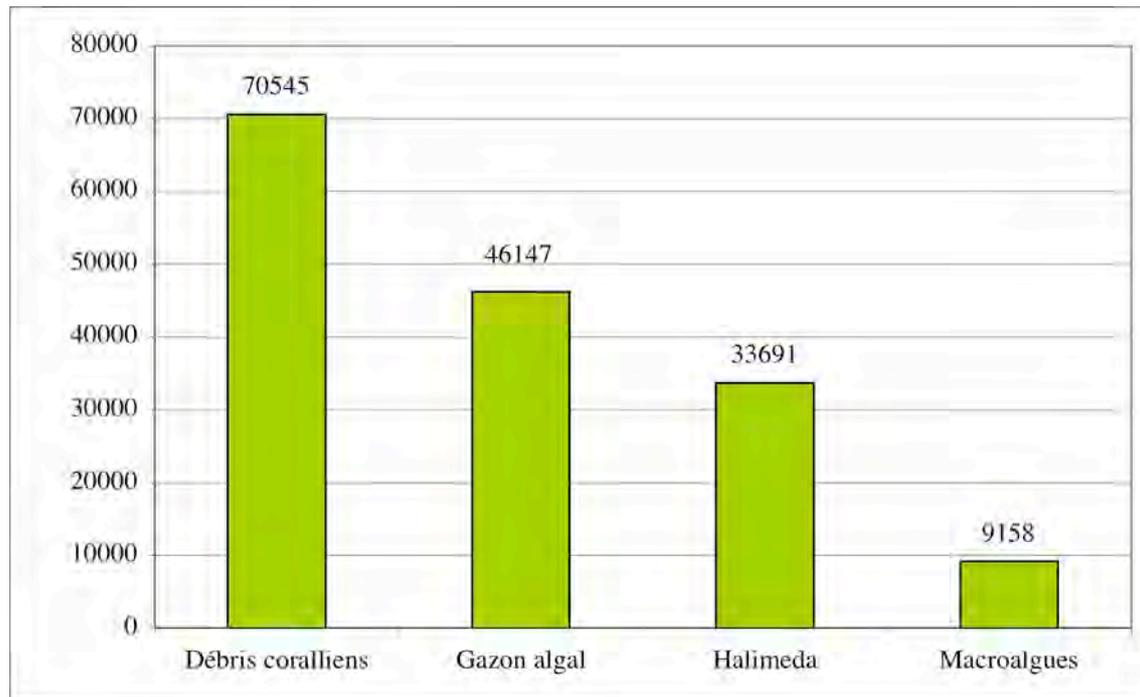


Figure VI-10 : Pression de broutage par les poissons herbivores en nombre de *bites* par mètre carré et par jour, en fonction du faciès algal sur le platier de l'îlet Gosier.

Ces tests ont donc montré que les poissons herbivores exercent un choix entre les différents types de faciès algaux présents sur les récifs et qu'ils recherchent préférentiellement les substrats recouverts par des algues gazonnantes.

### C- Variabilité entre les espèces

Enfin, la variabilité de la pression de broutage par les espèces a été étudiée. La Figure VI-11 représente le nombre de *bites* par individu pour chaque espèce. Les valeurs les plus élevées sont toujours attribuées à *Scarus iserti* (21,5 *bites*.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>), *Acanthurus bahianus* (8,9 *bites*.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>) et *A. coeruleus* (11,2 *bites*.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>). Les différences entre les autres espèces sont distribuées dans un intervalle plus étroit (de 4 à 6,2 *bites*.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>) avec la valeur la plus faible observée pour *Scarus taeniopterus*.

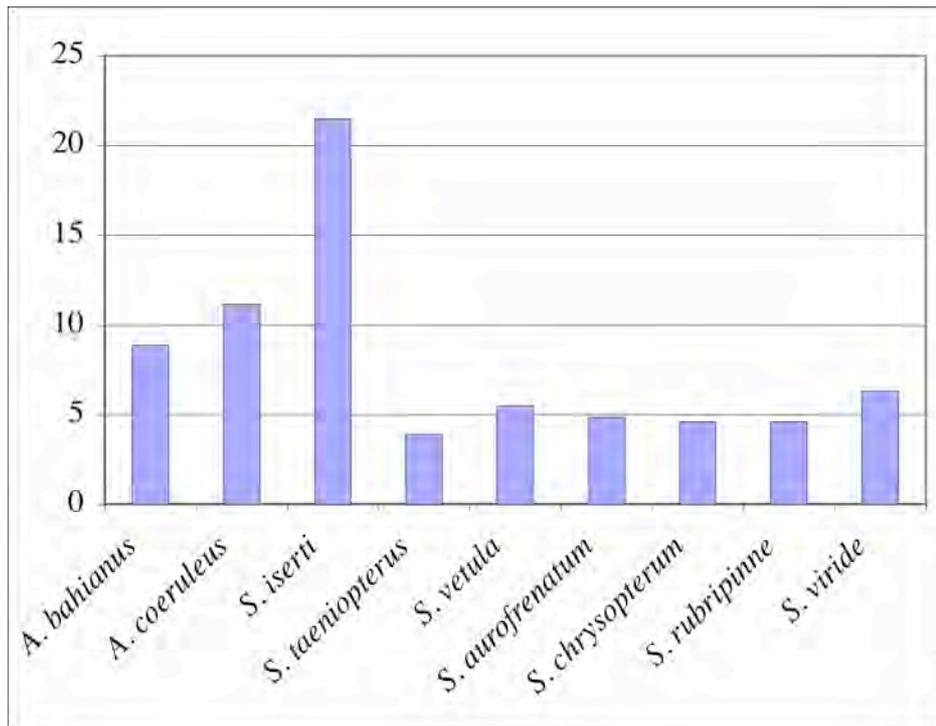


Figure VI-11 : Pression de broutage par individus de chaque espèce pour l'ensemble des sites

### III- CONCLUSIONS

Les résultats présentés dans ce chapitre ont permis d'évaluer la consommation en algues des poissons herbivores sur les récifs coralliens de la Guadeloupe et ont montré que celle-ci est fortement liée aux densités de poissons. Ainsi les consommations élevées d'algues sont observées sur les zones où les biomasses de poissons sont importantes.

L'étude de l'attraction des espèces envers les différents faciès de peuplements algaux a également été abordée. Les résultats ont montré que les espèces n'exercent pas la même pression de broutage sur les faciès algaux. Ainsi, les poissons herbivores broutent nettement moins sur les macroalgues Brunes que sur les autres types de faciès algaux.

# CHAPITRE VII

## Discussion



©J. Chalifour



## I- STRUCTURE DES PEUPELEMENTS DE POISSONS HERBIVORES

Un total de 13 espèces de poissons herbivores a été répertorié lors de cette étude. Sur ces 13 espèces, deux sont rares sur les récifs de Guadeloupe. Il s'agit de *Sparisoma atomarium* et de *Scarus vetula*. D'autres espèces de Scaridae ont déjà été recensées lors d'études menées dans les Antilles françaises (Bouchon-Navaro *et al.*, 2005) comme *Sparisoma radians*, *Cryptotomus roseus*, *Scarus guacamaia* et *S. coeruleus*, mais elles n'ont pas été observées lors de ce travail.

Bien que certains auteurs (Barlow, 1975 ; Steneck, 1988 ; Clavijo, 1990 ; Bruggemann, 1995 ; Paddock *et al.*, 2006) aient pris en compte les Pomacentridae lors des études qu'ils ont menées sur les poissons herbivores nous avons délibérément choisi de ne pas inclure les Pomacentridae dans la guildes des herbivores. En effet, d'après Randall (1967), leur régime alimentaire n'est pas composé uniquement, ni même majoritairement, d'algues.

### A- Étude temporelle

Les résultats obtenus lors de la présente étude ont montré qu'il existe une grande variabilité temporelle des poissons herbivores sur le platier récifal d'un même récif. Ces variations semblent être dues à une cyclicité saisonnière bien que les données disponibles n'aient pas permis de la mettre en évidence de façon significative. Duffy et Hay (1990) avaient déjà remarqué ce phénomène. Ces auteurs ont noté que dans les systèmes marins tempérés, il existe une saisonnalité chez les herbivores qui sont beaucoup plus actifs durant l'été. Sur les récifs tropicaux, les herbivores sont abondants et actifs tout au long de l'année. En Australie également, Booth (1998) remarquait que les densités de Scaridae ne sont pas influencées par la saison. Cependant Carpenter (1986) notait qu'à Sainte-Croix, dans les Iles Vierges, le nombre d'herbivores suit un modèle saisonnier et cet auteur suggère que les variations observées sont dues à un recrutement important chez les Scaridae au début de la saison chaude (juin à novembre). Selon cet auteur, ce phénomène saisonnier ne se retrouve pas chez les Acanthuridae. En Guadeloupe, Bouchon-Navaro (1997) note cependant que sur les récifs des îlets Pigeon, les poissons herbivores présentaient des cycles annuels bien marqués avec des effectifs maxima en saison chaude (mai à septembre) et minima durant la saison fraîche (novembre à mai).

## B- Étude spatiale

L'étude spatiale a permis de mettre en évidence la différence de structure des peuplements de poissons herbivores entre les platiers récifaux et les pentes externes. Les poissons herbivores sont numériquement plus abondants sur les platiers récifaux, mais leur biomasse est plus élevée sur les pentes externes car ils y sont de plus grande taille. Les platiers récifaux en effet, restent l'habitat de prédilection des juvéniles de ces poissons (Sale, 1969 ; Robertson *et al.*, 1979 ; Bouchon-Navaro et Harmelin-Vivien, 1981).

Le Tableau VII-1 montre que les valeurs de densités obtenues lors de cette étude sont situées dans la même gamme de valeurs déjà signalées dans la Caraïbe ou dans l'Indo-Pacifique. Les densités concernant les effectifs sont cependant relativement élevées pour la Caraïbe et se rapprochent plus de celles qui sont observées dans la région Indo-Pacifique. Concernant les biomasses, certains auteurs trouvent des valeurs bien supérieures à celles de cette étude, notamment à Bonaire et en Australie.

Les résultats ont également montré que les familles qui dominent sur les platiers et les pentes externes ne sont pas les mêmes. Les Acanthuridae sont plus abondants sur les platiers récifaux alors que les Scaridae prédominent sur les pentes externes. Ce changement de dominance d'herbivores avait déjà été rapporté en 1985 par Lewis et Wainwright sur les récifs de Belize : les Acanthuridae y dominent dans les zones dont la profondeur d'eau est inférieure à 5 mètres tandis que les Scaridae abondent en profondeur. Bouchon-Navaro et Harmelin-Vivien (1981) ont également observé en Mer Rouge cette répartition des herbivores par familles et en fonction de la profondeur. À Takapoto en Polynésie française, les herbivores sont répartis de façon différente puisque les Acanthuridae dominent les pentes externes et les Scaridae plutôt les zones peu profondes (Bouchon-Navaro, 1983).

L'étude spatiale a également permis de montrer la différence de structure des peuplements de poissons herbivores entre les récifs protégés et ceux qui ne bénéficient pas d'un statut de protection. Bien que la protection des récifs ne semble pas avoir d'effets sur le nombre de poissons herbivores recensés, elle a une influence significative sur la biomasse puisque celle-ci est presque deux fois plus élevée dans les zones qui bénéficient du statut de réserve. Des résultats similaires ont été trouvés au Kenya par McClanahan (1997) qui a montré que sur les récifs protégés du Kenya, la biomasse de poissons herbivores varie entre 5000 et 7000 g.100 m<sup>-2</sup> alors qu'elle est de 200 g.100 m<sup>-2</sup> dans les zones non protégées. Les zones de réserve du Kenya ont également une nette influence sur le nombre d'individus recensés (McClanahan *et al.*, 1994). Le Tableau VII-2 récapitule les résultats de ces auteurs.

Tableau VII-1 : Estimation des effectifs et de la biomasse de poissons herbivores sur les récifs (n.r : non renseigné).

Région étudiée		Référence	Espèces considérées	Profondeur	Nombre d'individus pour 100 m <sup>2</sup>	Biomasse en g pour 100 m <sup>2</sup>
Mer des Caraïbes	Guadeloupe	Présente étude	Acanthuridae/Scaridae/ Kyphosidae/Blenniidae	Platiers	75	3600
				Pentes externes	46	4720
	Jamaïque	Williams et Polunin, 2001	Acanthuridae/Scaridae	12 à 15 m	-	270-510
	Barbade				-	1710
	Belize				-	810-1540
	Grand Cayman				-	800-1290
	Cuba				-	760-1080
	Bonaire	van Rooij <i>et al.</i> , 1998	Acanthuridae/Scaridae/ Pomacentridae/Oursins	0 à 22 m	-	6900
	Bonaire	Bruggemann <i>et al.</i> , 1994a	Acanthuridae/Scaridae/ Pomacentridae	Platiers Pentes externes	- -	21 900 3300
	Porto Rico	Clavijo, 1990	Acanthuridae/Scaridae/ Pomacentridae	5 à 18 m	18-48	-
Belize	Lewis, 1986	Acanthuridae/Scaridae	Platiers	24,5-38,5	-	
Belize	Littler <i>et al.</i> , 1987	Acanthuridae Scaridae	5 m	18,4-19,8 20,6-26,6	- -	
Belize	Lewis et Wainwright, 1985	Acanthuride	Platiers Pentes externes	12,6 0,7	- -	
		Scaridae	Platiers Pentes externes	11,4 15,4	- -	
Barbade	Bell et Kramer, 2000	<i>A. coeruleus</i>	n.r	0,16	-	
Océan Pacifique	Iles Marshall	Bakus, 1967	Scaridae	n.r	8,1	-
	Hawaii	Brock, 1979	Scaridae	n.r	110	-
	Polynésie	Bouchon-Navaro, 1983	Acanthuridae	Platiers Pentes externes	2,9 13,1	- -
			Scaridae	Platiers Pentes externes	9,4 3,1	- -
	Polynésie	Harmelin-Vivien, 1984	Acanthuridae/Scaridae	Platiers 10 à 20 m	61,7 47-49,8	- -
	Australie	Gust <i>et al.</i> , 2001	Scaridae	0 à 5 m	30,6	9200
Mer Rouge	Golfe d'Aqaba	Bouchon -Navaro et Harmelin-Vivien, 1981	Acanthuridae/Scaridae/ Siganidae	Platiers Pentes externes	23,4 6,9	- -
Océan Indien	Atoll d'Aldabra	Robertson <i>et al.</i> , 1979	Acanthuridae/Scaridae	Pentes externes	55,7	-

Tableau VII-2 : Densités de poissons herbivores en fonction du statut de protection (d'après McClanahan *et al.*, 1994).

	Acanthuridae		Scaridae	
	ind.500 m <sup>-2</sup>	kg.ha <sup>-1</sup>	ind.500 m <sup>-2</sup>	kg.ha <sup>-1</sup>
Zones non protégées	1,3	0,7	37,4	10
Zones protégées depuis 2 ans	21,7	31,1	17,3	11,2
Zones protégées depuis 20 ans	52,7	168-237	41-46	134-176

La protection des récifs kenyans a donc favorisé l'augmentation de la biomasse de Scaridae et d'Acanthuridae ainsi que les effectifs d'Acanthuridae. L'accroissement du nombre de Scaridae en 20 ans est moins spectaculaire. Ce tableau montre qu'il faut un grand nombre d'années pour que l'effet de la protection soit visible.

En Guadeloupe, la protection des récifs semble n'avoir d'effet que sur la biomasse des poissons herbivores et non pas sur les effectifs, ce qui est surprenant compte tenu du fait que la réserve du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe existe depuis 1987 et que les îlets Pigeon sont classés en réserve de pêche depuis 1979.

D'autres auteurs, dans la Caraïbe, ont montré l'importance des réserves pour la biomasse de poissons herbivores. Pour Mumby *et al.* (2006), les biomasses de Scaridae seraient entre 30 et 60 % plus importantes dans les zones de réserves des Bahamas que dans les zones non protégées. Dans leur synthèse concernant les relations entre les réserves, les herbivores et la résilience des écosystèmes récifaux, Hughes *et al.* (2007a) affirment que ces zones sont nécessaires pour augmenter la biomasse d'herbivores.

## II- INTERACTIONS ENTRE POISSONS HERBIVORES, ALGUES, ET VARIABLES DU MILIEU

### A- Relation entre les poissons et les algues

Les analyses concernant la distribution spatiale des poissons herbivores ont montré que ces poissons se trouvent principalement sur des fonds où le peuplement algal est dominé par des algues gazonnantes, avec peu de macroalgues. Deux hypothèses peuvent être émises devant ce constat : 1) les herbivores qui se nourrissent essentiellement de gazon algal ne fréquentent pas les fonds dominés par les macroalgues ; 2) les macroalgues se développent dans des zones où les herbivores, absents ou trop peu nombreux, sont incapables de contrôler leur développement en broutant leurs jeunes pousses.

Une expérience permettant de répondre à cette question pourrait consister à enlever tous les herbivores d'une zone sans macroalgues pour voir si celles-ci se développent ou encore de rajouter des poissons herbivores dans des zones de macroalgues. Certains auteurs ont déjà mis en place de telles manipulations, notamment à l'aide de cages d'exclusion qui permettent d'exclure les herbivores de certaines zones du récif (Earle, 1972 ; Wanders, 1977 ; Foster, 1987 ; Lirman, 2001 ; McClanahan *et al.*, 2002).

Une autre approche a été utilisée à l'occasion de ce travail. Elle a consisté à comparer les biomasses élevées de poissons herbivores dans les zones de réserve par rapport à celles observées dans les zones non protégées, après avoir démontré que la mise en réserve des récifs avait permis d'augmenter la biomasse des poissons herbivores. Les analyses réalisées, corrélant de façon inverse les biomasses d'herbivores et le recouvrement des fonds par les macroalgues, ont permis de répondre à notre interrogation. Les biomasses importantes de poissons herbivores dans les zones de réserves permettent de réguler la croissance algale et les macroalgues y sont moins abondantes. Dans les zones non protégées, la régulation n'est pas suffisante car les biomasses de poissons herbivores sont faibles. Par des expériences en laboratoire, John et Pople (1973) ont démontré que ce sont bien les herbivores qui entraînent l'absence de grandes algues érigées sur le récif, en broutant les jeunes pousses faisant partie du gazon algal. Ces dernières contiennent souvent des substances toxiques, indigestes ou répulsives et subissent une pression de prédation faible de la part des différents compartiments d'herbivores. C'est en les consommant dès leur stade juvénile que les poissons herbivores les empêchent d'atteindre leur taille adulte et d'envahir le récif au détriment des coraux et autres invertébrés benthiques.

### **1- Moyens développés par les algues pour lutter contre la prédation des herbivores**

Van alstyne *et al.* (1999) avaient déjà noté que les herbivores ont une influence sur la dynamique des communautés en consommant les jeunes pousses d'algues. Les algues qui survivent deviennent finalement trop grandes pour être consommées par la plupart des herbivores et « s'échappent en taille » (Lubchenco et Gaines, 1981). Ce sont donc les stades juvéniles des algues qui sont les plus vulnérables face aux herbivores du récif (Duffy et Hay, 1990).

Les algues peuvent résister aux herbivores par d'autres moyens. D'après Duffy et Hay (1990), elles peuvent éviter les herbivores dans l'espace en grandissant dans des habitats

inaccessibles à ces poissons. Les algues peuvent également « s'échapper dans le temps » en se développant à un moment de l'année où les herbivores ne sont pas actifs (Hay *et al.*, 1988b). Ce phénomène s'observe surtout pour les algues des régions tempérées. Pour illustrer ce phénomène dans la Caraïbe, les auteurs prennent l'exemple des algues du genre *Halimeda* qui synthétisent leurs nouveaux tissus, plus vulnérables car plus attractifs pour les herbivores, pendant la nuit, quand ces derniers sont inactifs. Enfin, les algues peuvent repousser les herbivores grâce à de nombreuses substances chimiques répulsives qu'elles synthétisent (Hay *et al.*, 1987 ; Hay *et al.*, 1988a ; Schupp et Paul, 1994 ; Pennings *et al.*, 1996 ; Targett et Arnold, 1998 ; Deal *et al.*, 2003 ; Barbosa *et al.*, 2004).

## 2- Rôle des réserves dans le contrôle des algues

Le rôle des réserves qui, en augmentant la biomasse de poissons herbivores, permettent de diminuer la quantité de macroalgues sur les récifs, a déjà été souligné par certains auteurs. En 2006, Mumby *et al.* montraient que la mise en réserve de récifs des Iles Vierges a permis d'augmenter la densité des grands Scaridae et ainsi de doubler la pression de broutage sur le récif, diminuant par conséquent la couverture en macroalgues. McClanahan *et al.* (2001) ont montré que sur des récifs non protégés du Belize, le recouvrement par les coraux était moindre et que le couvert de macroalgues était très important. Ce même phénomène a également été observé par Williams *et al.* (2001) à Belize où les poissons herbivores sont capables d'éliminer les macroalgues des récifs au recouvrement corallien important, mais pas des récifs où ce même recouvrement est faible et où les macroalgues sont déjà bien implantées.

En 2001, Williams et Polunin ont réalisé une étude étendue à différents récifs de la Caraïbe et ont rapporté que, là où la biomasse de poissons herbivores est la plus faible, le taux de recouvrement en macroalgues est le plus élevé et celui en gazon algal le plus faible. Ces auteurs ont démontré que la biomasse de poissons herbivores est corrélée négativement avec les macroalgues et positivement avec les algues gazonnantes. Ces corrélations négatives existent pour les deux principales familles d'herbivores, les Scaridae et les Acanthuridae qui contribuent donc à maintenir un faible couvert algal. Ce constat a également été fait dans la Caraïbe par Newman *et al.* (2006) pour qui les biomasses élevées de poissons herbivores sont corrélées avec la diminution de la biomasse de macroalgues érigées. En Australie, Hughes *et al.* (2007b) constatent que, dans les zones de réserves où les poissons herbivores sont abondants, les macroalgues sont en faible quantité alors que sur les récifs non protégés, la

diminution des grands poissons herbivores a conduit à une explosion de la biomasse algale. Toujours en Australie, Jones (1992) a également remarqué que les densités d'herbivores sont corrélées négativement avec le recouvrement en Phéophycées et que les espèces d'herbivores se situent dans les zones où le gazon algal domine. Hay (1985) note également que l'augmentation des macroalgues sur les récifs est souvent corrélée avec la diminution de biomasse, d'effectifs et de richesse spécifique d'Acanthuridae et de Scaridae. L'exclusion de ces poissons par la pêche entraîne une augmentation du recouvrement des fonds par les macrophytes. Les zones anciennement riches en poissons herbivores, dominées par des algues calcaires encroûtantes et des algues filamenteuses, se retrouvent envahies par des macroalgues car il n'y a plus d'herbivores. Selon Aronson et Precht (2000) des décennies de fortes pressions de pêche ont entraîné la raréfaction à la fois de gros individus de la famille des Scaridae mais également des grands bancs d'Acanthuridae.

## **B- Rôle des variables environnementales**

### **1- Les nutriments**

Ce travail a aussi montré que des facteurs autres que la diminution d'abondances des poissons herbivores pouvaient mener à un développement excessif des macrophytes. Il a démontré le rôle des nitrates, des phosphates et des matières en suspension sur les peuplements algaux. L'étude des variations temporelles a mis en évidence que lors de la saison humide, les concentrations en nitrates et la quantité de matières en suspension étaient supérieures à celles observées lors de la saison sèche. Les recouvrements en macroalgues recensés sur les platiers varient dans le même sens que les concentrations en nutriments et sont beaucoup plus élevés pendant la saison humide. Les pluies de l'hivernage amènent donc des nutriments en lessivant les sols de l'île et ceux-ci favorisent le développement des macroalgues. Ces changements du niveau d'eutrophisation de l'eau de mer peuvent être considérés comme étant à l'origine de ce développement des macroalgues, d'autant plus qu'il a été démontré que l'abondance, et donc l'activité des herbivores, ne présentent pas de fluctuations d'ordre saisonnier.

L'étude spatiale a également permis de comparer le recouvrement en algues et la productivité algale de différents sites récifaux avec les concentrations en nitrates, en phosphates et en matières en suspension dans leurs eaux. Les résultats ont montré que dans

les sites où ces variables présentent des concentrations élevées, le recouvrement en Phéophycées et en Rhodophycées est important et que ces sites sont également ceux à la productivité algale la plus forte.

Cette influence des apports de nutriments sur les communautés benthiques récifales a déjà été soulignée par certains auteurs. En Australie, Fabricius *et al.* (2005) ont signalé que lorsque la concentration en nutriments est importante, il existe une augmentation du recouvrement en Rhodophycées et en Chlorophycées alors que celui en coraux diminue. En effet, comme l'ont noté Littler et Littler (1988) dans leur synthèse sur le rôle et la structure des algues sur les communautés récifales des tropiques, les nitrates et les phosphates sont des facteurs limitants pour la croissance des algues et lorsque celles-ci en disposent en abondance, elles sont dans les conditions optimales pour se développer. Boyer *et al.* (2004) affirment cependant que des populations intactes d'herbivores sont capables de compenser l'augmentation des nutriments sur un récif en consommant les algues, même si celles-ci croissent plus rapidement grâce aux apports de matières organiques ou de nutriments. Littler *et al.* 2006 corroborent cette assertion : dans des zones récifales de Belize où les herbivores sont nombreux, les macroalgues ne croissent que faiblement, bien que les concentrations en nutriments soient élevées ; en revanche, les fortes concentrations en nutriments stimulent la croissance des macroalgues érigées dans les zones où les herbivores sont peu nombreux. Enfin, dans leur étude concernant les effets de l'eutrophisation sur les récifs de la Réunion, Chazottes *et al.* (2002) ont remarqué que les Rhodophycées encroûtantes et les macrophytes érigées sont corrélées positivement avec les concentrations en ammonium, en nitrates et en nitrites, alors que les coraux et le gazon algal ne sont pas corrélés avec les taux de nutriments azotés. Dans la présente étude, le recouvrement en gazon algal n'est également corrélé avec aucun nutriment. En revanche, le recouvrement des fonds par les coraux est inversement corrélé avec la quantité de matières en suspension et la quantité de nitrates. Le rôle négatif des matières en suspension sur le développement des coraux est à ce jour bien connu. Costa Jr *et al.* (2000) signalent qu'outre les matières en suspension, les fortes concentrations en nutriments ont une influence néfaste sur le développement des larves de coraux. Ainsi, une forte disponibilité en nutriments permet d'augmenter les recouvrements en gazon algal et en macrophytes. Les algues érigées, en diminuant la pénétration de la lumière jusqu'aux colonies coralliennes et en entrant en compétition avec les coraux pour l'espace, inhibent le recrutement des larves de coraux et le développement des juvéniles.

## **2- L'influence de la profondeur**

L'influence de la profondeur sur la répartition des herbivores sur un récif de la Guadeloupe a été abordé lors de ce travail. Les résultats ont montré que la profondeur joue un rôle important, les effectifs et les biomasses de poissons herbivores diminuant avec des profondeurs croissantes sur les pentes externes récifales. La diminution progressive des densités d'herbivores avec l'augmentation de la profondeur a déjà été remarquée par certains auteurs mais les études sont encore relativement rares.

Dans la région Caraïbe, Morrison (1988) a noté que les herbivores sont six fois moins abondants en profondeur que près de la surface. Pareillement, Steneck la même année remarquait que les herbivores sont abondants dans les zones peu profondes (1 à 5 m) puis que leur nombre décroît de façon linéaire avec la profondeur. En Polynésie française, Harmelin-Vivien (1984) remarquait qu'une diminution des effectifs de poissons herbivores apparaissait au-delà de 20 m de profondeur. Toujours en Polynésie, Bouchon-Navaro (1983) notait aussi une diminution des effectifs de poissons herbivores avec la profondeur. En Mer Rouge, Bouchon-Navaro et Harmelin-Vivien (1981) observaient aussi la même tendance.

La présente étude a également révélé l'existence de corrélations positives entre le recouvrement des fonds par le gazon algal et les abondances en effectifs et biomasses des poissons herbivores. De plus, le recouvrement en gazon algal est, comme l'abondance des poissons herbivores, corrélé négativement avec la profondeur. Selon Morrison (1988) cette diminution du nombre d'herbivores avec la profondeur est due à une diminution des abris pour les poissons qui ne peuvent plus se protéger de la prédation.

## **III- CONSOMMATION EN ALGUES PAR LES HERBIVORES**

### **A- Consommation des algues**

Les résultats obtenus lors de ce travail sur la consommation des algues et sur la productivité algale ont mis en évidence que, sur les récifs dégradés où les biomasses de poissons sont faibles, les herbivores ne sont pas capables de réguler la croissance algale. La production algale est bien plus élevée que la consommation et par conséquent les macroalgues ont eu l'opportunité de se développer. Aux îlets Pigeon, zone protégée, les poissons herbivores sont de plus grande taille que sur les autres récifs et sont capables de consommer la quasi totalité de la production algale.

Il faut cependant noter que le choix d'un cycle de réplétion stomacal a une influence importante sur l'estimation de la consommation algale. Il est de 3 fois par jour dans le cadre de la présente étude. D'autres auteurs ont adopté des cycles de réplétion inférieurs ou supérieurs et, par conséquent, les comparaisons entre différents travaux doivent être considérées avec précaution. En Polynésie, Polunin *et al.* (1995) ont déterminé des cycles de réplétion variant entre 1,7 et 13,8 fois par jour selon les espèces. Polunin et Klumpp (1992) en Australie ont déterminé un cycle de réplétion chez les poissons herbivores de 10,5 fois par jour en été et de 5,5 fois en hiver. Pour Hatcher (1981) en Australie toujours, le cycle de réplétion journalier varie entre 2,5 et 8,4 avec une moyenne de 5,2 fois par jour. Dans la Caraïbe, Ferreira *et al.* (1998) ont estimé des cycles de réplétion variant entre 2,4 et 2,7 fois pour les Scaridae et d'environ 3 fois par jour pour les Acanthuridae. Pour Gigy (1975) *Sparisoma viride* remplit son estomac une fois par jour alors que selon Bruggemann *et al.* (1996) le cycle de réplétion de cette espèce à Bonaire est d'environ 10 fois par jour.

Le Tableau VII-3 récapitule des valeurs de consommation en algues pour différents types d'herbivores et la productivité algale observée sur différents récifs. Il convient de remarquer que les valeurs de productivité algale estimées dans le cadre de la présente étude se situent dans les limites inférieures des gammes observées par d'autres auteurs. Cela peut s'expliquer par le fait que la technique employée n'exclut pas les possibilités de broutage par certaines catégories d'herbivores, phénomène qui tend à réduire la production mesurée. La productivité a été par conséquent sous-estimée. Les valeurs trouvées par Carpenter (1986) aux Iles Vierges proviennent également d'expériences effectuées en présence d'herbivores et sont tout de même supérieures à celles estimées sur les récifs guadeloupéens. Les résultats du tableau permettent de voir que les poissons sont les plus gros consommateurs d'algues et que les oursins et les micro-herbivores jouent un rôle moindre dans la régulation de la croissance algale.

Les comparaisons entre consommation et productivité estimées sur les récifs de la Guadeloupe ont permis de mettre en évidence la régulation de la croissance des algues par les poissons herbivores. Il a ainsi été observé que, sur les récifs dégradés où les herbivores sont de petite taille, leur faible biomasse les rend incapables de consommer toute la production algale. Les jeunes plants de macroalgues qui font partie du gazon algal, vont pouvoir grandir et donner naissance à un peuplement de macrophytes. Aux îlets Pigeon classés en réserve de pêche, les poissons herbivores représentent une biomasse importante et sont capables de réguler la croissance des algues produites sur le récif.

Tableau VII-3 : Productivité algale et consommation par les herbivores sur différents récifs

Lieux	Auteurs	Productivité algale en g d'algues.m <sup>2</sup> .j <sup>-1</sup>	Consommation	
			Espèces considérées	Taux en g d'algues.m <sup>2</sup> .j <sup>-1</sup>
Guadeloupe	Présente étude	0,1 - 2,1	Acanthuridae/Scaridae	0,4 - 2,5
Bonaire	van Rooij <i>et al.</i> , 1998	4,25	Poissons Oursins	4,3 0,5
Iles Vierges	Carpenter, 1986	5,7 - 7,1	Poissons/Oursins/ Microherbivores	5 - 8,2
	Carpenter, 1985	5,2 - 7,7	-	-
Floride	Paddock, 2005	2,6	<i>Sparisoma viride</i>	0,4
			Acanthuridae/Scaridae/ Pomacentridae	1,7
Australie	Polunin et Klumpp, 1992	4,4 - 5,3	Amphipodes	78,7 - 90,7 (.10 <sup>-3</sup> )
			Copépodes	1,85 - 2 (.10 <sup>-3</sup> )
			Autres crustacés	84,6 - 98,5 (.10 <sup>-3</sup> )
			Mollusques	41,4 - 47,5 (.10 <sup>-3</sup> )
	Klumpp et McKinnon, 1989	2,75 - 6,2	Polychètes	64,4 - 74,1 (.10 <sup>-3</sup> )
			Gastéropode	14,9 - 18,1 (.10 <sup>-3</sup> )
			<i>Acanthurus lineatus</i>	1,57 - 2,16
			-	-
	Russ, 2003	0,5-2,9	-	-
Iles Marshall	Bakus, 1967	1,6 - 5,3	-	-

Sur les récifs de Bonaire, qui d'après les auteurs, sont relativement préservés de la pêche, van Rooij *et al.* (1998) ont déterminé que la production primaire d'algues est intégralement consommée par les poissons herbivores. Carpenter (1986) a fait le même constat aux îles Vierges et annoncé que les oursins et les poissons herbivores sont capables d'enlever 100 % de la production algale journalière. Dans sa synthèse sur la pression de broutage par les herbivores, Hatcher (1983) signale qu'entre 20 et 90 % de la production journalière en algues sont consommés par l'ensemble des herbivores.

La présente étude a montré que les trois espèces d'Acanthuridae et le Scaridae *Sparisoma viride* sont les herbivores qui ingèrent les plus grandes quantités d'algues. Deux hypothèses peuvent être formulées pour expliquer ce résultat. La première est que ces quatre espèces auraient un taux de conversion des aliments plus faible que les autres espèces et qu'il leur faudrait ingérer des quantités de nourriture plus importantes pour atteindre une taille donnée. La seconde hypothèse voudrait que la croissance de ces espèces soit plus rapide que celle des autres, ce qui les obligerait à consommer plus de nourriture. Les études de Randall (1962) montrent que la croissance mensuelle d'*Acanthurus bahianus* est de 2,7 mm, celle d'*A. chirurgus* de 2,3 mm, celle d'*A. coeruleus* de 1,3 mm et celle de *S. viride* de 3,5 à 7,7 mm. Les autres espèces de Scaridae ont des taux de croissance nettement plus élevés (par exemple

de 11 à 18 mm par mois pour *Scarus vetula*) et pourtant elles ingèrent des quantités de matières organiques plus faibles. Ces résultats abondent dans le sens de la première hypothèse.

### **B- Pression de broutage et préférences des poissons herbivores vis-à-vis des grands types de faciès algaux**

Les valeurs de pression de broutage, en nombre de *bites* par mètre carré et par jour, obtenues dans ce travail (entre 6936 et 70545 *bites.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>*) sont comprises dans la fourchette de valeurs observées sur d'autres récifs. Carpenter (1986) trouvait à Ste Croix que les Scaridae sont capables d'effectuer entre 20 000 et 156 000 *bites.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>* selon les périodes de l'année. Pour Steneck (1983), le nombre moyen de *bites* sur un récif est de 5000 *bites.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>*, soit en prenant en compte une activité des herbivores de 12 heures par jour, 60 000 *bites.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>*.

Les résultats du présent travail ont également révélé que les poissons herbivores broutent de manière préférentielle sur certains faciès de la communauté algale. Le gazon algal, qu'il occupe des surfaces planes ou des débris coralliens, constitue la nourriture de prédilection des poissons herbivores. Cette préférence a été expliquée de plusieurs façons. Van Alstyne *et al.* (1999) rapportent que le gazon algal, constitué en partie de jeunes pousses de macroalgues, est le plus consommé par les herbivores car ces pousses recèlent dans leurs tissus de concentrations en azote supérieures à celles des plantes adultes. Ce phénomène pourrait influencer le choix de la nourriture des herbivores à la recherche d'un complément protidique (Mattson, 1980). Ce constat a également été fait par Bruggemann *et al.* (1994b) qui ont remarqué que le gazon algal était facilement digéré et qu'il avait une forte valeur énergétique et protéique.

À l'opposé, les macroalgues Brunes, principalement composées de *Dictyota*, sont évitées par les poissons. Ce phénomène peut être expliqué de deux façons.

Premièrement, la présence de substances répulsives ou toxiques contenues dans les macrophytes rebute les poissons. D'après plusieurs auteurs, (Ogden, 1976 ; Hay, 1981 ; Littler *et al.*, 1983 ; Reinthal et MacIntyre, 1994), les algues du genre *Dictyota* seraient les algues les moins consommées par les poissons herbivores. La prédominance de ce type d'algue sur les couverts de macroalgues des récifs étudiés pourrait expliquer pourquoi la pression de broutage est la plus faible sur ce type de faciès algaux. Les algues du genre *Dictyota* renferment en effet des substances chimiques de type diterpènes qui les protègent

des poissons herbivores et des oursins (Morisson, 1988 ; Barbosa *et al.*, 2004). Cependant, un certain nombre de *bites* ont été comptabilisés dans les faciès à macroalgues. Il est possible que ce broutage soit effectué aux dépens des microalgues épiphytes qui se développent sur les thalles des macroalgues. Ceci détonne pourtant avec les résultats obtenus par d'autres auteurs. Ainsi, d'après Duarte et Acero (1988), l'alimentation des Acanthuridae est constituée à 98 % de macroalgues juvéniles contenues dans le gazon algal.

Deuxièmement, la calcification du thalle de certaines algues empêcherait les poissons de les consommer (Ochavillo *et al.*, 1992). Cette dernière hypothèse ne semble pas être à retenir car les faciès d'*Halimeda opuntia* supportent, sur les platiers de Guadeloupe, des taux de broutage d'un niveau intermédiaire entre celui du gazon algal et celui des macroalgues. D'après Schupp et Paul (1994), les Acanthuridae évitent les algues contenant du carbonate de calcium comme les *Halimeda*. Ce seraient donc les Scaridae qui consomment parfois ce type d'algues comme *Sparisoma viride* (Overholtzer et Motta, 1999).

Steneck (1988) dans son article de synthèse sur les relations entre les herbivores et les algues résume les préférences des herbivores (Tableau VII-5).

Tableau VII-4 : Résumé des capacités alimentaires des herbivores selon Steneck (1988)

	Gazon algal		Macroalgues				Encroustantes
	1	2	3	4	5	6	
Polychètes	X	X	X				
Malacostracés	X	X	X	-	-	-	
GASTEROPODES							
Phipidoglosse	X	X	X	-	-		
Taenioglosse	X	X	X	-	-		
Docoglosse	X	X	-		X	X	X
Polyplacophore	X	X	X	X	X	X	X
Echinoderme	X	X	X	X	X	X	X
PERCIFORMES							
Pomacentridae	X	X	X				
Acanthuridae	X	X	X	X	X	-	
Scaridae	X	X	X	X	X	X	X
% consommé	100	100	90	40	50	40	40
% dénudé	100	80	50	22	10	10	10

X : régulièrement dénudé, X : régulièrement consommé, - occasionnellement consommé blanc : rarement ou jamais consommé.

1 : microalgues, 2 : algues filamenteuses, 3 : Chlorophycées molles, 4 : Rhodophycées érigées, 5 : Phéophycées, 6 : algues calcifiées, 7 : Mélobésiées.

Ce tableau confirme les résultats de notre étude et montre que le gazon algal est le plus consommé et que tous les herbivores peuvent s'en nourrir. Les macroalgues sont moins

consommées (entre 60 et 100 %) et les algues encroûtantes encore moins (40 %). En ce qui concerne les poissons, tous les types d'algues sont susceptibles d'être consommés par les Scaridae alors que les Acanthuridae, de par leur dentition, ne sont pas capables de consommer des algues calcifiées et encroûtantes.

Un facteur autre que la qualité de la nourriture peut influencer la pression de broutage par les poissons herbivores : il s'agit de la profondeur. Ainsi, certaines études ont montré que la pression de broutage varie en fonction de la zone de récif étudiée, platiers ou pentes externes (Hay et Goertemiller, 1983 ; Russ, 1984 ; Lewis et Wainwright, 1985 ; Paddock, 2005). Au cours de ce travail, la pression de broutage par les poissons herbivores n'a pu être étudiée que sur des platiers récifaux. Mais certains auteurs ont pu l'estimer à différentes profondeurs des pentes externes et leurs résultats apportent des informations très intéressantes pour expliquer la distribution des poissons herbivores en fonction de la profondeur. Steneck en 1997 étudiait le nombre de *bites* effectués par les poissons herbivores en fonction de la profondeur. Il a démontré que la pression de broutage diminue avec la profondeur. Celle-ci est maximale à 1 mètre de profondeur ( $3000 \text{ bites.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ), moyenne à 10 mètres de profondeur ( $500 \text{ bites.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ) et faible à 40 mètres ( $100 \text{ bites.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ). Les effectifs et les biomasses de poissons diminuant, le taux de broutage diminue lui aussi, la régulation du gazon algal ne se fait plus et les macroalgues prennent le dessus.

D'autres auteurs ont fait les mêmes constats. Hay (1981, 1985) remarquait que la densité de poissons et la quantité d'algues consommées diminuent avec la profondeur. Toujours dans la Caraïbe, Morrison (1988) a remarqué que les algues calcaires encroûtantes sont dominantes dans les eaux peu profondes et diminuent en abondance avec la profondeur alors que les macroalgues érigées augmentent en abondance et prédominent dans les zones profondes. L'auteur souligne que ce modèle de distribution est corrélé avec un déclin de la pression de broutage en fonction de la profondeur et que ce sont les herbivores qui limitent l'abondance des algues érigées sur les fonds peu profonds.

Enfin, un dernier facteur semble avoir une influence sur la pression de broutage. Selon de nombreux auteurs, la pression de broutage est fortement corrélée avec l'abondance des poissons herbivores (Choat, 1983 ; Lewis et Wainwright, 1985 ; Carpenter, 1986). Ceci semble être aussi le cas dans cette étude puisque les plus grandes densités d'herbivores ont été observées dans la station où la pression de broutage estimée était également la plus forte. Les biomasses de ces poissons sont cependant les plus faibles des trois sites étudiés. Carpenter (1986 ; 1988 ; 1990) explique les forts taux de broutage recensés lors de ses études par le fait que la majorité des herbivores sont des juvéniles de Scaridae qui ont une petite bouche. Ils

produisent donc un nombre de *bites* élevé qui n' enlèvent qu'une faible biomasse algale. Ceci pourrait expliquer pourquoi sur les récifs de l'îlet Gosier, les macroalgues recouvrent jusqu'à 39 % du substrat selon le moment de l'année. Les poissons, bien que mangeant beaucoup, ne prélèvent pas de grandes quantités d'algues et le gazon algal a l'opportunité de se développer, laissant la place à des macroalgues que les poissons ne consomment pas.

### C- Bioérosion

Les oursins et les Scaridae possèdent de puissantes dentitions qui leur permettent de prélever sur les récifs coralliens, non seulement des algues mais également des fragments du substrat rocheux. Ils participent ainsi à la bioérosion des récifs coralliens et à la production de sédiments. L'étude de l'alimentation des poissons de la famille des Scaridae au cours de ce travail a permis d'apporter une contribution à la connaissance de ce phénomène.

Par ailleurs, certains auteurs considèrent que les différentes espèces de Scaridae n'ont pas toutes la même importance vis-à-vis de ce phénomène. Ainsi, Frydl et Stearn (1978) ont déterminé que, sur les récifs de la Barbade, seule l'espèce *Sparisoma viride* érodait le récif. Les autres Scaridae ne feraient qu'ingérer du sédiment déjà existant. Cependant, Ogden (1977), à Panama, a démontré que *Scarus croicensis* (aujourd'hui *Scarus iserti*) était capable d'éroder le récif. Enfin, à Bonaire, Bruggemann *et al.* (1996) ont étudié la bioérosion générée par *Sparisoma viride* et *Scarus vetula* qui appartiennent à deux groupes de Scaridae distincts par leurs modes de nutrition. *S. viride* est un « excavateur » (« excavator ») qui creuse la roche quand il broute, alors que *S. vetula* est un « racleur » (« scraper ») qui racle le substrat pour prélever les algues dont il se nourrit. Ces auteurs réfutent l'affirmation de Frydl et Stearn (1978) concernant l'exclusivité de *S. viride* à éroder le récif et considèrent que les « racleurs » contribuent également à l'érosion des récifs, mais de 3 à 10 fois moins que les excavateurs.

Les taux de bioérosion estimés, lors de la présente étude, sur les platiers et pentes externes récifales sont situés dans la gamme des valeurs établies par d'autres auteurs pour les récifs de la Caraïbe ou de l'Indo-Pacifique (Tableau VII-4). Ces estimations varient beaucoup selon les auteurs. En effet, les résultats trouvés sont fonction du cycle de réplétion stomacal journalier utilisé. Dans la présente étude, il a été considéré de trois fois par jour, en accord avec Bardach (1961). Bruggemann *et al.* (1996), ont utilisé une valeur de dix fois par jour, ce qui peut expliquer qu'ils trouvent des valeurs élevées par rapport aux autres auteurs. Smith et Paulson (1974) ont adopté un taux de réplétion d'une fois par jour, ainsi que Gygi (1975). Frydl et Stearn (1978) ont utilisé une valeur de 8 fois par jour.

Les valeurs estimées de bioérosion dépendent également de l'abondance en biomasse des Scaridae sur les récifs. Bruggemann *et al.* (1996) suggèrent que les valeurs élevées de bioérosion rapportées dans leur étude sont dues à la forte densité de Scaridae des récifs de Bonaire comparée à d'autres récifs de la Caraïbe. Dans la présente étude, le taux de bioérosion le plus fort a été observé aux îlets Pigeon où les biomasses de poissons sont très élevées, ce qui peut expliquer que le taux de bioérosion y soit plus important que sur les autres sites étudiés.

Enfin ce tableau permet de voir que les poissons ne sont pas les principaux bioérodeurs du récif. Les oursins ont l'impact le plus fort, suivis des Scaridae. Les autres érodeurs (bivalves, éponges, polychètes, etc) jouent un rôle moindre.

Tableau VII-5 : Valeurs estimées de bioérosion par différents types de bioérodeurs sur les récifs coralliens.

Région étudiée	Référence	Espèces considérées	Bioérosion en kg.m <sup>-2</sup> .an <sup>-1</sup>
		<b>POISSONS</b>	
Bermudes	Bardach, 1961	Scaridae	0,06
Bermudes	Gygi, 1975	<i>Sparisoma viride</i>	0,21
Panama	Ogden, 1977	<i>Scarus croicensis</i>	0,49
Barbade	Stearn et Scoffin, 1977	<i>Sparisoma viride</i>	0,036
Barbade	Frydl et Stearn, 1978	Scaridae	0,040 - 0,170
Australie	Kiene, 1988	Scaridae/Oursins/Polychètes	0 - 9,11
Bonaire	Bruggemann <i>et al.</i> , 1996	<i>Scarus vetula</i>	0,14 - 2,42
Bonaire	Bruggemann <i>et al.</i> , 1996	<i>Sparisoma viride</i>	0,55 - 5,38
Guadeloupe	Présente étude	Scaridae	0,09 - 0,92
		<b>OURSINS</b>	
Panama	Ogden, 1977	<i>Diadema antillarum</i>	4,6
Panama	Ogden, 1977	<i>Echinometra lucunter</i>	3,9
Barbade	Scoffin <i>et al.</i> , 1980	<i>Diadema antillarum</i>	5,3
Curaçao	Bak <i>et al.</i> , 1984	Tous les oursins	2,8
Porto Rico	Griffin <i>et al.</i> , 2003	<i>Echinometra viridis</i>	0,114 - 4,14
Belize	Brown-Saracino <i>et al.</i> , 2007	Tous les oursins	0,2 - 2,7
		<b>AUTRES</b>	
Barbade	Scoffin <i>et al.</i> , 1980	Bivalves, vers, éponges, cirripèdes	2,31
Curaçao	Bak <i>et al.</i> , 1984	Eponges	0,183
La Réunion	Chazottes <i>et al.</i> , 2002	Polychètes	5,7.10 <sup>-3</sup> - 47,3.10 <sup>-3</sup>

# CONCLUSIONS



©J. Chalifour



Le but de la présente étude était de contribuer à une meilleure connaissance des facteurs qui influencent la répartition des poissons herbivores et de mieux connaître leur rôle dans le fonctionnement de l'écosystème récifal. Les objectifs de ce travail étaient de répondre aux questions suivantes :

- *Les peuplements de poissons herbivores sont-ils stables au cours de l'année et quels sont les facteurs écologiques qui influencent leur distribution ?*

Les données récoltées durant les 18 mois d'étude temporelle de l'ichtyofaune de poissons herbivores laissent supposer l'existence de variations cycliques d'ordre saisonnier au sein du peuplement bien qu'elles n'aient pas pu être mises en évidence de façon significative. Il semble qu'elles soient masquées par certains facteurs écologiques qui ont une influence sur la distribution des poissons herbivores. Ainsi, les poissons quittent le récif lorsque la houle est forte. Les vents, lorsqu'ils soufflent de l'est, semblent avoir le même effet que la houle sur les poissons herbivores, en les incitant à fuir le platier. Ceux-ci ont également tendance à quitter le platier récifal quand la hauteur d'eau est faible pour y retourner avec la marée montante.

- *Comment se distribuent les poissons herbivores entre les différents compartiments récifaux ?*

Les résultats obtenus ont démontré qu'il existe deux peuplements distincts de poissons herbivores localisés, d'une part sur les platiers récifaux et, d'autre part sur les pentes externes. D'un point de vue quantitatif, les Acanthuridae dominent les platiers alors que les Scaridae sont plus abondants sur les pentes externes.

L'étude de la distribution des herbivores en fonction de la profondeur (0 à 30 m) a permis de déterminer que les effectifs et la biomasse de poissons herbivores décroissent avec la profondeur.

Les analyses concernant la distribution spatiale des poissons herbivores ont également souligné l'importance de la mise en réserve des récifs. La protection dont ils bénéficient se traduit par de plus fortes biomasses de poissons herbivores que dans les zones non protégées.

- *Le type de substrat et la composition quantitative de la communauté benthique récifale ont-ils une influence sur la distribution des poissons herbivores ?*

La composition de la communauté benthique se révèle avoir une influence importante sur la distribution des poissons herbivores. Le taux de recouvrement des fonds par les coraux joue un rôle important puisque ce descripteur se révèle être corrélé avec l'abondance des poissons herbivores. Cette variable est probablement à associer à la structure que les coraux fournissent aux poissons en tant qu'abris. Le type de substrat a également une influence sur la distribution des poissons herbivores. Certaines espèces, comme *Scarus iserti*, sont plus abondantes sur les fonds de sable ou de débris coralliens que sur les substrats rocheux.

- *Dans quelle mesure la production en algues du récif est-elle régulée par la consommation des poissons herbivores ?*

L'étude effectuée a permis de montrer que sur les récifs qui ne bénéficient pas d'un statut de protection, les poissons herbivores, de petite taille, n'arrivent pas à réguler la croissance algale, malgré des effectifs importants. Il en résulte un recouvrement en macroalgues relativement élevé. Sur les récifs bénéficiant du statut de réserve, qu'elle soit totale ou de pêche, les poissons de plus grande taille consomment la quasi-totalité de la production algale, ce qui explique leur faible recouvrement par les macrophytes.

La pression de broutage évaluée sur différents platiers récifaux et sur différents faciès de peuplements algaux a mis en évidence une partition de la pression de broutage, les poissons préférant se nourrir, par ordre décroissant, sur le gazon algal et les débris coralliens, puis sur les faciès à *Halimeda* et en dernier lieu sur les faciès à macroalgues Brunes.

### **Perspectives de recherches**

Certains aspects mériteraient d'être approfondis lors de recherches futures.

- Comme évoqué dans le chapitre concernant la consommation des algues par les poissons herbivores, ces derniers sont classés en différentes catégories selon leur façon de

brouter. Certains auteurs (Reeson, 1983b ; Bellwood et Choat, 1990 ; Bruggemann, 1995) divisent les Scaridae en deux catégories, les « excavateurs » (*excavator*) qui creusent le substrat en mangeant et les « racleurs » (*scrapers*) qui raclent le substrat. Bellwood *et al.* (2004) ont modifié cette classification et définissent à présent trois catégories, les *bioeroders* qui prélèvent des coraux morts, les *scrapers* qui consomment des algues et un peu de sédiment et les *grazers* qui ne mangent que des algues. Concernant les Acanthuridae, deux catégories peuvent être distinguées (Harmelin-Vivien, 1979). Il s'agit des racleurs de feutrage algal qui ingèrent, en plus des algues, du matériel inorganique et des brouteurs qui n'avalent pas de sable.

Il serait donc utile, dans des investigations futures, de considérer chaque espèce en fonction du groupe auquel elle appartient, afin de mieux estimer la bioérosion sur les récifs.

- Un autre problème a été mis en évidence lors de ce travail. Il s'agit de l'estimation du nombre de cycles journaliers de réplétion des estomacs des espèces de poissons herbivores de la Caraïbe. Les valeurs proposées dans la littérature ont été utilisées dans cette étude, mais comme l'ont montré Polunin *et al.* (1995) pour certains poissons herbivores du Pacifique, le taux de réplétion peut varier selon l'espèce considérée. Il serait donc utile d'établir ces cycles pour les différentes espèces afin de pouvoir estimer plus précisément la consommation des herbivores sur le récif.

- La présente étude a permis de montrer que la pression de broutage varie en fonction de différents types de faciès de la communauté algale et des espèces de poissons herbivores considérées. À l'avenir, une collaboration avec un algologue permettrait de travailler sur les contenus stomacaux des différentes espèces de poissons herbivores et ainsi de connaître leur régime alimentaire par rapport à la composition des communautés algales.

- Enfin, un dernier aspect apparaît important à traiter dans de futures recherches : les études sur les poissons herbivores portant essentiellement sur l'influence que ceux-ci exercent sur les algues, il serait également intéressant d'étudier les effets directs que peuvent avoir les herbivores sur les coraux. Le broutage des macroalgues par les herbivores est bénéfique pour les coraux car il permet de libérer du substrat pour leur installation et leur développement (McCook, 1999 ; Lirman, 2001). Cependant, selon certains auteurs (Frydl, 1979 ; Bythell *et al.*, 1993 ; Bruggemann *et al.*, 1994b ; Bruckner et Bruckner, 1998 ; Bruckner *et al.*, 2000), les Scaridae, notamment les individus de l'espèce *Sparisoma viride*, nuisent aux coraux en les

consommant alors qu'ils sont encore vivants. Un travail serait donc à mener afin d'étudier l'impact de ces poissons sur les communautés coralliennes.

De par le monde, et particulièrement dans la Caraïbe, les récifs coralliens montrent des signes de dégradation dus à différentes causes, d'ordre naturel ou anthropique (Gardner *et al.*, 2003 ; Pandolfi *et al.*, 2003 ; Pandolfi *et al.*, 2005). Un des symptômes le plus visible est la régression du recouvrement en coraux au profit de peuplements de macroalgues (Done, 1992 ; Hughes, 1994 ; McClanahan *et al.*, 1999a ; Hughes *et al.*, 2003). Ces dernières, en se développant, empêchent le recrutement des larves de coraux et nuisent à la survie des récifs en entrant en compétition avec les coraux pour les surfaces disponibles (McCook *et al.*, 2001). Une fois que les algues dominent le récif, la reconstitution des communautés coralliennes récifales peut être difficile, voire impossible (Connell, 1997 ; Nyström *et al.*, 2000 ; Edmunds et Carpenter, 2001). Un des processus clé pour maintenir le bon fonctionnement de l'écosystème récifal est le contrôle de la biomasse algale grâce au broutage par les herbivores.

Sur les récifs de la Caraïbe, les principaux herbivores sont les poissons et les oursins. Cependant, depuis la mortalité massive de l'espèce *Diadema antillarum* il y a une vingtaine d'années, une majorité des récifs de cette région présentent toujours des populations d'oursins *Diadème* peu développées (Lessios *et al.*, 1984 ; Lessios, 2005) et ce sont les poissons herbivores qui assurent principalement la régulation de la croissance algale. Ces poissons étant menacés par une pêche intensive (Jackson *et al.*, 2001 ; Hawkins et Roberts, 2003 ; Robertson *et al.*, 2005), il est nécessaire de les protéger afin d'assurer la résilience de l'écosystème récifal.

Ce travail a été réalisé en Guadeloupe sur différents récifs soumis ou non à la pêche et où le recouvrement corallien a fortement diminué ces dernières décennies (Bouchon *et al.*, 2004b). Il a montré que les poissons herbivores peuvent être considérés comme des espèces clés, indispensables au fonctionnement de l'écosystème récifal.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



© C. Bouchon



## -A-

- Anon. (1989). Ports et mouillages : Antilles. S.H.O.M. ed., 236 pp.
- Alevizon, W.S. (1976). Mixed schooling and its possible significance in a tropical western atlantic parrotfish and surgeonfish. *Copeia* **1978**, 767-798.
- Aminot, A. et Chaussepied, M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans, 395 pp.
- Aronson, R.B. et Precht, W.F. (2000). Herbivory and algal dynamics on the coral reef at Discovery Bay, Jamaica. *Limnology and oceanography* **45**, 251-255.
- Assor, R. (1988). Hydrologie et sédimentologie du Grand cul-de-sac marin (Guadeloupe F.W.I.). *Annales Société Géologie Nord* **107**, 221-238.

## -B-

- Bak, R.P.M. (1994). Sea urchin bioerosion on coral reefs: place in the carbonate budget and relevant variables. *Coral reefs* **13**, 99-103.
- Bakus, G.J. (1966). Some relationships of fishes to benthic organisms on coral reefs. *Nature* **210**, 280-284.
- Bakus, G.J. (1967). The feeding habits of fishes and primary production at Eniwetok, Marshall Islands. *Micronesica* **3**, 135-149.
- Barbosa, J.P., Teixeira, V.L. et Pereira, R.C. (2004). A dolabellane diterpene from the brown alga *Dictyota pfaffi* as chemical defense against herbivores. *Botanica Marina* **47**, 147-151.
- Bardach, J.E. (1961). Transport of calcareous fragments by reef fishes. *Science* **133**, 98-99.
- Barlow, G.W. (1975). On the sociobiology of four Puerto Rican parrotfishes (Scaridae). *Marine Biology* **33**, 281-293.
- Bath, H. (1990). Blenniidae. pp. 905-915. In : Quéro, J.C., Hureau, J.C., Karrer, C., Post, A. et Saldanha, L. (eds.). Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). UNESCO, Paris, 3 volumes, 1492 pp.
- Bell, T. et Kramer, D.L. (2000). Territoriality and habitat use by juvenile blue tangs, *Acanthurus coeruleus*. *Environmental Biology of Fishes* **58**, 401-409.
- Belliveau, S.A. et Paul, V.J. (2002). Effects of herbivory and nutrients on the early colonization of crustose coralline and fleshy algae. *Marine Ecology Progress Series* **232**, 105-114.

- Bellwood, D.R. (1994). A phylogenetic study of the parrotfishes family Scaridae (Pisces: Labroidei), with a revision of genera. *Records of the Australian Museum Supp* **20**, 1-86.
- Bellwood, D.R. (1995a). Carbonate transport and within-reef patterns of bioerosion and sediment release by parrotfishes (family Scaridae) on the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series* **117**, 127-136.
- Bellwood, D.R. (1995b). Direct estimate of bioerosion by two parrotfish species, *Chlorurus gibbus* and *C. sordidus*, on the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Biology* **121**, 419-429.
- Bellwood, D.R. (1996). Production and reworking of sediment by parrotfishes (family Scaridae) on the Great Barrier Reef, Australia. *Marine Biology* **125**, 795-800.
- Bellwood, D.R. et Choat, J.H. (1989). A description of the juvenile phase colour patterns of 24 parrotfish species (family Scaridae) from the Great Barrier Reef, Australia. *Records of the Australian Museum* **41**, 1-41.
- Bellwood, D.R. et Choat, J.H. (1990). A functional analysis of grazing in parrotfishes (family Scaridae) : the ecological implications. *Environmental Biology of Fishes* **28**, 189-214.
- Bellwood, D.R., Hughes, T.P., Folke, C. et Nyström, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. *Nature* **429**, 827-833.
- Benzécri, J.P. (1969). Statistical analysis as a tool to make patterns emerge from data. pp. 35-60  
*In* : Methodologies of pattern recognition. Watanabe (ed.), Academic press, New York, 578 pp.
- Böhlke, J.E. et Chaplin, C.C.G. (1968). Fishes of the Bahamas and the adjacent tropical waters. 2<sup>nd</sup> edition, 1993, University of Texas Press, Austin, 771 pp.
- Bohnsack, J.E. et Harper, D.E. (1988). Length-weight relationships of selected marine reef fishes from Southern United States and the Caribbean. NOAA Technical memorandum NMFS-SEFC-215, 31 pp.
- Booth, D.J. (1998). Grazing pressure of roving and territorial fishes on patch reef in One Tree Lagoon. *Proceedings of the Australian Coral Reef Society 75th Anniversary Conference* Brisbane, Australia, 15-27.
- Borcard, D., Legendre, P. et Drapeau, P. (1992). Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* **73**, 1045-1055.
- Bouchon, C. et Laborel, J. (1986). Coral reefs of Martinique island. *Annales de l'Institut océanographique* **62**, 199-237.
- Bouchon, C. et Laborel, J. (1990). Les peuplements coralliens du Grand Cul-de-Sac marin de Guadeloupe (Antilles françaises). *Annales de l'Institut océanographique* **66**, 19-36.

- Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y., Brugneaux, S. et Mazeas, F. (2002a). L'état des récifs coralliens des Antilles françaises. Rapport IFRECOR, 31pp.
- Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y. et Louis M. (2002 b). Les écosystèmes marins côtiers. pp. 21-43. *In* : Blanchet, G., Gobert, B. et Guérédrat, J-A. (eds.). La pêche aux Antilles. Martinique et Guadeloupe. IRD Editions, Paris, 299 pp.
- Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y. et Louis, M. (2004a). Critères d'évaluation de la dégradation des communautés coralliennes dans la région Caraïbe. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)* **59**, 113-121.
- Bouchon, C., Miller, A., Bouchon-Navaro, Y., Portillo, P. et Louis, M. (2004b). Status of coral reefs in the French Caribbean islands and other islands of the Eastern Antilles. pp. 493-507. *In* : Wilkinson, C. (ed.). Status of Coral Reefs of the World Vol. 2. Australian Institute of Marine Science, Australia, 257 pp.
- Bouchon, C., Portillo, P., Bouchon-Navaro, Y. et Louis, M. (2006). Bilan de l'état de santé des récifs coralliens de Guadeloupe (années 2002-2006). Rapport UAG, 40 pp.
- Bouchon-Navaro, Y. (1983). Distribution quantitative des principaux poissons herbivores (Acanthuridae et Scaridae) de l'atoll de Takapoto (Polynésie française). *Journal de la Société des Océanistes* **77**, 43-54.
- Bouchon-Navaro, Y. (1997). Les peuplements ichtyologiques récifaux des Antilles. Distribution spatiale et dynamique temporelle. Thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, 242 pp.
- Bouchon-Navaro, Y. et Harmelin-Vivien, M.L. (1981). Quantitative distribution of herbivorous reef fishes in the Gulf of Aqaba (Red Sea). *Marine Biology* **63**, 79-86.
- Bouchon-Navaro, Y., Bouchon, C. et Louis, M. (1992). L'ichtyofaune des herbiers de Phanérogames marines de la baie de Fort-de-France (Martinique, Antilles françaises). *Cybium* **16**, 307-330.
- Bouchon-Navaro, Y. , Bouchon, C., Louis, M. et Legendre P. (2005). Biogeographic patterns of coastal fish assemblages in the West Indies. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **315**, 31-47.
- Bouchon-Navaro, Y. , Bouchon, C., Kopp, D. et Louis, M. (2006). Weight-length relationships for 50 fish species collected in the seagrass beds of the Lesser Antilles. *Journal of Applied Ichthyology* **22**, 322-324.
- Boyer, K.E., Fong, P., Armitage, A.R. et Cohen, R.A. (2004). Elevated nutrient content of tropical macroalgae increases rates of herbivory in coral seagrass and mangrove habitats. *Coral Reefs* **23**, 530-538.
- Breder, C.M. et Rosen, D.E. (1966). Modes of reproduction in fishes. TFH Publications, Neptune City, New Jersey, 941 pp.

- Brillouin, L. (1959). La science et la théorie de l'information. Masson (ed.), Paris, 302 pp.
- Brock, R.E. (1954). A preliminary report on a method of estimating reef fish populations. *Journal of Wildlife Management* **18**, 289-308.
- Brock, R.E. (1979). An experimental study on the effects of grazing by parrotfishes and role of refuges in benthic community structure. *Marine Biology* **51**, 381-388.
- Brown-Saracino, J., Peckol, P., Curran, H.A. et Robbart, M.L. (2007). Spatial variation in sea urchins, fish predators, and bioerosion rates on coral reefs of Belize. *Coral Reefs* **26**, 71-78.
- Bruce, R.W. et Randall, J.E. (1985). Revision of the Indo-Pacific parrotfish genera *Calotomus* and *Leptoscarus*. *Indo-Pacific Fishes* **5**, 32 pp.
- Bruckner, A.W. et Bruckner, R.J. (1998). Destruction of coral by *Sparisoma viride*. *Coral Reefs* **17**, 350.
- Bruckner, A.W., Bruckner, R.J. et Sollins, P. (2000). Parrotfish predation on live coral : « spot biting » and « focused biting ». *Coral Reefs* **19**, 50.
- Bruggemann, J.H. (1995). Parrotfish grazing on coral reefs. A trophic novelty. Thèse de doctorat, Université de Groningen, Netherlands, 215 pp.
- Bruggemann, J.H., van Oppen, M.J.H. et Breeman, A.M. (1994a). Foraging by the stoplight parrotfish *Sparisoma viride*. I. Food selection in different, socially determined habitats. *Marine Ecology Progress Series* **106**, 41-55.
- Bruggemann, J.H., Begeman, J., Bosma, E., Verburg, P. and Breeman, A.M. (1994b). Foraging by the stoplight parrotfish *Sparisoma viride*. II. Intake and assimilation of food, protein, and energy. *Marine Ecology Progress Series* **106**, 57-71.
- Bruggemann, J.H., van Kessel, A.M., van Rooij, J.M. et Breeman, A.M. (1996). Bioerosion and sediment ingestion by the Caribbean parrotfish *Scarus vetula* and *Sparisoma viride* : implications of fish size, feeding mode and habitat use. *Marine Ecology Progress Series* **134**, 59-71.
- Bythell, J.C., Gladfelter, E.H. et Bythell, M. (1993). Chronic and catastrophic natural mortality of three common Caribbean reef corals. *Coral Reefs* **12**, 143-152.

-C-

- Canas, A., Vasconcelos, P., Lino, P.G. et Santos, M.N. (2005). Northernmost record of *Kyphosus sectator* (Osteichthyes: Perciformes: Kyphosidae) in the north-eastern Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **85**, 1535-1537.

- Carpenter, R.C. (1985). Relationships between primary production and irradiance in coral reef algal communities. *Limnology and Oceanography* **30**, 784-793.
- Carpenter, R.C. (1986). Partitioning herbivory and its effects on coral reef algal communities. *Ecological Monographs* **56**, 345-363.
- Carpenter, R.C. (1988). Mass mortality of a Caribbean sea urchin: Immediate effects on community metabolism and other herbivores. *Proceedings of the National Academy of Science, USA* **85**, 511-514.
- Carpenter, R.C. (1990). Mass mortality of *Diadema antillarum* II. Effects on population densities and grazing intensity of parrotfishes and surgeonfishes. *Marine Biology* **104**, 79-86.
- Carpenter, R.C. et Edmunds, P.J. (2006). Local and regional scale of *Diadema* promotes recruitment of scleractinian corals. *Ecology Letters* **9**, 271-280.
- Chauvaud, S. (1997). Cartographie par télédétection à haute résolution des biocénoses marines côtières de la Guadeloupe et de la Martinique. Estimation de la biomasse et de la production primaire des herbiers à *Thalassia testudinum*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 214 pp.
- Chauvaud, S., Bouchon, C. et Manière, R. (1998). Remote sensing techniques adapted to high resolution mapping of tropical coastal marine ecosystems (coral reefs, seagrass beds and mangrove). *International Journal of Remote Sensing* **19**, 3625-3639.
- Chauvaud, S., Bouchon, C. et Manière, R. (2001). Cartographie des biocénoses marines de Gaudeloupe à partir des données SPOT (récifs coralliens, phanérogames marines, mangroves). *Oceanologica acta* **24**, S3-S16.
- Chazottes, V., Le Campion-Alsumard, T., Peyrot-Clausade, M. et Cuet, P. (2002). The effects of eutrophication-related alterations to coral reef communities on agents and rates of bioerosion (Reunion Island, Indian Ocean). *Coral reefs* **21**, 375-390.
- Choat, J.H. (1983). Estimation of the abundances of herbivorous fishes and their grazing rates within reef systems. *Proceedings of the Inaugural Great Barrier Reef Conference*, Townsville, Australia, 171-177.
- Choat, J.H. et Clements, K.D. (1993). Daily feeding rates in herbivorous labroid fishes. *Marine Biology* **117**, 205-211.
- Claro, R. et García-Arteaga, J.P. (1994). Crecimiento. pp. 321-402. In : Claro, R. (ed.). Ecología de los peces marinos de Cuba. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Mexique, 525 pp.
- Clavijo, I.E. (1990). Population structure of herbivorous reef fishes from the southwestern coast of Puerto Rico. *Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences Tenth Annual Scientific Diving Symposium*, Costa Mesa, California, 59-68.

- Collette, B.B. et Talbot, F.H. (1972). Activity patterns of coral reef fishes with emphasis on nocturnal-diurnal changeover. *Bulletin of the Natural History Museum of Los Angeles* **14**, 98-124.
- Connell, J.H. (1997). Disturbance and recovery of coral assemblages. *Coral Reefs* **16**, S101-S113.
- Cordier, B. (1965). Analyse factorielle des correspondances. Thèse de doctorat, Université de Rennes, 66 pp.
- Costa Jr, O.S., Leao, Z.M.A.N., Nimmo, M. et Attrill, M.J. (2000). Nutrifcation impacts on coral reefs from northern Bahia, Brazil. *Hydrobiologia* **440**, 307-315.

-D-

- Deal, M.S., Hay, M.E., Wilson, D. et Fenical, W. (2003). Galactolipids rather than phlorotannins as herbivore deterrents in the brown seaweed *Fucus vesiculosus*. *Oecologia* **136**, 107-114.
- Done, T.J. (1992). Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologia* **247**, 121-132.
- Duffy, J.E. et Hay, M.E. (1990). Seaweed adaptations to herbivory. *BioScience* **40**, 368-375.
- Duarte S.A. et Acero A.P. (1988). Habitos alimentarios de los peces del genero *Acanthurus* (Perciformes: Acanthuridae) en la region de Santa Marta (Caribe colombiano). *Revista Biologia Tropical* **36**, 399-405.

-E-

- Earle, S.A. (1972). The influence of herbivores on the marine plants of Great Lameshur bay, with an annotated list of plants. *Bulletin of the Natural History Museum of Los Angeles* **14**, 17-44.
- Eberhardt, L.L. (1978). Transect methods for population studies. *Journal of Wildlife Management* **42**, 1-31.
- Edmunds, P.J. et Carpenter, R.C. (2001). Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef. *Proceedings of the National Academy of Science, USA* **98**, 5067-5071.

## -F-

- Fabricius, K., De'ath, G., McCook, L., Turak, E. et Williams, D.M. (2005). Changes in algal, coral and fish assemblages along water quality gradients on the onshore Great Barrier Reef. *Marine Pollution Bulletin* **51**, 384-398.
- Ferreira, C.E.L., Peret, A.C. et Coutinho, R. (1998). Seasonal grazing rates and food processing by tropical herbivorous fishes. *Journal of Fish biology* **53**, 222-235.
- Foster, S.A. (1985). Size-dependant territory defense by a damselfish. A determinant of resource use by group-foraging surgeonfishes. *Oecologia* **67**, 499-505.
- Foster, S.A. (1987). The relative impacts of grazing by Caribbean coral reef fishes and *Diadema* : effects of habitat and surge. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **105**, 1-20.
- Frydl, P. (1979). The effects of parrotfish (Scaridae) on coral in Barbados, W.I. *International Revue der Gesamten Hydrobiologie* **64**, 737-748.
- Frydl, P. et Stearn, C.W. (1978). Rate of bioerosion by parrotfish in Barbados reef environments. *Journal of Sedimentary Petrology* **48**, 1149-1158.

## -G-

- Gaines, S.D. et Lubchenco, J. (1982). A unified approach to marine plant-herbivore interactions. II. Biogeography. *Annual Review of Ecology and Systematics* **13**, 111-138.
- Garcia, C.B., Duarte, L.O., Sandoval, N., von Schiller, D., Melo, G. et Navajas, P. (1998). Length-weight relationships of demersal fishes from the Gulf of Salamanca, Colombia. *Naga Iclarm Q* **22**, 34-36.
- Gardner, T.A., Côté, I.M., Gill, J.A., Grant, A. et Watkinson, A.R. (2003). Long-term region-wide declines on Caribbean corals. *Science* **301**, 958-960.
- Griffin, S.P., Garcia, R.P. et Weil, E. (2003). Bioerosion in coral reef communities in southwest Puerto Rico by the sea urchin *Echinometra viridis*. *Marine Biology* **143**, 79-84.
- Guitart, D.J. (1974). Sinopsis de los peces marinos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Oceanologia, La Habana, 4 volumes.
- Gust, N., Choat, J.H. et McCormick, M.I. (2001). Spatial variability in reef fish distribution, abundance, size and biomass: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series* **214**, 237-251.
- Gygi, R.A. (1975). *Sparisoma viride* (Bonnaterre), the stoplight parrotfish, a major sediment producer on coral reefs of Bermuda. *Eclogae Geologicae Helvetiae* **68**, 327-359.

## -H-

- Harmelin-Vivien, M.L. (1979). Ichtyofaune des récifs coralliens de Tuléar (Madagascar) : écologie et relations trophiques. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille II, 165 pp.
- Harmelin-Vivien, M.L. (1984). Distribution quantitative des poissons herbivores dans les formations coralliennes. *In* : L'atoll des Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie française). Premiers résultats. *ORSTOM Tahiti, Notes et documents océanographiques* **22**, 81-107.
- Harmelin-Vivien, M.L. et Harmelin, J.G. (1975). Présentation d'une méthode d'évaluation *in situ* de la faune ichtyologique. *Travaux Scientifique Parc national Port-Cros* **1**, 47-52.
- Hatcher, B.G. (1981). The interaction between grazing organisms and the epilithic algal community of a coral reef: a quantitative assessment. *Proceedings of the 4th international coral reef symposium*, Manila, **2**, 515-524.
- Hatcher, B.G. (1983). Grazing in coral reef ecosystems. pp. 164-179. *In* : Barnes, D.J. (ed.). *Perspectives on coral reefs*. Manuka, Australia, 288 pp.
- Hawkins, J.P. et Roberts, C.M. (2003). Effects of fishing on sex-changing Caribbean parrotfishes. *Biological Conservation* **115**, 213-226.
- Hay, M.E. (1981). Herbivory, algal distribution, and the maintenance of between-habitat diversity on a tropical fringing reef. *The American Naturalist* **118**, 520-540.
- Hay, M.E. (1984). Patterns of fish and urchin grazing on caribbean coral reefs: are previous results typical? *Ecology* **65**, 446-454.
- Hay, M.E. (1985). Spatial patterns of herbivore impact and their importance in maintaining algal species richness. *Proceedings of the 5th international coral reef congress*, Tahiti, **4**, 29-34.
- Hay, M.E. et Goertemiller, T. (1983). Between-habitat differences in herbivore impact on Caribbean coral reefs. pp 97-102. *In* : Reaka M.L. (ed.). *The ecology of deep and shallow reefs*. Symposia Series for Undersea Research, Vol. 1. Office of Undersea Research, NOAA, Rockville, Maryland, USA.
- Hay, M.E., Fenical, W. et Gustafson, K. (1987). Chemical defense against diverse coral-reef herbivores. *Ecology* **68**, 1581-1591.
- Hay, M.E., Duffy, J.E., Fenical, W. et Gustafson, K. (1988a). Chemical defense in the seaweed *Dictyopteris delicatula*: differential effects against reef fishes and amphipods. *Marine Ecology Progress Series* **48**, 185-192.
- Hay, M.E., Paul, V.J., Lewis, S.M., Gustafson, K., Tucker, J. et Trindell, R.N. (1988b). Can

- tropical seaweeds reduce herbivory by growing at night? Diel patterns of growth, nitrogen content, herbivory, and chemical versus morphological defenses. *Oecologia* **75**, 233-245.
- Hiatt, R.W. and Strasburg, D.W. (1960). Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands. *Ecological Monographs* **30**, 65-127.
- Horn, M.H. (1989). Biology of marine herbivorous fishes. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* **27**, 167-272.
- Hughues, T.P. (1994). Catastrophes, phases shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* **265**, 1547-1551.
- Hughues, T.P., Reed, D.C. et Boyle, M.J. (1987). Herbivory on coral reefs: community structure following mass mortalities of sea urchins. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **113**, 39-59.
- Hughues, T.P., Baird, A.H., Bellwood, D.R., Card, M., Connolly, S.R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J.B.C., Kleypas, J., Lough, J.M., Marshall, P., Nyström, M., Palumbi, S.R., Pandolfi, J.M., Rosen, B. et Roughgarden, J. (2003). Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science* **301**, 929-933.
- Hughues, T.P., Bellwood, D.R., Folke, C.S., McCook, L.J. et Pandolfi, J.M. (2007a). No-take areas, herbivory and coral reef resilience. *TRENDS in Ecology and Evolution* **22**, 1-3.
- Hughues, T.P., Rodriguez, M.J., Bellwood, D.R., Ceccarelli, D., Hoegh-Guldberg, O., McCook, L., Moltschaniwskyj, N., Pratchett, M.S., Steneck, R.S. et Willis, B. (2007b). Phase shifts, herbivory, and the resilience of coral reefs to climate change. *Current Biology* **17**, 1-6.
- Hunter, C.L. et Evans, C.W. (1995). Coral reefs in Kaneohe Bay, Hawaii: two centuries of western influence and two decades of data. *Bulletin of Marine Science* **57**, 501-515.
- J-
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R.G., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughues, T.P., Kidwell, S.M., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J. et Warner, R.R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* **293**, 629-638.
- John, D.M. et Pople, W. (1973). The fish grazing of rocky shore algae in the Gulf of Guinea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **11**, 81-90.
- Jompa, J. et McCook, L.J. (2002). Effects of competition and herbivory on interactions between a hard coral and a brown alga. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*

271, 25-39.

Jones, R.S. (1968). Ecological relationships in Hawaiian and Johnston Island Acanthuridae (Surgeonfishes). *Micronesica* **4**, 309-361.

Jones, G.P. (1992). Interactions between herbivorous fishes and macro-algae on a temperate rocky reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **159**, 217-235.

-K-

Kiene, W.E. (1988). A model of bioerosion on the Great Barrier Reef. *Proceedings of the 6th international coral reef symposium*, Australia, **3**, 449-454.

Klumpp, D.W. et McKinnon, A.D. (1989). Temporal and spatial patterns in primary production of a coral-reef epilithic algal community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **131**, 1-22.

Koop, K., Booth, D., Broadbent, A., Brodie, J., Bucher, D., Capone, D., Coll, J., Dennison, W., Erdmann, M., Harrison, P., Hoegh-Guldberg, O., Hutchings, P., Jones, G.B., Larkum, A.W.D., O'Neil, J., Steven, A., Tentori, E., Ward, S., Williamson, J. et Yellowlees, D. (2001). ENCORE: the effect of nutrient enrichment on coral reefs. Synthesis of results and conclusions. *Marine Pollution Bulletin* **42**, 91-120.

-L-

Labelle, M. et Nursall, J.R. (1985). Some aspects of the early life history of the redlip blenny, *Ophioblennius atlanticus* (Teleostei: Blenniidae). *Copeia* **1**, 39-49.

Labelle, M. et Nursall, J.R. (1992). Population biology of the redlip blenny, *Ophioblennius atlanticus macclurei* (Sylvester) in Barbados. *Bulletin of Marine Science* **50**, 186-204.

Lapointe, B.E. (1997). Nutrient thresholds for bottom-up control of macroalgal blooms on coral reefs in Jamaica and southeast Florida. *Limnology and Oceanography* **42**, 1119-1131.

Lasserre, G. (1978). La Guadeloupe - Étude géographique - Tome 1 La nature et les hommes. Kolodziej, E. (ed.). Édition et diffusion de la culture antillaise, 441 pp.

Lassuy, D.R. (1980). Effects of "farming" behavior by *Eupomacentrus lividus* and *Hemiglyphidodon plagiometopon* on algal community structure. *Bulletin of Marine Science* **30**, 304-312.

Legendre, P. et Legendre, L. (1998). Numerical Ecology. 2<sup>nd</sup> english edition. Elsevier Science BV, Amsterdam, 853 pp.

Legendre, P. et Gallagher, E.D. (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination

- of species data. *Oecologia* **129**, 271-280.
- Leis, J.M. (1991). The pelagic stage of reef fishes: the larval biology of coral reef fishes. In : Sale, P.F. (ed.). The ecology of fishes on coral reef. Academic Press Inc., San Diego, 754 pp.
- Lessios, H.A., Robertson, D.R. et Cubit, J.D. (1984). Spread of *Diadema* mass mortality through the Caribbean. *Science* **226**, 335-337.
- Lessios, H.A. (2005). *Diadema antillarum* populations in Panama twenty years following mass mortality. *Coral Reefs* **24**, 125-127.
- Lewis, S.M. (1985). Herbivory on coral reefs: algal susceptibility to herbivorous fishes. *Oecologia* **65**, 370-375.
- Lewis, S.M. (1986). The role of herbivorous fishes in the organization of a caribbean reef community. *Ecological Monographs* **56**, 183-200.
- Lewis, S.M. et Wainwright, P.C. (1985). Herbivore abundance and grazing intensity on a caribbean coral reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **87**, 215-228.
- Liddell, W.D. and Ohlhorst, S.L. (1987). Patterns of reef community structure, north Jamaica. *Bulletin of Marine Science* **40**, 311-329.
- Lirman, D. (2001). Competition between macroalgae and corals: effects of herbivore exclusion and increased algal biomass on coral survivorship and growth. *Coral Reefs* **19**, 392-399.
- Littler, M.M. and Littler, D.S. (1988). Structure and role of algae in tropical reef communities. pp. 30-56. In : Lembi, C.A. et Waalands, J.R. (eds). Algae and human affairs, Cambridge University Press, Cambridge, 606 pp.
- Littler, M.M., Taylor, P.R. et Littler, D.S. (1983). Algal resistance to herbivory on a Carribean barrier reef. *Coral Reefs* **2**, 111-118.
- Littler, M.M., Littler, D.S. et Taylor, P.R. (1987). Animal-plant defense associations: effects on the distribution and abundance of tropical reef macrophytes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **105**, 107-121.
- Littler, M.M., Littler, D.S. et Lapointe, B.E. (1992). Modification of tropical reef community structure due to cultural eutrophication: the southwest coast of Martinique. *Proceedings of the seventh international coral reef symposium* **1**, 335-343.
- Littler, M.M., Littler, D.S. et Brooks, B.L. (2006). Harmful algae on tropical coral reefs: bottom-up eutrophication and top-down herbivory. *Harmful Algae* **5**, 565-585.
- Lubchenco, J. et Gaines, S.D. (1981). A unified approach to marine plant-herbivore interactions. I. Populations and communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* **12**, 405-437.

Lucas, H.A. et Seber, G.A.F. (1977). Estimating coverage and particle density using the line intercept method. *Biometrika* **64**, 618-622.

Luiz-Junior, O.J., Floeter, S.R., Gasparini, J.L., Ferreira, C. E. L. et Wirtz, P. (2004). The occurrence of *Acanthurus monroviae* (Perciformes: Acanthuridae) in the south-western Atlantic, with comments on the other eastern Atlantic reef fishes occurring in Brazil. *Journal of Fish Biology* **65**, 1173-1179.

-M-

Magnússon, J. et Magnússon, J.V.V. (1987). ICEIDA/Cape Verde Islands Fisheries Project. Survey of demersal fish resources in the waters of Cape Verde Islands. IV. Report : summary of information on species. Iceland International Development Agency/Marine Research Institute, 114 pp.

Marraro, C.H. et Nursall, J.R. (1983). The reproductive periodicity and behaviour of *Ophioblennius atlanticus* (Pisces: Blenniidae) at Barbados. *Canadian Journal of Zoology* **61**, 317-325.

Mattson, W.J. (1980). Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics* **11**, 119-161.

Mayrat, A. (1970). Allométrie et taxinomie. *Revue de Statistique Appliquée* **18**, 47-58.

McClanahan, T.R. (1997). Primary succession of coral-reef algae: Differing patterns on fished versus unfished reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **218**, 77-102.

McClanahan, T.R., Nugues, M. et Mwachireya, S. (1994). Fish and sea urchin herbivory and competition in Kenyan coral reef lagoons: the role of reef management. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **184**, 237-254.

McClanahan, T.R., Aronson, R.B., Precht, W.F. et Muthiga, N.A. (1999a). Fleshy algae dominate remote coral reefs of Belize. *Coral Reefs* **18**, 61-62.

McClanahan, T.R., Hendrick, V.J., Rodrigues, M.J. et Polunin, N.V.C. (1999b). Varying responses of herbivorous and invertebrate-feeding fishes to macroalgal reduction on a coral reef. *Coral Reefs* **18**, 195-203.

McClanahan, T.R., Muthiga, N.A. et Mangi, S. (2001). Coral and algal changes after the 1998 coral bleaching: interaction with reef management and herbivores on Kenyan reefs. *Coral reefs* **19**, 380-391.

McClanahan, T.R., Cokos, B.A. et Sala, E. (2002). Algal growth and species composition under experimental control of herbivory, phosphorus and coral abundance in Glovers Reef, Belize. *Marine Pollution Bulletin* **44**, 441-451.

- McClanahan, T.R., Steneck, R.S., Pietri, D., Cokos, B.A. et Jones, S. (2005). Interaction between inorganic nutrients and organic matter in controlling coral reef communities in Glovers Reef Belize. *Marine Pollution Bulletin* **50**, 566-575.
- McCook, L.J. (1999). Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. *Coral Reefs* **18**, 357-367.
- McCook, L.J., Jompa, J. et Diaz-Pulido, G. (2001). Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs* **19**, 400-417.
- Menge, B.A. et Lubchenco, J. (1981). Community organization in temperate and tropical rocky intertidal habitats: prey refuges in relation to consumer pressure gradients. *Ecological Monographs* **51**, 429-450.
- Merella, P., Massuti, E. et Deudero, S. (1998). On the occurrence of *Kyphosus sectator* (Osteichthyes: Kyphosidae) in the western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **78**, 687-690.
- Miller, M.W. et Hay, M.E. (1998). Effects of fish predation and seaweed competition on the survival and growth of corals. *Oecologia* **113**, 231-238.
- Montgomery, W.L. (1980). The impact of non-selective grazing by the giant blue damselfish, *Microspathodon dorsalis*, on algal communities in the gulf of California, Mexico. *Bulletin of Marine Science* **30**, 290-303.
- Morrison, D. (1988). Comparing fish and urchin grazing in shallow and deeper coral reef algal communities. *Ecology* **69**, 1367-1382.
- Mumby, P.J. (2006). The impact of exploiting grazers (Scaridae) on the dynamics of caribbean coral reefs. *Ecological Applications* **16**, 747-769.
- Mumby, P.J., Dahlgren, C.P., Harborne, A.R., Kappel, C.V., Micheli, F., Brumbaugh, D.R., Holmes, K.E., Mendes, J.M., Broad, K., Sanchirica, J.N., Buch, K., Box, S., Stoffle, R.W. et Gill, A.B. (2006). Fishing, trophic cascades, and the process of grazing on coral reefs. *Science* **311**, 98-101.
- Munday, P.L. (2004). Habitat loss, resource specialization, and extinction on coral reefs. *Global Change Biology* **10**, 1642-1647.
- Murphy J. et Riley, J.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* **27**, 31-36.
- Myrberg Jr, A.A., Montgomery, W.L., et Fishelson, L. (1988). The reproductive behavior of *Acanthurus nigrofuscus* (Forksäl) and other surgeon-fishes (Fam. Acanthuridae) off Eilat, Israel (Gulf of Aqaba, Red Sea). *Ethology* **79**, 31-61.

## -N-

- Nelson, J.S. (1994). *Fishes of the world*, John Wiley and Sons (ed.), 3rd edition, 600 pp.
- Newman, M.J.H., Paredes, G.A., Sala, E. et Jackson, J.B.C. (2006). Structure of Caribbean coral reef communities across a large gradient of fish biomass. *Ecology Letters* **9**, 1216-1227.
- Nugues, M.M., Smith, G.W., van Hooidonk, R.J., Seabra, M.I. et Bak, R.P.M. (2004). Algal contact as a trigger for coral disease. *Ecology Letters* **7**, 919-923.
- Nursall, J.R. (1977). Territoriality in Redlip blennies (*Ophioblennius atlanticus* - Pisces: Blenniidae). *Journal of Zoology London* **182**, 205-223.
- Nursall, J.R. (1981). The activity budget and use of territory by a tropical blennioid fish. *Zoological Journal of the Linnean Society* **72**, 69-92.
- Nyström, M., Folke, C. et Moberg, F. (2000). Coral reef disturbance and resilience in a human-dominated environment. *Trends in Ecology and Evolution* **15**, 413-417.

## -O-

- Ochavillo, D.G., Dixon, P.I. et Alino, P.M. (1992). The daily food ration of parrotfishes in the fringing reefs of Bolinao Pangasinan, Northwestern Philippines. *Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium*, Guam, **2**, 927-933.
- Ogden, J.C. (1976). Some aspects of herbivore-plant relationships on caribbean reefs and seagrass beds. *Aquatic Botany* **2**, 103-116.
- Ogden, J.C. (1977). Carbonate-sediment production by parrot fish and sea urchins on caribbean reefs. pp. 281-288. *In* : Frost, S.H., Weiss, M.P., et Saunders, J.B. (eds). *Reefs and related carbonates - Ecology and sedimentology. AAGP Studies in Geology* **4**, 281-288.
- Økland, R.H. et Eilertsen, O. (1994). Canonical correspondance analysis with variation partitioning: some comments and application. *Journal of Vegetation Science* **5**, 117-126.
- Oliveira, R.F., Almada, V.C., Almeida, R.S., Santos, R.S. et Gonçalves, E.J. (1992). A checklist of blennioid fishes (Teleostei, Blennioidei) occurring in Portuguese waters. *Arquipélago. Ciências da Natureza* **10**, 23-37.
- Ostrander, G.K., Armstrong, K.M., Knobbe, E.T., Gerace, D. et Scully, E.P. (2000). Rapid transition in the structure of a coral reef community: The effects of coral bleaching and physical disturbance. *Proceedings of the National Academy of Science, USA* **97**, 5297-5302.
- Overholtzer, K.L. et Motta, P.J. (1999). Comparative resource use by juvenile parrotfishes in the Florida Keys. *Marine Ecology Progress Series* **177**, 177-187.

Overholtzer, K.L. et Motta, P.J. (2000). Effects of mixed-species foraging groups on the feeding and aggression of juvenile parrotfishes. *Environmental Biology of Fishes* **58**, 345-354.

-P-

Paddack, M.J. (2005). Herbivorous coral reef fishes in a changing ecosystem. Thèse de doctorat, Université de Miami, 151 pp.

Paddack, M.J., Cowen, R.K. et Sponaugle, S. (2006). Grazing pressure of herbivorous coral reef fishes on low coral-cover reefs. *Coral Reefs* **25**, 461-472.

Pagney, P. (1966). Le climat des Antilles. Institut des hautes études de l'Amérique latine, 304 pp.

Pandolfi, J.M., Bradbury, R.H., Sala, E., Hughues, T.P., Bjorndal, K.A., Cooke, R.G., McArdle, D., McClenachan, L., Newman, M.J.H., Paredes, G., Warner, R.R. et Jackson, J.B.C. (2003). Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science* **301**, 955-958.

Pandolfi, J.M., Jackson, J.B.C., Baron, N., Bradbury, R.H., Guzman, H.M., Hughues, T.P., Kappel, C.V., Micheli, F., Ogden, J.C., Possingham, H.P. et Sala, E. (2005). Are U.S. coral reefs on the slippery slope to slime? *Science* **307**, 1725-1727.

Pennings, S.C., Puglisi, M.P., Pitlik, T.J., Himaya, A.C. et Paul, V.J. (1996). Effects of secondary metabolites and CaCO<sub>3</sub> on feeding by surgeonfishes and parrotfishes: within-plant comparisons. *Marine Ecology Progress Series* **134**, 49-58.

Peres-Neto, P.R., Legendre, P. et Borcard, D. (2006). Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology* **87**, 2614-2625.

Picard, J. (1965). Recherches sur les biocénoses marines des substrats meubles draguables de la région marseillaise. *Récents Travaux de la Station Marine d'Endoume* **52**, 1-160.

Pielou, E.C. (1969). An introduction to mathematical ecology. Wiley Interscience (eds.), New York, 286 pp.

Polunin, N.V.C. et Klumpp, D.W. (1992). Algal food supply and grazer demand in a very productive coral-reef zone. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **164**, 1-15.

Polunin, N.V.C., Harmelin-Vivien, M.L. et Galzin, R. (1995). Contrasts in algal food processing among five herbivorous coral-reef fishes. *Journal of Fish Biology* **47**, 455-465.

Porter, J.W., Battey, J.F. et Smith, G.J. (1982). Perturbation and change in coral reef communities. *Proceedings of the National Academy of Science, USA*, **79**, 1678-1681.

Porter, J.W., Dustan, P., Jaap, W.C., Patterson, K.L., Kosmynin, V., Meier, O.W., Patterson,

- M.E. et Parsons, M. (2001). Patterns of spread of coral disease in the Florida Keys. *Hydrobiologia* **460**, 1-24.
- Purcell, S.W. et Bellwood, D.R. (1993). A functional analysis of food procurement in two surgeonfish species, *Acanthurus nigrofuscus* and *Ctenochaetus striatus*. *Environmental Biology of Fishes* **37**, 139-159.
- R-
- Randall, J.E. (1956). A revision of the surgeon fish genus *Acanthurus*. *Pacific Science* **10**, 159-235.
- Randall, J.E. (1961a). A contribution to the biology of the convict surgeonfish of the Hawaiian Islands, *Acanthurus triostegus sandvicensis*. *Pacific Science* **15**, 215-272.
- Randall, J.E. (1961b). Observations on the spawning of surgeonfishes (Acanthuridae) in the Society Islands. *Copeia* **2**, 237-238.
- Randall, J.E. (1962) Tagging reef fishes in the Virgin Islands. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute Congress* **14**, 201-241.
- Randall, J.E. (1967). Food habits of reef fishes of the West Indies. *Studies in Tropical Oceanography* **5**, 665-847.
- Randall, J.E. (1968). Caribbean reef fishes. T.F.H. Publications, New Jersey, 350 pp.
- Randall, J.E. et Randall, H.A. (1963). The spawning and early development of the Atlantic Parrot Fish, *Sparisoma rubripinne*, with notes on other Scarid and Labrid Fishes. *Zoologica* **48**, 49-60.
- Reeson, P.H. (1983a). The biology, ecology and bionomics of the surgeonfishes, Acanthuridae. pp. 178-190. In : Munro J.L. (ed.). Caribbean coral reef fishery resources. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. Scientific report of the ODA/UWI Fisheries Ecology Research Project 1969-1973. University of the West Indies, Jamaica. *ICLARM Studies and Reviews*, **7**, 276 pp.
- Reeson, P.H. (1983b). The biology, ecology and bionomics of the parrotfishes, Scaridae. pp. 166-177. In : Munro J.L. (ed). Caribbean coral reef fishery resources. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. Scientific report of the ODA/UWI Fisheries Ecology Research Project 1969-1973. University of the West Indies, Jamaica. *ICLARM Studies and Reviews*, **7**, 276 pp.
- Reinthal, P.N. et MacIntyre, I.G. (1994). Spatial and temporal variations in grazing pressure by herbivorous fishes: Tobacco Reef, Belize. *Atoll Research Bulletin* **425**, 1-11.
- River, G.F. et Edmunds, P.J. (2001). Mechanisms of interaction between macroalgae and

- scleractinians on a coral reef in Jamaica. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **261**, 159-172.
- Roberts, C.M. (1985). Resource sharing in territorial herbivorous reef fishes. *Proceedings of the 5th international coral reef congress* **4**, 17-22.
- Robertson, D.R. (1988). Abundances of surgeonfishes on patch-reefs in Caribbean Panama: due to settlement, or post settlement events? *Marine Biology* **97**, 495-501.
- Robertson, D.R. et Polunin, N.V.C. (1981). Coexistence: Symbiotic sharing of feeding territories and algal food by some coral reef fishes from the Western Indian Ocean. *Marine Biology* **62**, 185-195.
- Robertson, D.R. et Gaines, S.D. (1986). Interference competition structures habitat use in a local assemblage of coral reef surgeonfishes. *Ecology* **67**, 1372-1383.
- Robertson, D.R., Polunin, N.V.C. et Leighton, K. (1979). The behavioral ecology of three Indian Ocean surgeonfishes (*Acanthurus lineatus*, *A. leucosternon* and *Zebbrasoma scopas*): their feeding strategies, and social and mating systems. *Environmental Biology of Fishes* **4**, 125-170.
- Robertson, D.R., Choat, J.H., Posada, J.M., Pitt, J. et Ackerman, J.L. (2005). Ocean surgeonfish *Acanthurus bahianus*. II. Fishing effects on longevity, size and abundance. *Marine Ecology Progress Series* **295**, 245-256.
- Robins, C.R. et Ray, G.C. (1986). A field guide to Atlantic coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company, Boston, USA, 354 pp.
- Rocha, L. A., Bass, A. L., Robertson, R. et Bowen, B. W. (2002). Adult habitat preferences, larval dispersal, and the comparative phylogeography of three Atlantic surgeonfishes (Teleostei: Acanthuridae). *Molecular Ecology* **11**, 243-252.
- Rogers, C.S., Garrison, V. et Grober-Dunsmore, R. (1997). A fishy story about hurricanes and herbivory: seven years research on a reef in St. John, U.S. Virgin Islands. *Proceedings of the 8th international coral reef symposium*, Panama, **1**, 555-560.
- Roux, M. (1985). Algorithmes de classification. Masson (ed.), Paris, 151 pp.
- Russ, G.R. (1984). Distribution and abundance of herbivorous grazing fishes in the central Great Barrier Reef. II. Patterns of zonation of mid-shelf and outershelf reefs. *Marine Ecology Progress Series* **20**, 35-44.
- Russ, G.R. (2003). Grazer biomass correlates more strongly with production than with biomass of algal turfs on coral reef. *Coral Reefs* **22**, 63-67.

-S-

- Sale, P.F. (1969). Pertinent stimuli for habitat selection by the juvenile manini. *Ecology* **50**, 616-623.
- Schupp, P.J. et Paul, V.J. (1994). Calcium carbonate and secondary metabolites in tropical seaweeds: variable effects on herbivorous fishes. *Ecology* **75**, 1172-1185.
- Scoffin, T.P., Stearn, C.W., Boucher, D., Frydl, P., Hawkins, C.M., Hunter, I.G. et MacGeachy, J.K. (1980). Calcium carbonate budget of a fringing reef on the west coast of Barbados - Part II: Erosion, sediments and internal structure. *Bulletin of Marine Science* **30**, 475-508.
- Shannon, C.E. et Weaver, W. (1948). The mathematical theory of communication. Urbana University Press, Illinois, 117 pp.
- Shulman, M.J. et Robertson, D.R. (1996). Changes in the coral reefs of San Blas, Caribbean Panama: 1983-1990. *Coral reefs* **15**, 231-236.
- Smith, R.L. et Paulson, A.C. (1974). Food transit time and gut pH in two pacific parrotfishes. *Copeia* **1974**, 796-799.
- Smith, C.L. (1997). National Audubon Society field guide to tropical marine fishes of the Caribbean, the Gulf of Mexico, Florida, the Bahamas, and Bermuda. Alfred A. Knopf, Inc., New York, 720 pp.
- Smith, J.E., Shaw, M., Edwards, R.A., Obura, D., Pantos, O., Sala, E., Sandin, S.E., Smriga, S., Hatay, M. et Rohwer, F.L. (2006). Indirect effects of algae on coral: algae-mediated micorbe induced coral mortality. *Ecology Letters* **9**, 835-845.
- Starck, W.A. et Davis, W.P. (1966). Nigth habits of fishes of Alligator Reef, Florida. *Ichthyologica The Aquarium Journal* **38**, 313-356.
- Stearn, C.W. et Scoffin, T.P. (1977). Carbonate budget of a fringing reef, Barbados. *Proceedings of the 3rd International Coral Reef Symposium*, Miami, Florida, 471-476.
- Steneck, R.S. (1983). Quantifying herbivory on coral reefs: just scratching the surface and still biting off more than we can chew. pp. 103-110. In : Reaka, M.L. (ed.). The ecology of deep and shallow coral reefs. Symposia series for undersea research, Office of undersea research, NOAA, Rockville, Maryland, USA.
- Steneck, R.S. (1988). Herbivory on coral reefs: a synthesis. *Proceedings of the 6th international coral reef symposium*, Australia, **1**, 37-49.
- Steneck, R.S. (1997). Crustose corallines, other algal functional groups, herbivores and sediments: complex interactions along reef productivity gradients. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, Panama, **1**, 695-700.
- Stephenson, T.A. et Searles, R.B. (1960). Experimental studies on the ecology of intertidal

environments at Heron Island. I. Exclusion of fish from beach rock. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* **11**, 241-267.

-T-

Tanner, J.E. (1995). Competition between scleractinian corals and macroalgae: an experimental investigation of coral growth, survival and reproduction. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **190**, 151-168.

Targett, N.M., Targett, T.E., Vrolijk, N.H. et Ogden, J.C. (1986). Effect of macrophyte secondary metabolites on feeding preferences of the herbivorous parrotfish *Sparisoma radians*. *Marine Biology* **92**, 141-148.

Targett, N.M. et Arnold, T.M. (1998). Predicting the effects of brown algal phlorotannins on marine herbivores in tropical and temperate oceans. *Journal of Phycology* **34**, 195-205.

ter Braak, C.J.F. (1988). CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis (version 2.1). Agricultural Mathematics group, report LWA-88-02, Wageningen.

Thacker, R.W., Ginsburg, D.W. et Paul, V.J. (2001). Effects of herbivore exclusion and nutrient enrichment on coral reef macroalgae and cyanobacteria. *Coral Reefs* **19**, 318-329.

Thresher, R.E. (1984). Reproduction in reef fishes. T.F.H. Publications, Neptune City, 399 pp.

-V-

Van Alstyne, K.L., Ehlig, J.M. et Whitman, S.L. (1999). Feeding preferences for juvenile and adult algae depend on algal stage and herbivore species. *Marine Ecology Progress Series* **180**, 179-185.

van Rooij, J.M., Videler, J.J. et Bruggemann, J.H. (1998). High biomass and production but low energy transfer efficiency of Caribbean parrotfish: implications for trophic models of coral reefs. *Journal of Fish Biology* **53**, 154-178.

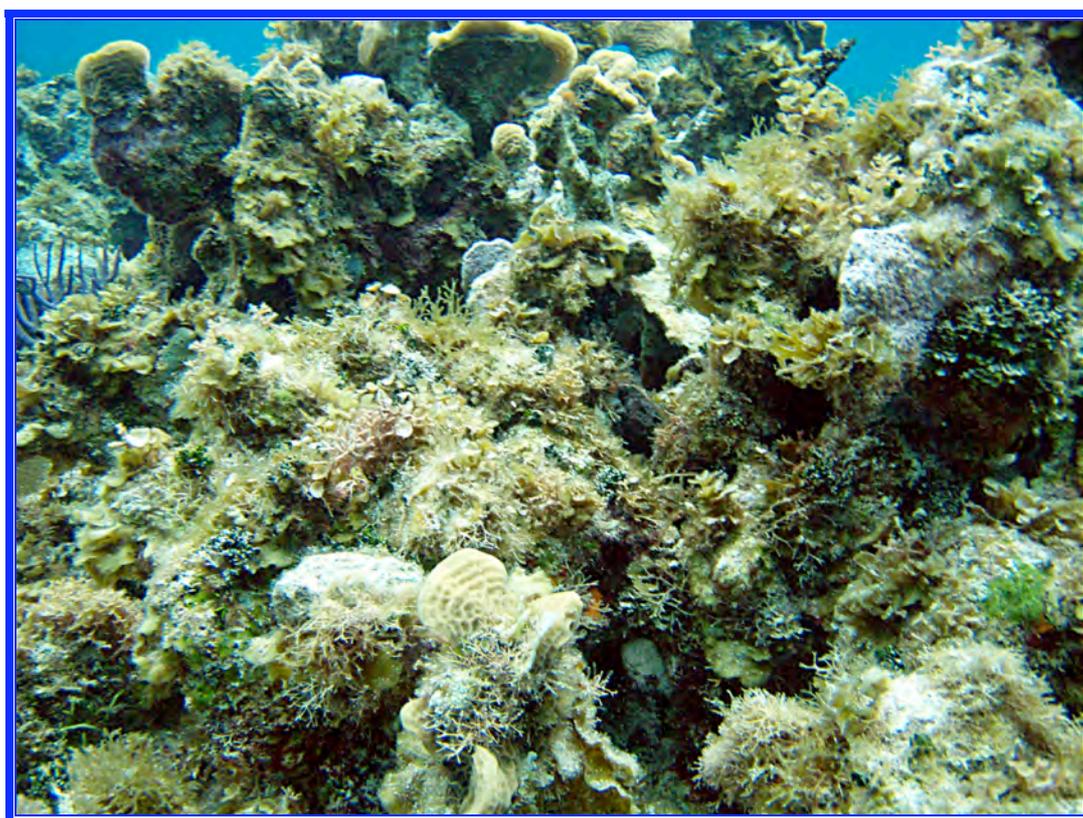
-W-

Wanders, J.B.W. (1977). The role of benthic algae in the shallow reef of Curaçao (Netherlands Antilles) III : The significance of grazing. *Aquatic Botany* **3**, 357-390.

Wilkinson, C. (2004). Status of Coral Reefs of the World, Volume 2. Australian Institute of Marine Science, Australia, 257 pp.

- 
- Williams, I.D. et Polunin, N.V.C. (2001). Large-scale associations between macroalgal cover and grazer biomass on mid-depth reefs in the Caribbean. *Coral Reefs* **19**, 358-366.
- Williams, I.D., Polunin, N.V.C. et Hendrick, V.J. (2001). Limits to grazing by herbivorous fishes and the impact of low coral cover on macroalgal abundance on a coral reef in Belize. *Marine Ecology Progress Series* **222**, 187-196.
- Winn, H.E. (1955). Formation of a mucous envelope at night by parrotfishes. *Zoologica* **40**, 145-147.
- Winn, H.E. et Bardach, J.E. (1959). Differential food selection by moray eels and possible role of the mucous envelope of parrot fishes in reduction of predation. *Ecology* **40**, 296-298.
- Winn, H.E. et Bardach, J.E. (1960). Some aspects of the comparative biology of parrot fishes at Bermuda. *Zoologica* **45**, 29-34.

# ANNEXES



© C. Bouchon



## LISTE DES ANNEXES

**Annexe I-1** : Protocole de dosage des nitrates (d'après Aminot et Chaussepied, 1983).

**Annexe I-2** : Protocole de dosage des phosphates (d'après Aminot et Chaussepied, 1983).

**Annexe I-3** : Protocole de dosage des matières en suspension selon la méthode normalisée NF EN 872 d'avril 1996 (AFNOR).

**Annexe II-1** : Teneurs en nitrates, phosphates, et matières en suspension mesurées sur les différents sites d'étude.

**Annexe IV-1** : Résultats des indices de Shannon et Pielou calculés sur les données d'effectifs et de biomasse.

**Annexe IV-2** : Autocorrélogrammes des séries de données concernant les effectifs et les biomasses de tous les poissons herbivores, des Scaridae et des Acanthuridae.

**Annexe IV-3** : Autocorrélogrammes des séries de données concernant les effectifs des juvéniles de tous les poissons herbivores, de Scaridae et d'Acanthuridae.

**Annexe IV-4** : Autocorrélogrammes des séries de données concernant les effectifs des juvéniles de *Scarus iserti*, *Sparisoma viride* et *Acanthurus bahianus*.

**Annexe IV-5** : Variables de l'environnement utilisées lors de l'étude temporelle.

**Annexe IV-6** : Descripteurs synthétiques utilisés lors de l'étude temporelle.

**Annexe IV-7** : Données de présence-absence de poissons herbivores utilisées lors de l'étude temporelle.

**Annexe IV-8** : Données d'effectifs de poissons herbivores utilisées lors de l'étude temporelle.

**Annexe IV-9** : Données d'effectifs de juvéniles de poissons herbivores utilisées lors de l'étude temporelle.

**Annexe IV-10** : Données de biomasses de poissons herbivores utilisées lors de l'étude temporelle.

**Annexe V-1** : Dendrogrammes sur les espèces et les stations en présence - absence, effectifs et biomasses.

**Annexe V-2** : Répartition des juvéniles de *Scarus iserti*, *Sparisoma viride*, *Acanthurus bahianus* et *A. coeruleus* sur les platiers et les pentes externes pendant le carême.

**Annexe V-3** : Répartition des juvéniles de *Scarus iserti*, *Sparisoma viride*, *Acanthurus bahianus* et *A. coeruleus* sur les platiers et les pentes externes pendant l'hivernage.

**Annexe V-4** : Variables de l'environnement utilisées lors de l'étude spatiale.

**Annexe V-5** : Descripteurs synthétiques utilisés lors de l'étude spatiale.

**Annexe V-6** : Données de présence-absence de poissons herbivores utilisées lors de l'étude spatiale.

**Annexe V-7** : Données d'effectifs de poissons herbivores utilisées lors de l'étude spatiale.

**Annexe V-8** : Données de biomasses de poissons herbivores utilisées lors de l'étude spatiale.

**Annexe VI-1** : Données d'effectifs par classe de taille pour les stations étudiées.

**Annexe VI-2** : Données de consommation par les poissons herbivores (en g.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>).

**Annexe VI-3** : Données de consommation par les poissons herbivores (en  $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ) en fonction des classes de tailles selon van Rooij *et al.* (1998).

**Annexe VI-4** : Valeurs de bioérosion par les Scaridae sur les sites étudiés (en  $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ).

Dosage de l'azote nitrique effectué à l'Institut Pasteur de la Guadeloupe  
(Aminot & Chaussepied, 1983)

La méthode retenue est celle fondée sur le dosage des ions  $\text{NO}_2^-$  obtenus par réduction quantitative (> 95 %) des ions  $\text{NO}_3^-$ . On mesure la somme des concentrations des ions  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$ . Par déduction de la concentration en nitrite, déterminée sans réduction, on obtient la concentration en nitrate.

**Réactifs**

- Solution de sulfanilamide

Diluer 50 mL d'acide chlorhydrique concentré ( $d = 1,18$ ) dans environ 300 mL d'eau distillée. Dissoudre 5 g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500 mL.

- Solution de N-naphtyl-éthylènediamine

Dans 500 mL d'eau distillée, dissoudre 0,5 g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine.

- Solution étalon de nitrite

Sécher à  $110^\circ\text{C}$  pendant plusieurs heures du nitrite de sodium anhydre  $\text{NaNO}_2$  de pureté garantie.

Dissoudre 0,345 g dans de l'eau distillée, compléter à 1000 mL et ajouter 1 mL de chloroforme.

- Solution étalon de nitrate

Dissoudre 0,506 g de nitrate de potassium anhydre dans 1 l d'eau distillée, ajouter 1 ml de chloroforme.

- Solution concentrée de chlorure d'ammonium

Préparer une solution à 250 g de chlorure d'ammonium  $\text{NH}_4\text{Cl}$  par litre dans de l'eau distillée.

- Solution diluée de chlorure d'ammonium

Diluer 40 fois la solution précédente avec de l'eau distillée.

- Solution de sulfate de cuivre

Dans 500 ml d'eau distillée, dissoudre 10 g de sulfate de cuivre pentahydraté ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).

**Colonne réductrice**

- Préparation du cadmium

Tamiser du cadmium en grains pour en garder la fraction comprise entre 0,5 et 2 mm.

Laver environ 50 grains à l'acide chlorhydrique  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  puis rincer à l'eau distillée.

Laver rapidement par l'acide nitrique  $0,3 \text{ mol.L}^{-1}$  puis rincer à l'eau distillée.

Laver à nouveau par l'acide chlorhydrique  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  pour chasser les ions  $\text{NO}_3^-$  et rincer abondamment à l'eau distillée.

Traiter alors le cadmium par 100 à 150 mL de solution de sulfate de cuivre : dans un erlenmeyer agiter le cadmium avec cette solution et laisser en contact pendant plusieurs minutes ; la solution se décolore.

Laver ensuite à l'eau distillée sans mettre le cadmium en contact avec l'air jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de fines particules en suspension.

- Remplissage et traitement de la colonne

Mettre au bas de la colonne de la laine de verre pour retenir le cadmium.

Remplir complètement la colonne avec la solution diluée de chlorure d'ammonium.

Remplir d'eau l'erlenmeyer contenant le cadmium et lui adapter un bouchon muni d'un tube de verre. Retourner l'erlenmeyer sur la colonne sans y faire entrer d'air et faire tomber le cadmium petit à petit jusqu'à une hauteur de 15 à 25 cm tout en tapotant la colonne pour obtenir un tassement régulier. Régler le débit pour qu'il soit compris entre 8 et 12 mL à la minute. Mettre un peu de laine de verre au sommet de la colonne. Laisser alors la colonne en milieu  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dilué pendant 24 à 48 h en renouvelant plusieurs fois la solution. Avant la première utilisation, passer sur la colonne 3 à 4 L d'eau de mer dopée en nitrate à environ  $50 \mu\text{mol.L}^{-1}$  afin de stabiliser le rendement.

**Mode opératoire**

1) Processus général

. Analyse de la concentration totale nitrate + nitrite

Prendre 100 mL d'échantillon, ajouter 2 mL de solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger correctement. Verser environ 5 mL de cette solution dans la colonne et les laisser écouler. Verser alors le reste de l'échantillon. Rejeter les 30 premiers mL. Rincer une éprouvette graduée de 50 ml avec quelques millilitres de solution sortant de la colonne et recueillir 50 mL de l'effluent. Ajouter aussitôt 1 mL de solution de sulfanilamide et mélanger. Laisser reposer 2 à 8 minutes. Ajouter 1 mL de solution de N-naphtyl-éthylènediamine. Attendre au moins 10 minutes. Mesurer l'absorbance en cuves de 1 cm à 543 nm, par rapport à l'eau distillée. Soit  $A_{tr}$  cette mesure.

. Analyse des ions nitrites

Prendre 50 mL d'échantillon, ajouter 1 mL de solution concentrée de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  et mélanger. Poursuivre le dosage comme sur 50 mL d'effluent de la colonne.

2) Étalonnage

Introduire dans des fioles jaugées de 500 mL, 0,25-1-1,5-2-2,5 mL de la solution étalon de nitrite et compléter à 500 mL avec de l'eau de mer pauvre en nitrite ( $< 1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) pour obtenir la gamme de concentrations : 2,5-5-10-15-20 et 25  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ . Prendre 50 mL de chacune de ces solutions, ajouter 1 mL de solution concentrée de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  et mélanger ; faire de même avec l'eau de mer de dilution. Poursuivre les analyses sur chacune de ces solutions de la même façon qu'avec l'eau de mer brute au 1). Retrancher des mesures la valeur de l'absorbance obtenue avec l'eau de mer non dopée et tracer la droite d'étalonnage.

3) Contrôle du rendement de réduction

Préparer une solution à  $20 \mu\text{mol.L}^{-1}$  de nitrate en mettant dans une fiole jaugée 2 mL de solution étalon de nitrate et en complétant à 500 mL avec de l'eau de mer pauvre en nitrate et nitrite.

Faire une double analyse de cette eau de mer dopée et de l'eau de mer brute de la même façon qu'en 1). Faire la différence des deux valeurs moyennes d'absorbance et se reporter à la droite d'étalonnage pour en déduire la concentration en nitrite obtenue après passage sur la colonne. Calculer le rendement de réduction **R**. Diluer une eau de mer pauvre en  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$  et de salinité connue avec de l'eau distillée.

4) Contrôle de la réduction des ions nitrite

Un faible pourcentage des ions nitrite peut être réduit par la colonne. Ce pourcentage croît et devient aléatoire quand la colonne vieillit. Il est nécessaire de connaître si on fait des mesures sur des eaux dont le rapport  $\text{NO}_2^- / \text{NO}_3^-$  est élevé. Pour le mesurer, procéder exactement comme pour la mesure du rendement de réduction des ions nitrate mais en préparant à la place de la solution de nitrate une solution de nitrite à  $20 \mu\text{mol.L}^{-1}$  dans de l'eau de mer. Soit **r** la fraction des ions nitrite non réduite par la colonne.

5) Blancs

Le blanc de turbidité **b<sub>t</sub>** est généralement négligeable en cuves de 1 cm mais doit être mesuré à titre de contrôle sur une fraction d'échantillon recueillie à la sortie de la colonne.

Pour mesurer le blanc des réactifs **b<sub>r</sub>**, on doit de l'eau distillée.

Prendre 100 mL d'eau et appliquer le processus complet de 1) ; faire 2 déterminations.

**Calculs et expression des résultats**

Soit :

- . **A<sub>tr</sub>** l'absorbance mesurée pour l'échantillon traité
- . **b<sub>t</sub>** l'absorbance mesurée pour le blanc de turbidité
- . **b<sub>r</sub>** l'absorbance mesurée pour le blanc des réactifs
- . **R** le rendement de réduction des ions nitrate en nitrite
- . **r** la fraction des ions nitrite non réduits par la colonne

L'absorbance nette de l'échantillon est :  $A = A_{tr} - b_t - b_r$ .

Cette valeur A est reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration totale en nitrite après passage de l'échantillon sur la colonne. Soit C cette concentration.

Si  $[\text{NO}_3^-]$  et  $[\text{NO}_2^-]$  sont les concentrations respectives en micromoles par litre des ions  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$  dans l'échantillon à analyser, on mesure après passage sur la colonne :

$$C = R * [\text{NO}_3^-] + r * [\text{NO}_2^-]$$

D'où :

$$[\text{NO}_3^-] \mu\text{mol.L}^{-1} = C * (1/R) - [\text{NO}_2^-] * (r/R)$$

$[\text{NO}_2^-]$  est connu par mesure directe sur l'échantillon non passé sur la colonne.

Dosage du phosphore minéral dissous effectué à l'Institut Pasteur de la Guadeloupe  
(Murphy et Riley 1962)

**Réactifs**

- Solution de molybdate d'ammonium

Dissoudre 15 g de paramolybdate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , dans 500 mL d'eau distillée

- Acide sulfurique 2,5 mol.L<sup>-1</sup>

Ajouter 140 mL d'acide sulfurique (densité = 1,84) dans 900 mL d'eau distillée

- Solution d'acide ascorbique

Dissoudre 54 g d'acide ascorbique ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) dans 500 mL d'eau distillée

- Solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine

Dissoudre 0,34 g d'oxytartrate de potassium et d'antimoine (III),  $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$  dans 250 mL d'eau distillée

- Mélange réactif

Mélanger 100 mL de solution de molybdate d'ammonium, 250 mL d'acide sulfurique 2,5 mol.L<sup>-1</sup>, 100 mL de solution d'acide ascorbique et 50 mL de solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine

- Solution étalon primaire de phosphate

Sécher à 100°C du dihydrogénophosphate de potassium anhydre ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), en dissoudre 0,6805 g dans 1 L d'eau distillée et ajouter 1 mL de chloroforme : 1 mL contient 5  $\mu\text{mol}$  de  $\text{PO}_4^{3-}$

- Solution étalon secondaire de phosphate

Diluer 100 fois la solution étalon primaire. Ajouter 1 mL de chloroforme : 1 mL contient 0,05  $\mu\text{mol}$  de  $\text{PO}_4^{3-}$

**Mode opératoire**

1) Processus général

- . Préparer le mélange réactif
- . Mesurer 100 mL d'échantillon
- . Ajouter 10 mL du mélange réactif et homogénéiser aussitôt
- . Attendre 5 minutes et mesurer l'absorbance à 885 nm en cuves de 10 cm de trajet optique par rapport à l'eau distillée. Soit  $A_{tr}$  cette mesure.

2) Étalonnage

- . Introduire dans des fioles jaugées de 500 mL, 1-2-5-10-20 mL, etc. de solution étalon secondaire et compléter à 500 mL avec de l'eau de mer pauvre en  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $< 0,2 \mu\text{mol. L}^{-1}$ ) pour obtenir la gamme de concentrations suivantes : 0,1-0,2-0,5-1-2  $\mu\text{mol. L}^{-1}$  de  $\text{PO}_4^{3-}$ .

- . Faire 2 analyses de chacune de ces solutions ainsi que de l'eau de mer de dilution selon le processus décrit dans le 1).
- . Retrancher des mesures d'absorbance la valeur obtenue avec l'eau de mer brute et tracer la droite d'étalonnage.

### 3) Blancs

- . Mesurer l'absorbance de l'eau de mer brute, sans addition de réactifs, par rapport à l'eau distillée, soit  $b_r$ .
- . Prendre 100 mL d'eau fraîchement distillée et y ajouter 10 mL de mélange réactif ; prendre la moyenne de 2 mesures, soit  $b_t$ .

### Calculs et expression des résultats

Soit :

- .  $A_{tr}$  : l'absorbance mesurée pour l'échantillon traité,
- .  $b_t$  : l'absorbance mesurée pour le blanc de turbidité,
- .  $b_r$  : l'absorbance mesurée pour le blanc des réactifs.

L'absorbance nette est  $A = A_{tr} - b_t - b_r$

Cette valeur  $A$  est reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration de l'échantillon.

On peut également déterminer la pente  $P$  de la droite d'étalonnage en  $\mu\text{mol. L}^{-1}$  par unité d'absorbance. Dans ce cas, la concentration est :

$$[\text{PO}_4^{3-}] \mu\text{mol. L}^{-1} = P * A$$

Dosage des matières en suspension effectué à l'Institut Pasteur de la Guadeloupe  
(Méthode normalisée NF EN 872)

**Préparation des filtres :**

- Mettre le filtre sur son support et le laver à l'eau distillée sous un léger vide
- Déposer le filtre à sécher à l'étuve pendant 2 heures à 105°C
- Le laisser refroidir et le peser à l'aide d'une balance analytique d'une précision de 0,1 mg
- Soit M1 la masse obtenue

**Filtration de l'échantillon :**

- Placer ensuite le filtre dans l'entonnoir du dispositif de filtration
- Agiter l'échantillon d'eau de mer à analyser pour l'homogénéiser
- Transférer immédiatement et d'un seul trait un volume V convenable d'échantillon dans une éprouvette graduée
- Filtrer l'échantillon
- Rincer l'éprouvette avec 20 mL d'eau distillée et laver le filtre avec cette portion
- Rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 mL d'eau distillée pour enlever les cristaux de sel

**Séchage du filtre et pesée :**

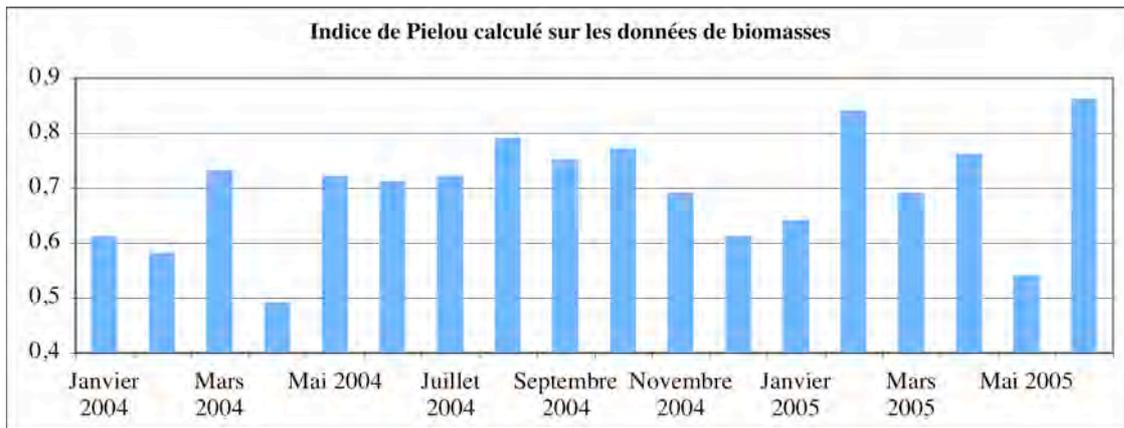
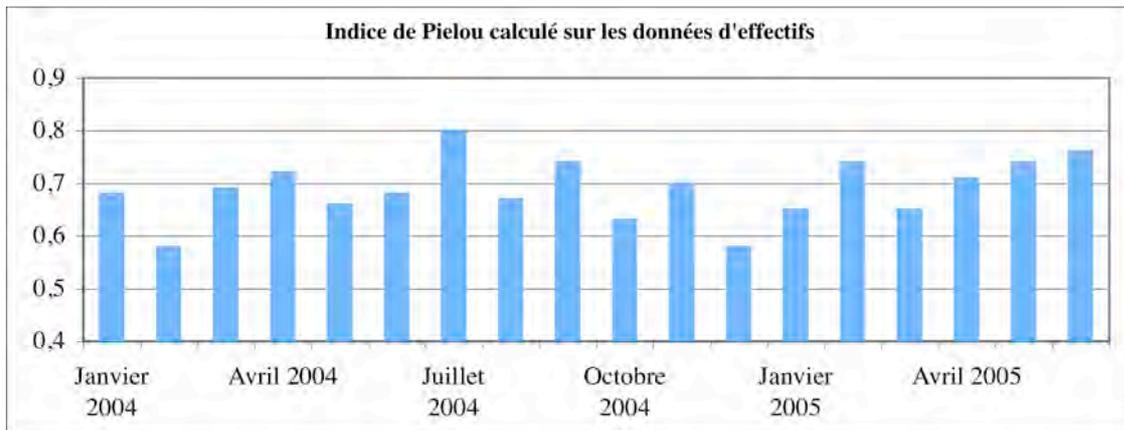
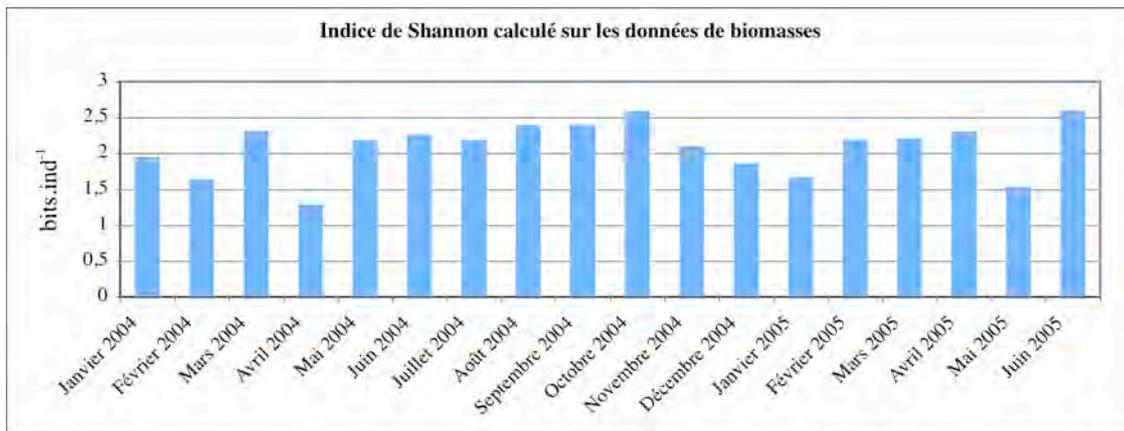
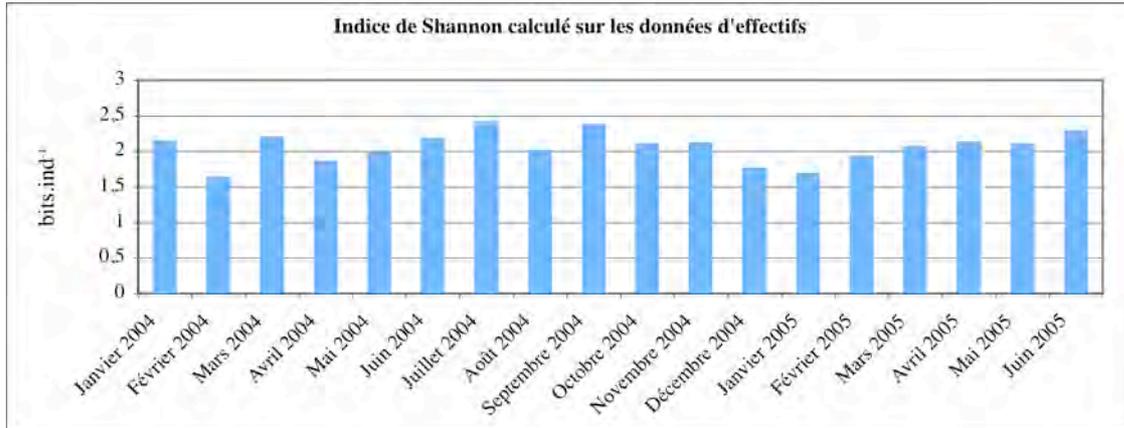
- Placer le filtre sur le support de séchage
- Faire sécher le filtre à l'étuve à 105°C pendant 2 heures
- Retirer le filtre de l'étuve
- Laisser s'équilibrer à température ambiante à proximité de la balance
- Peser à 0,1 mg près et noter la masse M2

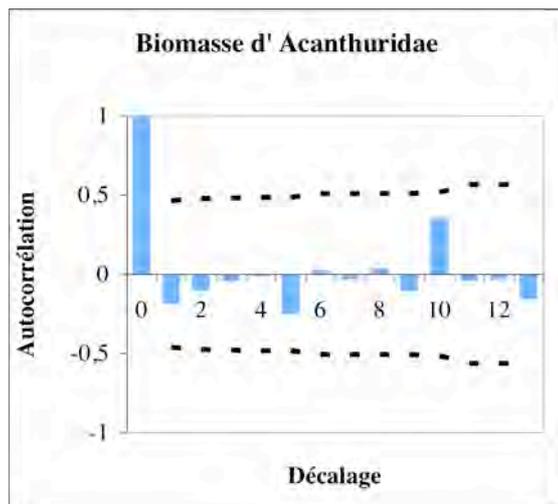
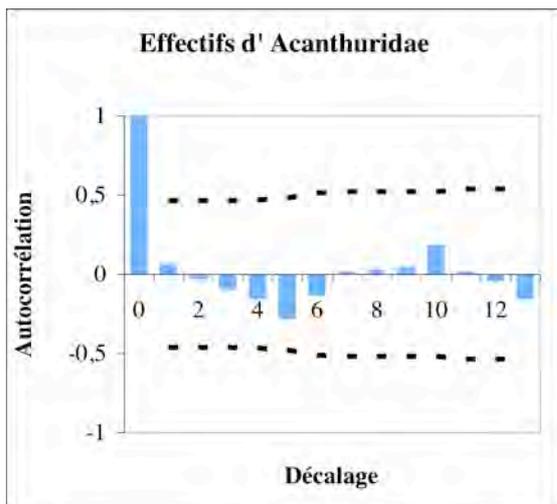
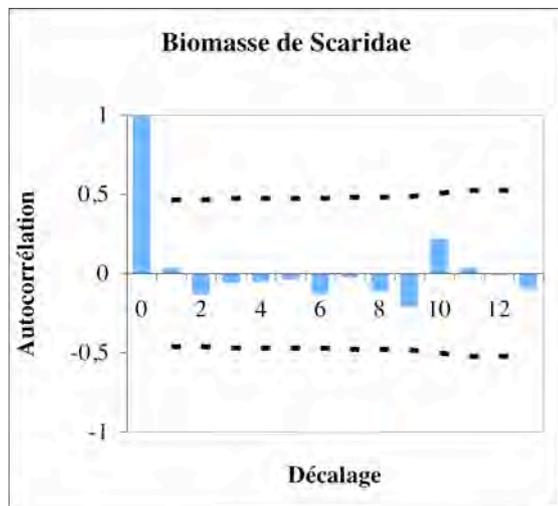
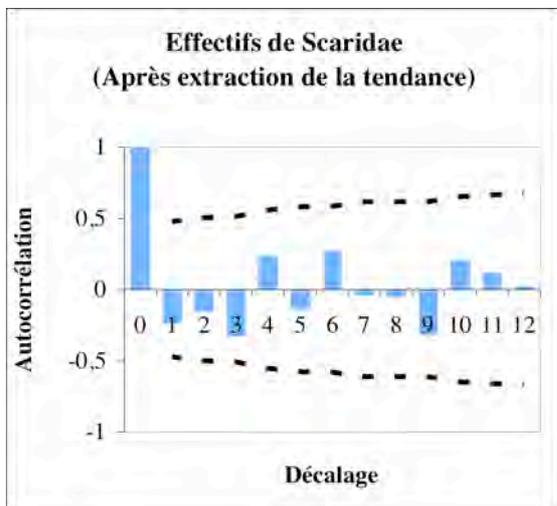
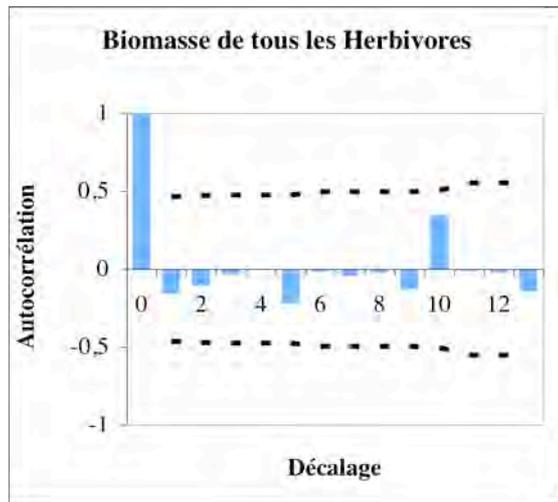
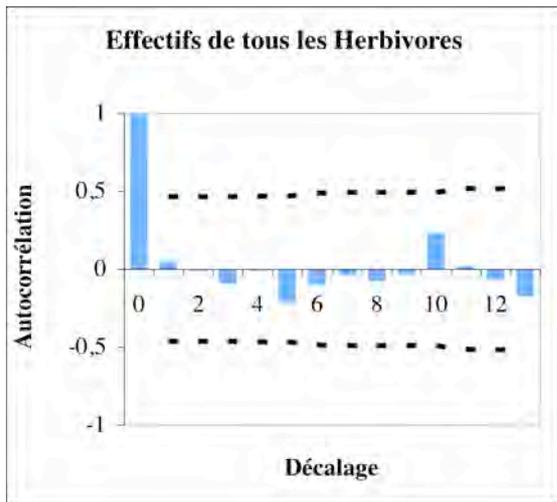
**Dosage des matières en suspension :**

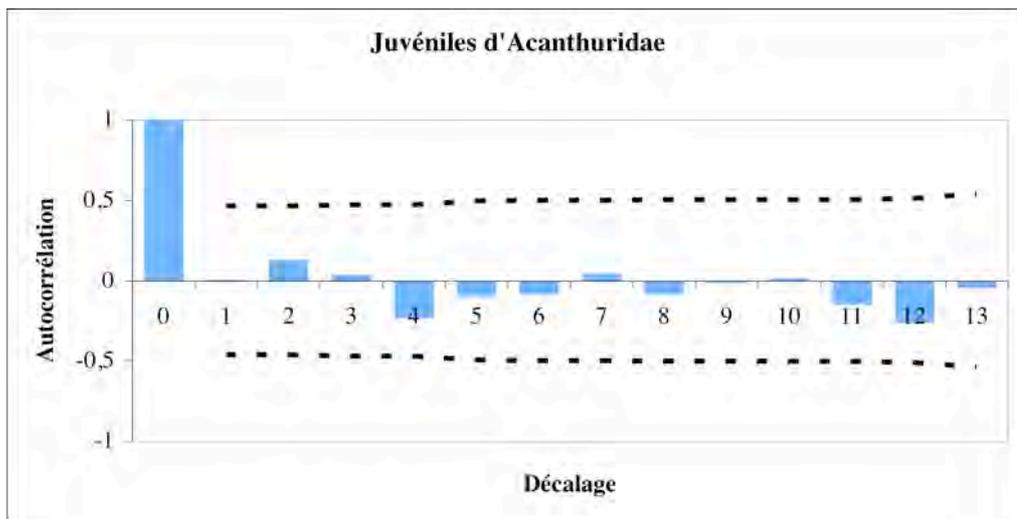
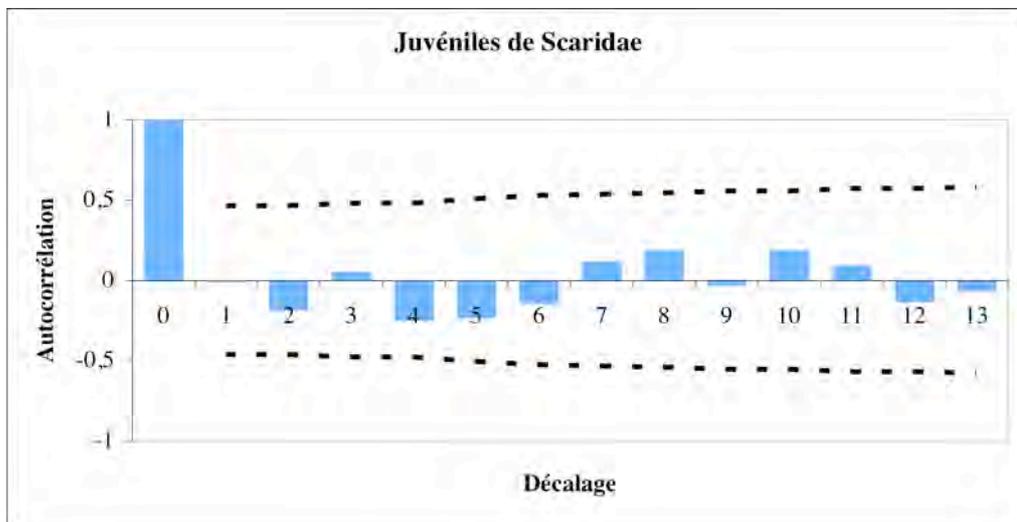
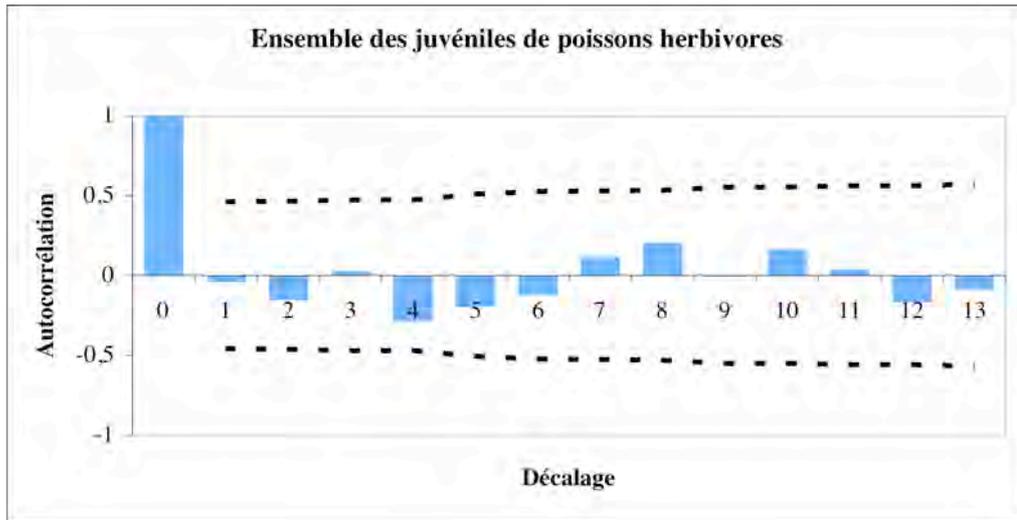
$$\text{Calculer : } C = \frac{M2 - M1}{V}$$

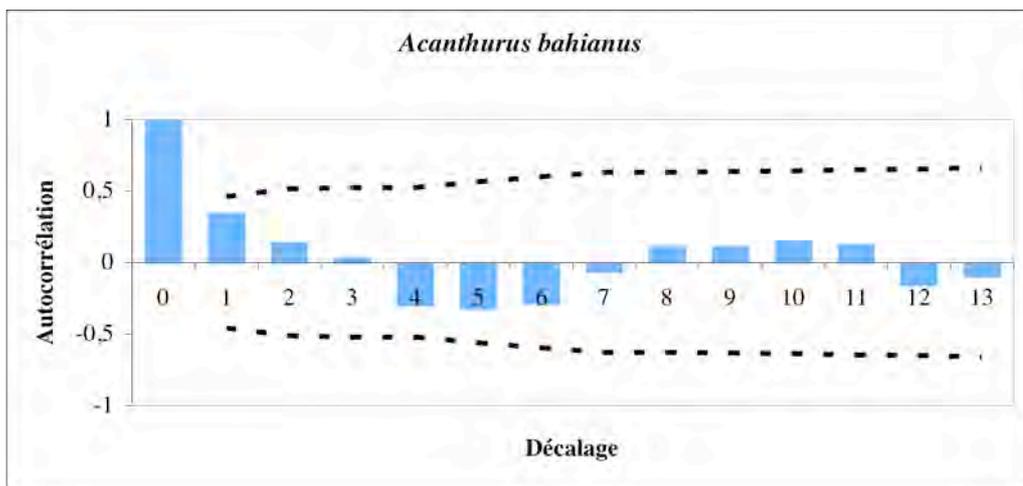
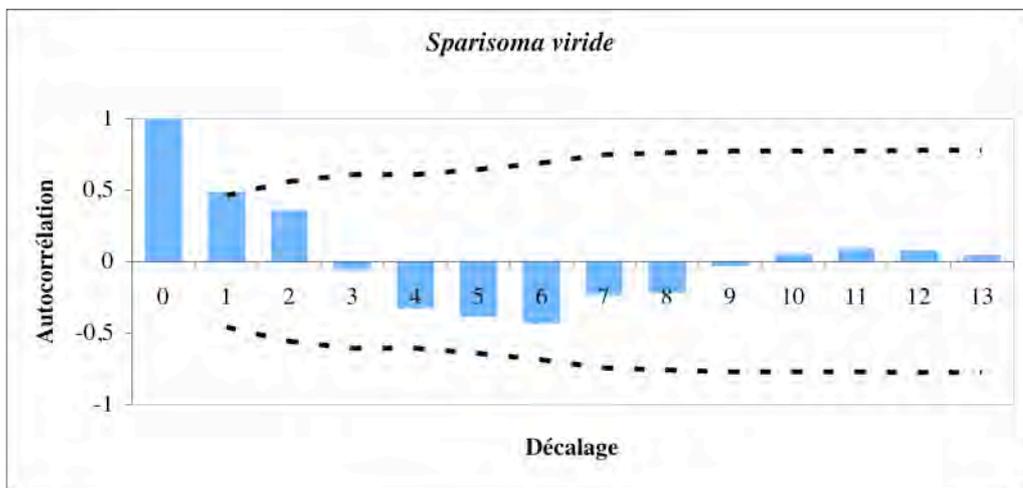
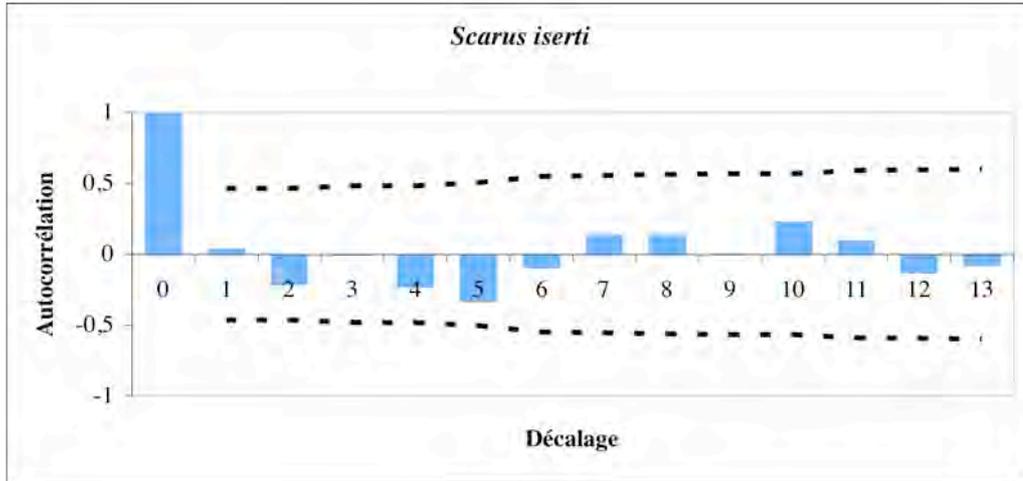
## ANNEXE II-1

Station	Nitrates ( $\mu\text{mol.l}^{-1}$ )	Phosphates ( $\mu\text{mol.l}^{-1}$ )	Matière en suspension ( $\text{mg.l}^{-1}$ )
Platier Fajou mai 2004	0,23	0,02	22
Platier Fajou juin 2004	0,05	0,02	8
Platier Fajou juillet 2004	0,05	0,07	2
Platier Fajou août 2004	0,05	0,02	8
Platier Fajou septembre 2004	0,06	0,02	14
Platier Fajou octobre 2004	0,42	0,02	20,6
Platier Fajou décembre 2004	0,29	0,02	12,6
Platier Fajou janvier 2005	0,05	0,02	15,3
Platier Fajou février 2005	0,05	0,02	5,5
Platier Fajou mars 2005	0,12	0,69	16
Platier Fajou avril 2005	0,05	0,02	11,3
Platier Fajou mai 2005	0,05	0,03	2
Platier Fajou juin 2005	0,42	0,02	25,6
Platier Fajou juillet 2005	0,05	0,02	2
Platier Gosier Hivernage	0,16	0,26	8
Platier Gosier Carême	0,05	0,02	5
Platier Pigeon Hivernage	0,05	0,02	13,3
Platier Pigeon Carême	0,05	0,02	4,6
Platier Caye à Dupont Hivernage	0,41	0,02	4,6
Platier Caye à Dupont Carême	0,05	0,02	26,6
Platier Port Louis Hivernage	0,17	0,02	8,6
Platier Port Louis Carême	0,11	0,02	47,5
Platier Pointe des Châteaux Hivernage	0,13	0,09	2
Platier Pointe des Châteaux Carême	0,05	0,02	22
Pentes externe Fajou	0,05	0,06	3,2
Pente externe Passe à Colas	0,06	0,02	7,3
Pente externe Port Louis	0,05	0,02	8,6
Pente externe Pigeon	0,12	0,02	7,3









	jan-04	fév-04	mars-04	avr-04	mai-04	juin-04	juil-04	aoû-04	sep-04	oct-04	nov-04	déc-04	jan-05	fév-05	mars-05	avr-05	mai-05	juin-05
Marée (m)	0,49	0,5	0,22	0,28	0,45	0,34	0,41	0,54	0,42	0,48	0,56	0,55	0,38	0,24	0,28	0,15	0,18	0,51
Transparence de l'eau (m)	23	25	15	18	8	18	18	18	20	9	25	10	20	25	20	16	17	12
Nébulosité (%)	3	12	61	93	93	94	77	7	92	98	3	8	2	64	4	3	14	17
Précipitations (mm.h <sup>-1</sup> )	2	0	1	5	9	1	17	2	5	25	3	3	0	0	0	2	1	7
Température de l'eau (°C)	27	27	26	27	28	28	28	29	29	28	27	27	25	26	27	28	29	28
Rayonnement global (joules.cm <sup>-2</sup> )	1457	1726	2392	2038	1210	2087	744	1763	1735	973	1722	1279	1140	845	1223	2422	2457	2380
Houle (m)	1,8	3,4	1	2,6	1	0,7	0,7	0,6	1,4	1	1,6	3,8	3	0,8	0,9	0,5	1,4	0,4
Force du vent (nœuds)	12	8	11	13	17	14	13	9	9	4	11	13	6	13	13	8	6	11
Direction du vent NE	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
Direction du vent E	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Direction du vent SE	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Lune 1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lune 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
Lune 3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lune 4	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Recouvrement en gazon algal (%)	669	1558	2442	2526	2151	1838	2167	2202	2077	1955	2195	2435	2401	2326	2421	2516	2277	2128

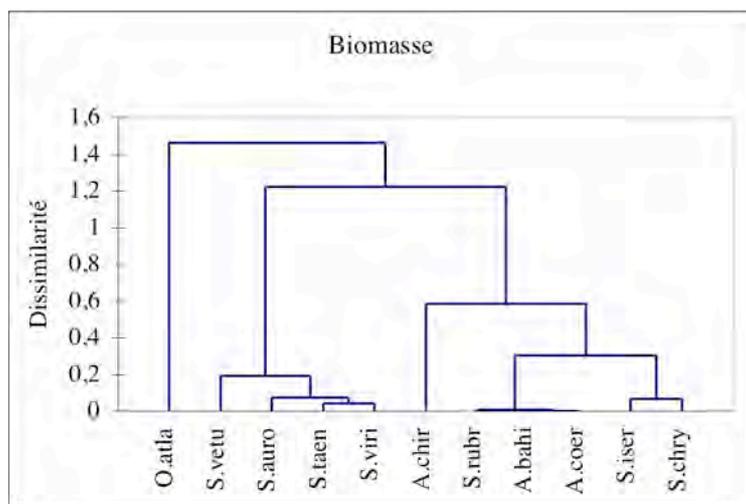
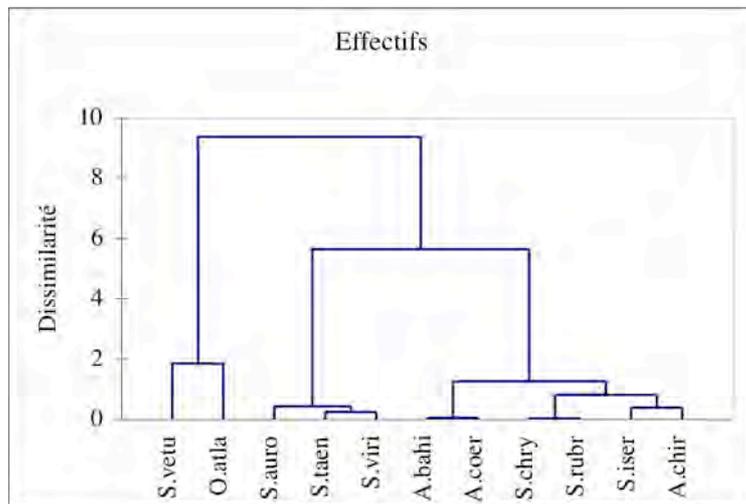
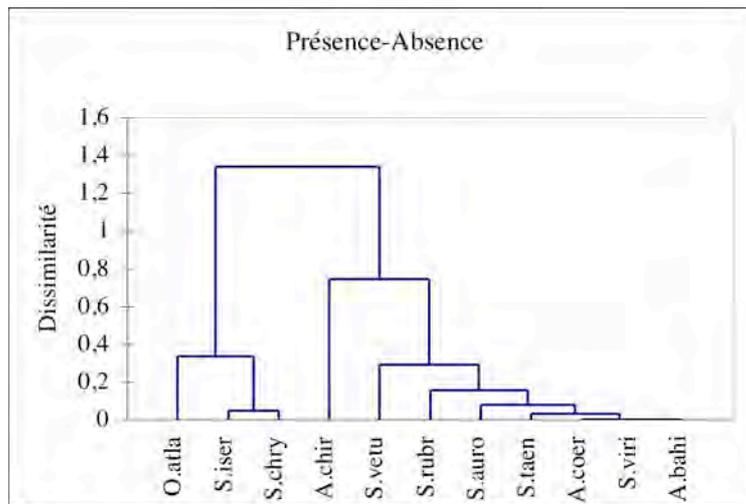
	01-04	02-04	03-04	04-04	05-04	06-04	07-04	08-04	09-04	10-04	11-04	12-04	01-05	02-05	03-05	04-05	05-05	06-05
Nombre d'espèces	9	7	9	6	8	9	8	8	9	10	8	8	6	6	9	8	7	8
Effectifs	798	113	280	222	565	270	394	656	437	491	654	181	80	115	297	364	350	207
Biomasses (g)	57220	1762	15601	6580	33678	8343	12944	43906	22885	22571	68237	6260	2636	1991	22374	17407	20830	8498
Shannon Effectifs	2,14	1,63	2,19	1,85	1,97	2,17	2,41	2	2,37	2,09	2,11	1,75	1,68	1,92	2,06	2,12	2,09	2,27
Shannon Biomasses	1,93	1,62	2,3	1,27	2,16	2,24	2,16	2,38	2,39	2,57	2,08	1,84	1,65	2,17	2,19	2,29	1,51	2,58
Pielou Effectifs	0,68	0,58	0,69	0,72	0,66	0,68	0,8	0,67	0,74	0,63	0,7	0,58	0,65	0,74	0,65	0,71	0,74	0,76
Pielou Biomasses	0,61	0,58	0,73	0,49	0,72	0,71	0,72	0,79	0,75	0,77	0,69	0,61	0,64	0,84	0,69	0,76	0,54	0,86
Proportion d'herbivores en effectifs	62	33	43	54	54	44,3	61	76	66,3	70	77,3	23,6	36,9	33,9	48,9	66,1	71,3	47,7
Proportions d'herbivores en biomasses	79	60,82	69,32	56,28	65,6	47,7	89,3	91,53	86,6	90,5	96,1	66,4	75,6	53,2	83,8	82,8	82,3	63,5

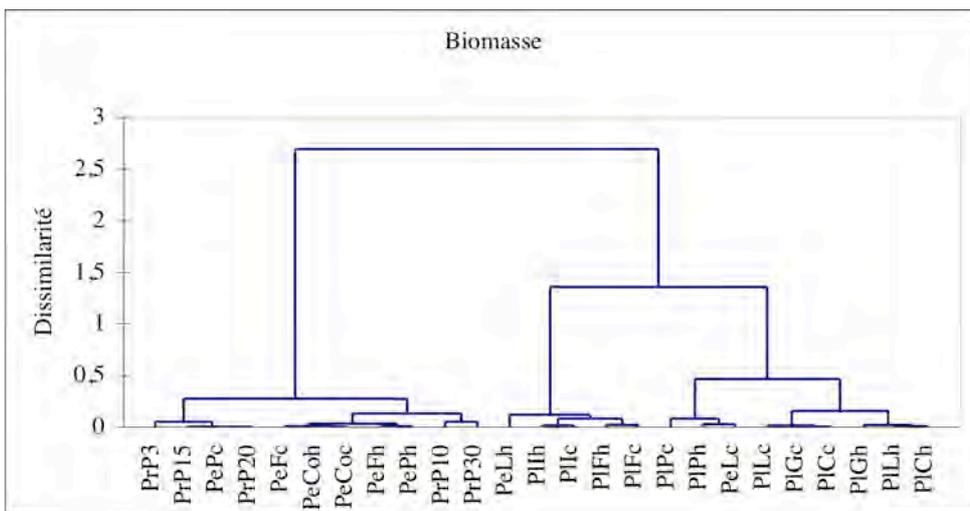
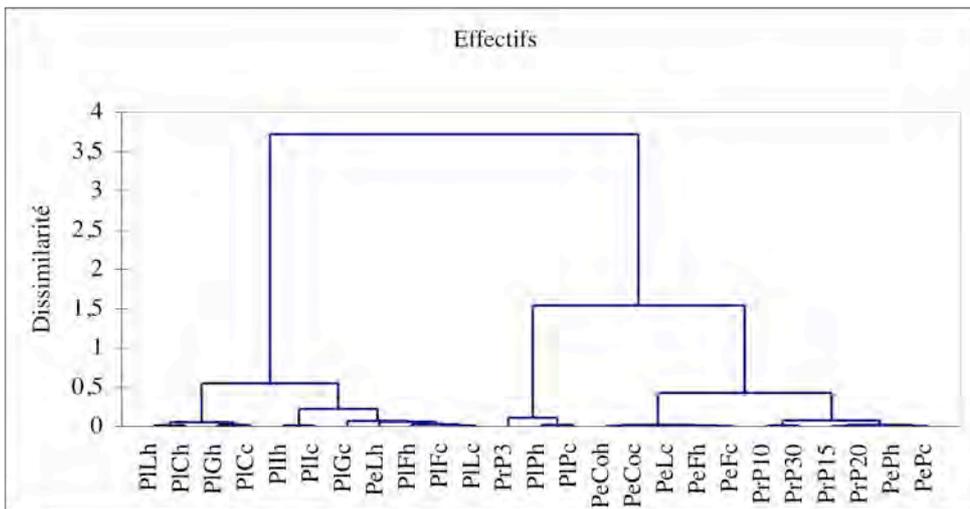
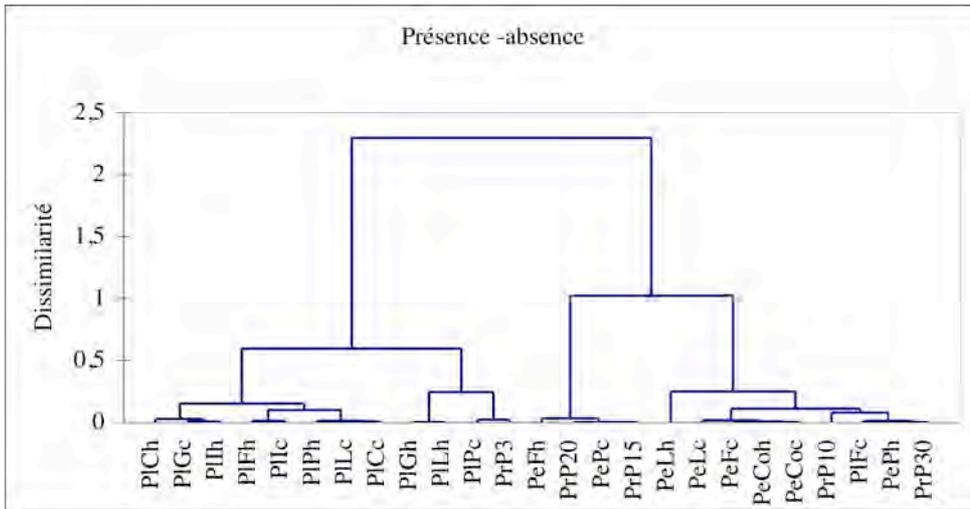
	01-04	02-04	03-04	04-04	05-04	06-04	07-04	08-04	09-04	10-04	11-04	12-04	01-05	02-05	03-05	04-05	05-05	06-05
<i>Kyphosus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus iserti</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Scarus taeniopterus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sparisoma rubripinne</i>	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
<i>Sparisoma viride</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Acanthurus bahianus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Acanthurus chirurgus</i>	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

	01-04	02-04	03-04	04-04	05-04	06-04	07-04	08-04	09-04	10-04	11-04	12-04	01-05	02-05	03-05	04-05	05-05	06-05
<i>Kyphosus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus iserti</i>	167	74	114	114	194	115	103	81	81	116	192	112	46	57	101	53	94	95
<i>Scarus taeniopterus</i>	30	4	12	32	4	24	28	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	5	1	5	0	4	1	0	6	7	3	0	1	1	0	3	2	0	0
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	3	1	5	2	6	7	5	4	8	5	6	2	1	4	4	2	1	4
<i>Sparisoma rubripinne</i>	4	0	2	0	0	0	1	3	2	3	2	0	0	0	2	1	7	9
<i>Sparisoma viride</i>	19	8	10	6	5	9	13	18	29	22	16	16	6	13	13	10	3	10
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0
<i>Acanthurus bahianus</i>	277	18	84	15	232	75	115	286	161	238	234	21	20	28	97	133	37	33
<i>Acanthurus chirurgus</i>	261	0	5	0	46	7	77	55	61	44	60	2	0	1	3	108	101	30
<i>Acanthurus coeruleus</i>	32	7	43	53	74	31	52	203	86	56	140	25	6	12	72	55	107	25

	01-04	02-04	03-04	04-04	05-04	06-04	07-04	08-04	09-04	10-04	11-04	12-04	01-05	02-05	03-05	04-05	05-05	06-05
<i>Scarus iserti</i> juveniles	80	12	4	16	12	16	26	48	48	12	35	28	12	18	28	8	35	50
<i>Scarus taeniopterus</i> juveniles	24	0	0	16	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i> juveniles	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma chrysopterus</i> juveniles	0	0	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Sparisoma rubripinne</i> juveniles	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Sparisoma viride</i> juveniles	4	3	1	2	1	3	7	9	16	4	7	2	0	1	1	1	0	4
<i>Acanthurus bahianus</i> juveniles	8	0	5	4	2	10	6	7	5	4	1	1	3	8	5	9	15	10
<i>Acanthurus chirurgus</i> juveniles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i> juveniles	17	1	5	3	2	1	3	2	1	5	6	2	2	3	5	6	4	3
<i>Scarus iserti</i> adultes	87	62	110	98	182	99	77	33	33	104	157	84	34	39	73	45	59	45
<i>Scarus taeniopterus</i> adultes	6	4	12	16	4	20	28	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i> adultes	3	1	5	0	4	1	0	4	7	3	0	1	1	0	3	2	0	0
<i>Sparisoma chrysopterus</i> adultes	3	1	5	2	6	4	3	4	8	4	6	2	1	4	4	2	0	4
<i>Sparisoma rubripinne</i> adultes	3	0	2	0	0	0	1	3	2	3	2	0	0	0	2	1	5	9
<i>Sparisoma viride</i> adultes	15	5	9	4	4	6	6	9	13	18	9	14	6	12	12	9	3	6
<i>Acanthurus bahianus</i> adultes	269	18	79	11	230	65	109	279	156	234	233	20	17	20	92	124	22	23
<i>Acanthurus chirurgus</i> adultes	261	0	5	0	46	7	77	55	61	44	60	2	0	1	3	108	101	30
<i>Acanthurus coeruleus</i> adultes	15	6	38	50	72	30	49	201	85	51	134	23	4	9	67	49	103	22

	01-04	02-04	03-04	04-04	05-04	06-04	07-04	08-04	09-04	10-04	11-04	12-04	01-05	02-05	03-05	04-05	05-05	06-05
<i>Kyphosus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	704	1407	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus iserti</i>	4989	1128,6	5278	4307	9406	1969	1157	1564	707	6202	17799	3629	1471	729	5193	1556	1424	2019
<i>Scarus taeniopterus</i>	578	29,6	89	126	138	690	207	0	189	189	0	0	0	0	0	0	0	94
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	289	37,2	216	0	325	96	0	717	177	229	0	96	96	0	454	192	0	0
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	519	33	436	41	622	111	49	2010	1554	553	255	95	8	135	215	95	1	581
<i>Sparisoma rubripinne</i>	288	0	205	0	0	0	102	801	533	635	205	0	0	0	369	42	116	565
<i>Sparisoma viride</i>	2922	109	1030	68	395	315	385	5537	2490	2922	246	346	116	238	1913	1689	125	679
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,6	0	0	15,2	0	0	0
<i>Acanthurus bahianus</i>	18808	365	4551	165	11084	3236	3439	13417	7219	7465	11797	841	769	593	6876	3955	564	432
<i>Acanthurus chirurgus</i>	26936	0	509	0	3518	171	2812	5539	2251	1624	10034	139	0	37	241	5254	7686	2405
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1890	60	3288	1874	8191	1755	4792	14320	7767	2050	26494	1107	176	259	7100	4625	10914	1723

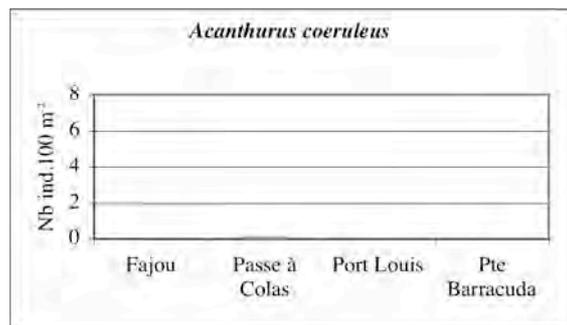
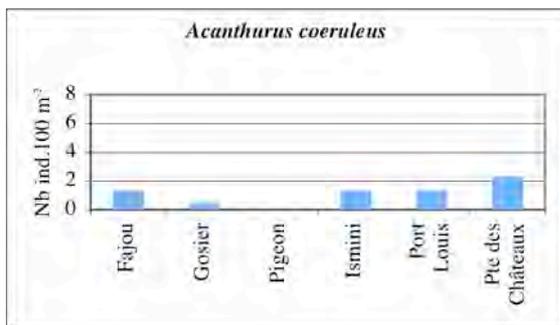
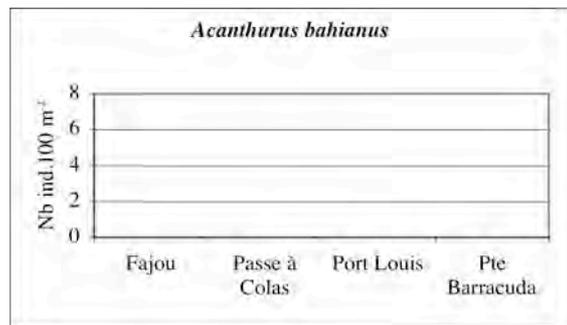
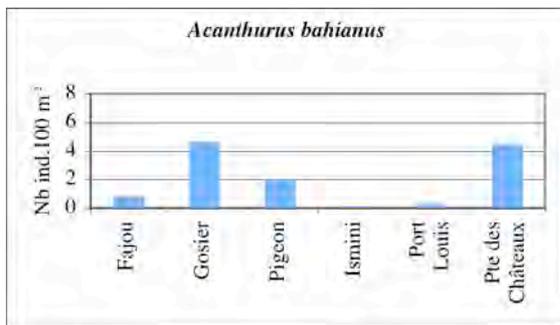
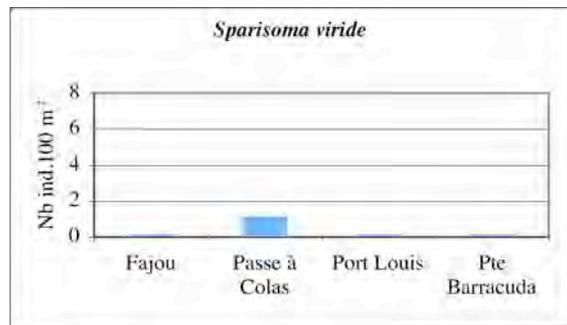
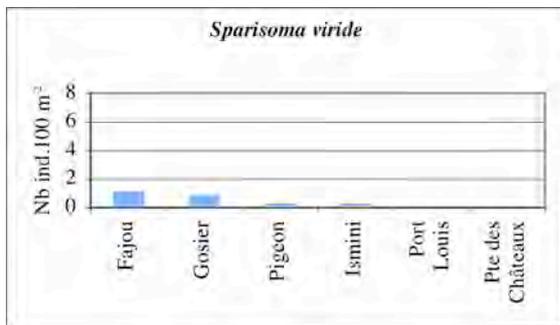
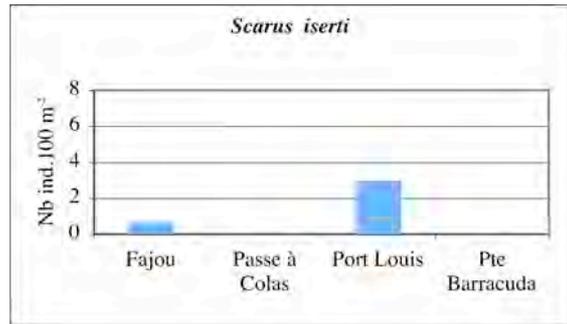
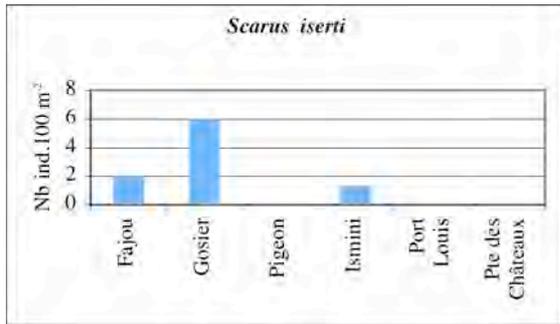




Platiers

Carême

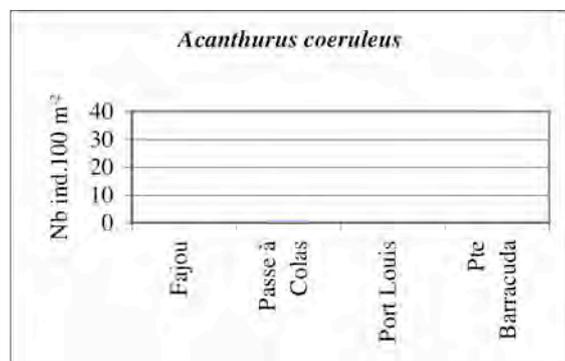
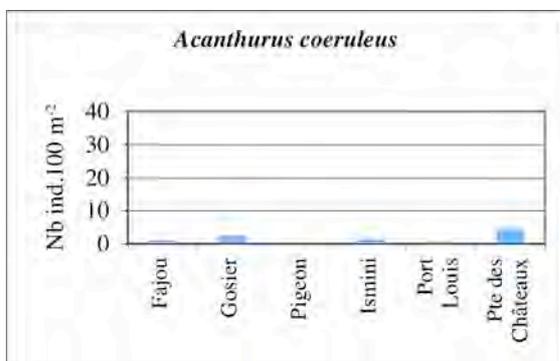
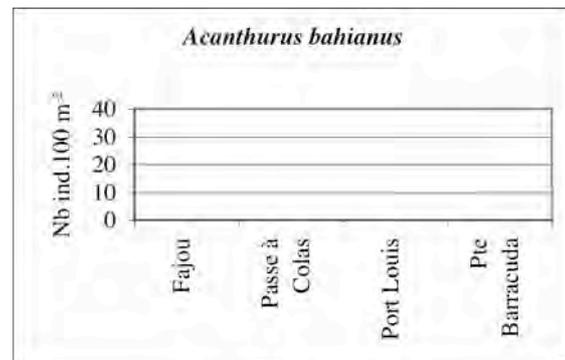
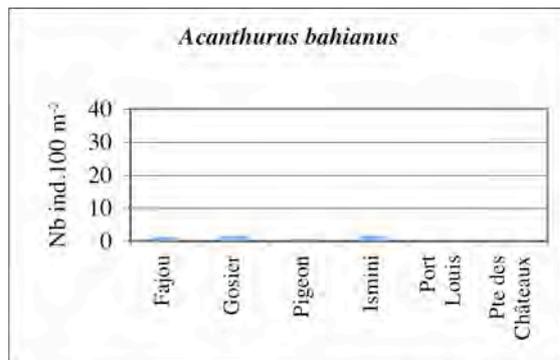
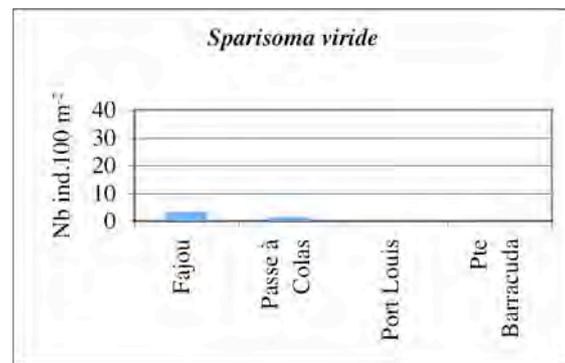
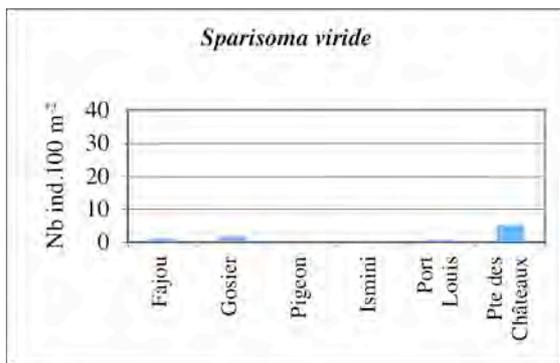
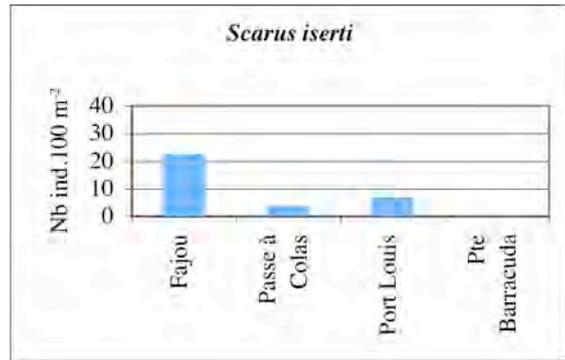
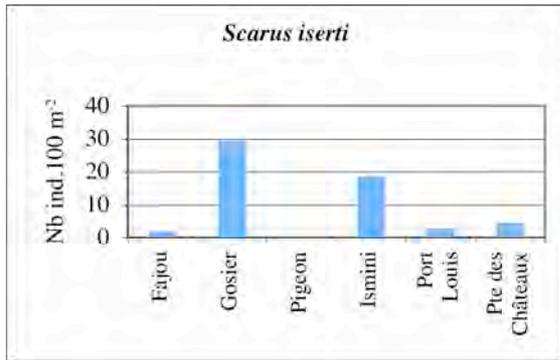
Pentes externes



Platiers

Hivernage

Pentes externes



ANNEXE V-4

**PLATIERS**

	PIFh	PIFc	PIGh	PIGc	PIPh	PIPc	PIIh	PIIc	PILh	PILc	PICh	PICc
Gazon algal (%)	79	71,8	35	35,9	62,5	55,6	36,9	23,6	34,2	29	54,1	53,7
Coraux (%)	18	20,8	13	18,6	23,6	26,8	12,8	17,4	11	11,7	13	17,4
Chlorophycées (%)	3	1,3	13	0,7	0	0	21,5	1,4	0,7	0	0	0,8
Chlorophycées calcifiées(%)	0	0	0	6,9	0	1,4	0	16	2,7	0	0	0
Phéophycées (%)	0	0	20	16,6	0	0	6	11,1	31,5	28,3	21,2	3,3
Rhodophycées (%)	0	0	6	4,1	0	2,8	2	2,8	13,7	8,3	8,9	6,6
Mélobésiées (%)	0	0	0,7	0	1,4	0	6	3,5	0	20,7	0,7	16,5
Cyanobactéries (%)	0	2	0,7	0	4,9	4,2	0	0	0	0	0	0
Autres invertébrés (%)	0	4	11,6	17,2	7,6	9,1	14,8	24,3	6,2	2,1	2,1	1,6
Roche (%)	98	89,3	86	80	100	98,6	89,2	63,9	100	99,3	0,97	98,3
Sable (%)	2	10,7	13	17,2	0	0	8,8	11,8	0	0,7	0,03	0,8
Débris coralliens (%)	0	0	1	2,8	0	1,4	2,7	24,3	0	0	0	0,8
Profondeur (m)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Câreme	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Hiver	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Réserve	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Non Réserve	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1

**PENTES EXTERNES**

	PeFh	PeFc	PeCoh	PeCoc	PeLh	PeLc	PePh	PePc	PrP3	PrP10	PrP15	PrP20	PrP30
Gazon algal (%)	41,2	53,9	19,1	63,2	24,3	41,9	43,3	50,1	34,7	43,3	31,9	30,6	31
Coraux (%)	27,7	35,1	23,5	21	33,1	23,7	32	23,4	32,6	32	37,5	40,1	34,2
Chlorophycées (%)	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorophycées calcifiées(%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Phéophycées (%)	14,2	3,9	47,8	9,1	19,6	21,7	5,3	14,7	1,4	5,3	7,6	4,1	7,7
Rhodophycées (%)	0	0	0	0,1	0,7	4	0	0,4	0	0	0	0	0
Mélobésiées (%)	7,4	1,3	0	1,7	0	0,6	0,7	1,9	16	0,7	0,7	0	0
Cyanobactéries (%)	0,7	0,2	0	0,3	6,1	0,1	0,7	0,1	0	0,7	3,5	9,5	5,2
Autres invertébrés (%)	8,8	5,6	9,6	4,6	15,5	8	18	9,4	15,3	18	18,8	15,6	21,9
Roche (%)	94,6	96,5	95,6	97,9	91,2	89,4	92,7	94	99,3	92,7	82,6	91,2	93,5
Sable (%)	1,4	3,5	4,4	2,1	6,8	10,6	4	6	0	4	6,3	2	1,9
Débris coralliens (%)	4,1	0	0	0	2	0	3,3	0	0,7	3,3	11,1	6,8	4,5
Profondeur (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	3	10	15	20	30
Câreme	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
Hiver	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Réserve	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Non Réserve	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

PIF : Platier Fajou  
 PII : Platier Caye à Dupont  
 PeF : Pente externe Fajou  
 PeP : Pointe Barracuda  
 h : hivernage

PIG : Platier Ilet Gosier  
 PIL : Platier Port Louis  
 PeCo : Passe à Colas  
 PrP : Pigeon profondur  
 c : carême

PIP : Platier Pigeon  
 PIC : Platier Pointe des Châteaux  
 PeL : Pente externe Port Louis

ANNEXE V-5

**PLATIERS**

	PIFh	PIFc	PIGh	PIGc	PIPh	PIPc	PIIh	PIIc	PILh	PILc	PICh	PICc
Nombre d'espèces	10	9	8	9	11	10	9	8	9	7	9	10
Effectifs	161	173	98	129	99	76	107	122	74	85	48	73
Biomasses	7170	9755	738	2154	10008	7006	4867	5813	5226	7223	598	3568
Shannon Effectifs	2,22	2,22	2,05	2,18	2,89	2,47	1,96	2,3	2,5	2,07	2,57	2,66
Shannon Biomasses	2,69	2,31	2,7	2,64	2,82	2,71	2,36	2,42	1,84	1,71	2,51	2,29
Pielou Effectifs	0,67	0,69	0,68	0,68	0,84	0,74	0,62	0,77	0,79	0,74	0,81	0,8
Pielou Biomasses	0,81	0,73	0,9	0,83	0,82	0,82	0,74	0,81	0,58	0,61	0,79	0,69
Proportion d'herbivores en effectifs	68,4	50,9	50,9	32,2	39,1	41,2	55,7	49,9	26,7	18	28,7	26,7
Proportions d'herbivores en biomasses	70,5	56,6	18,1	14	87,6	84,6	74,9	82,8	36,8	34,8	29,8	41,4

**PENTES EXTERNES**

	PeFh	PeFc	PeCoh	PeCoc	PeLh	PeLc	PePh	PePc	PrP3	PrP10	PrP15	PrP20	PrP30
Nombre d'espèces	8	9	7	6	6	8	8	8	7	7	7	7	7
Effectifs	127	69	84	52	97	32	24	21	53	58	31	23	21
Biomasses	3169	5748	3927	2397	7404	2127	2833	5400	6263	5969	4977	4621	3126
Shannon Effectifs	1,88	2,48	2,19	2,04	2,3	1,75	2,47	2,72	2,24	2,27	2,34	2,38	2,47
Shannon Biomasses	2,41	2,37	2,1	2,19	2,07	2,35	2,15	2,51	2,4	2,1	1,94	2,12	2,24
Pielou Effectifs	0,63	0,78	0,54	0,79	0,89	0,58	0,82	0,91	0,79	0,81	0,83	0,85	0,88
Pielou Biomasses	0,8	0,75	0,75	0,85	0,8	0,78	0,72	0,84	0,85	0,75	0,69	0,76	0,79
Proportion d'herbivores en effectifs	24,7	40	9,8	14,4	32,8	8,4	8,2	11,4	19,5	13,7	4,9	5,4	6,73
Proportions d'herbivores en biomasses	67,6	59,5	15,6	31,3	63,6	33,5	53,6	56,6	56,3	59,4	62,7	44,9	51,6

PIF : Platier Fajou

PII : Platier Caye à Dupont

PeF : Pente externe Fajou

PeP : Pointe Barracuda

h : hivernage

PIG : Platier Ilet Gosier

PIL : Platier Port Louis

PeCo : Passe à Colas

PrP: Pigeon profondeur

c : carême

PIP : Platier Pigeon

PIC : Platier Pointe des Châteaux

PeL : Pente externe Port Louis

ANNEXE V-6

**PLATIERS**

	PIFh	PIFc	PIGh	PIGc	PIPh	PIPc	PIIh	PIIc	PILh	PILc	PICh	PICc
<i>Scarus iserti</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Scarus taeniopterus</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
<i>Scarus vetula</i>	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sparisoma rubripinne</i>	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
<i>Sparisoma viride</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
<i>Acanthurus bahianus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Acanthurus chirurgus</i>	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Kyphosus sp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Sparisoma atomarium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**PENTES EXTERNES**

	PeFh	PeFc	PeCoh	PeCoc	PeLh	PeLc	PePh	PePc	PrP3	PrP10	PrP15	PrP20	PrP30
<i>Scarus iserti</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Scarus vetula</i>	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
<i>Sparisoma viride</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Acanthurus bahianus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Kyphosus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma atomarium</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PIF : Platier Fajou

PII : Platier Caye à Dupont

PeF : Pente externe Fajou

PeP : Pointe Barracuda

h : hivernage

PIG : Platier Ilet Gosier

PIL : Platier Port Louis

PeCo : Passe à Colas

PrP: Pigeon profondeur

c : carême

PIP : Platier Pigeon

PIC : Platier Pointe des Châteaux

PeL : Pente externe Port Louis

ANNEXE V-7

**PLATIERS**

	PIFh	PIFc	PIGh	PIGc	PIPh	PIPc	PIIh	PIIc	PILh	PILc	PICh	PICc
<i>Scarus iserti</i>	41	55	53	49	1	3	59	18	13	17	14	14
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	7	20	42	19	10	0	0	1	3	0	7
<i>Scarus vetula</i>	0	1	0	0	7	5	0	0	0	0	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	2	1	0	2	7	3	2	2	0	0	0	0
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	2	2	2	5	3	0	2	2	2	3	1	1
<i>Sparisoma rubripinne</i>	1	0	1	0	2	0	5	4	3	0	1	0
<i>Sparisoma viride</i>	8	3	7	4	8	2	2	2	5	1	11	3
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	0	0	2	0	5	5	0	0	1	0	4	3
<i>Acanthurus bahianus</i>	66	58	7	18	30	32	5	47	7	2	9	19
<i>Acanthurus chirurgus</i>	14	12	0	1	2	0	26	23	0	0	1	7
<i>Acanthurus coeruleus</i>	28	34	7	7	17	16	7	24	29	26	7	18
<i>Kyphosus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	13	33	0	0
<i>Sparisoma atomarium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**PENTES EXTERNES**

	PeFh	PeFc	PeCoh	PeCoc	PeLh	PeLc	PePh	PePc	PrP3	PrP10	PrP15	PrP20	PrP30
<i>Scarus iserti</i>	76	24	38	25	31	20	0	0	1	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	12	9	6	9	0	2	4	4	11	26	6	5	7
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	4	1	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	14	11	18	9	7	6	7	5	4	8	10	7	5
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Sparisoma viride</i>	10	8	11	5	4	2	4	4	2	8	6	4	3
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus bahianus</i>	11	12	7	3	27	1	5	4	8	9	6	2	3
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	13	0	0	0	0	4	0	0	1
<i>Acanthurus coeruleus</i>	4	5	3	1	14	0	4	1	23	3	3	3	1
<i>Kyphosus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma atomarium</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PIF : Platier Fajou

PII : Platier Caye à Dupont

PeF : Pente externe Fajou

PeP : Pointe Barracuda

h : hivernage

PIG : Platier Ilet Gosier

PIL : Platier Port Louis

PeCo : Passe à Colas

PrP: Pigeon profondeur

c : carême

PIP : Platier Pigeon

PIC : Platier Pointe des Châteaux

PeL : Pente externe Port Louis

## ANNEXE V-8

## PLATIERS

	PIFh	PIFc	PIGh	PIGc	PIPh	PIPc	PIIh	PIIc	PILh	PILc	PICCh	PICc
<i>Scarus iserti</i>	1753	2332	204	641	136	303	935	342	295	685	135	392
<i>Scarus taeniopterus</i>	31	229	64	441	1255	1176	0	0	7	177	1	107
<i>Scarus vetula</i>	0	54	0	0	2183	2162	0	0	0	0	0	129
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	172	88	0	93	496	310	85	124	0	0	0	1
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	250	170	24	191	351	121	262	169	105	119	19	63
<i>Sparisoma rubripinne</i>	273	0	113	0	642	4	815	412	219	0	55	0
<i>Sparisoma viride</i>	965	184	110	120	2913	533	148	220	124	115	107	164
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	0	0	12	5	34	165	2	0	11	0	39	24
<i>Acanthurus bahianus</i>	1975	2767	94	367	872	1141	94	1273	162	63	200	764
<i>Acanthurus chirurgus</i>	484	1055	0	29	74	0	2007	1510	0	0	4	697
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1149	2876	115	268	1052	1091	519	1763	1427	2153	37	1227
<i>Kyphosus sp.</i>	117	0	0	0	0	0	0	0	2875	3910	0	0
<i>Sparisoma atomarium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## PENTES EXTERNES

	PeFh	PeFc	PeCoh	PeCoc	PeLh	PeLc	PePh	PePc	PrP3	PrP10	PrP15	PrP20	PrP30
<i>Scarus iserti</i>	646	665	596	471	470	573	0	0	63	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	112	412	308	407	0	275	224	371	1511	1035	541	478	369
<i>Scarus vetula</i>	51	51	0	0	0	102	322	373	1404	203	102	271	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1008	991	1112	1015	451	678	464	791	313	761	1184	813	489
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	75	15	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	44	329	0	0	0	0	0	592	0	0	89	219	438
<i>Sparisoma viride</i>	804	2621	1611	268	416	392	1421	2265	677	3078	2630	2419	1459
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Acanthurus bahianus</i>	341	436	225	168	544	17	142	254	435	490	200	140	107
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	17	0	0	2666	0	6	0	0	203	0	0	114
<i>Acanthurus coeruleus</i>	162	227	69	67	2857	14	240	120	1858	199	230	280	150
<i>Kyphosus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	634	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma atomarium</i>	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PIF : Platier Fajou  
 PII : Platier Caye à Dupont  
 PeF : Pente externe Fajou  
 PeP : Pointe Barracuda  
 h : hivernage

PIG : Platier Ilet Gosier  
 PIL : Platier Port Louis  
 PeCo : Passe à Colas  
 PrP : Pigeon profondeur  
 c : carême

PIP : Platier Pigeon  
 PIC : Platier Pointe des Châteaux  
 PeL : Pente externe Port Louis

## ANNEXE VI-1

**Platier de l'ilet Gosier**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	106,5	167,5	30	2,5	0	0	0	306,5
<i>Scarus taeniopterus</i>	65	99	20,5	0,5	0	0	0	185
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0,5	3,5	1,5	0	0	0	5,5
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	3,5	8,5	3	5,5	0	0	0	20,5
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	1	1	1,5	0,5	0	0	4
<i>Sparisoma viride</i>	8,5	17,5	4	2	0,5	0	0	32,5
<i>Acanthurus bahianus</i>	19	18,5	36	0,5	0	0	0	74
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	1,5	2	0	0	0	0	3,5
<i>Acanthurus coeruleus</i>	9	11	19	2	0	0	0	41

**Platier de Port Louis**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	9	26	40,5	14,5	0	0	0	90
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	3	4,5	4	0	0	0	11,5
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,5	4	5,5	2,5	1	0	0	13,5
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	2	4	2	1	0	0	9
<i>Sparisoma viride</i>	2,5	6,5	8,5	1,5	0,5	0	0	19,5
<i>Acanthurus bahianus</i>	1	10	15,5	1	0	0	0	27,5
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	6,5	29	56,5	70	0,5	0	0	162,5

**Platier de Pigeon**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	1,5	10,5	1	0	0	13
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	27,5	53,5	2	1	0	84
<i>Scarus vetula</i>	0	0	1	9,5	20,5	6	0,5	37,5
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	7	22,5	0	0	0	29,5
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	3,5	2	2	1	0	8,5
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	1	0	0	6	0,5	0	7,5
<i>Sparisoma viride</i>	1	0,5	1	5	16	6	0	29,5
<i>Acanthurus bahianus</i>	8,5	22,5	138,5	14,5	0	0	0	184
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	6	0	0	0	0	6
<i>Acanthurus coeruleus</i>	2	5,5	53	36,5	0	0	0	97

## ANNEXE VI-1 (suite)

**Platier de la Pointe des Châteaux**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	13,5	31,5	38	0,5	0	0	0	83,5
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	16,5	4,5	0,5	0	0	0	21,5
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0,5	2	0,5	0	0	3
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	1,5	1	3,5	0	0,5	0	0	6,5
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	1	2,5	0,5	0	0	0	4
<i>Sparisoma viride</i>	15,5	15	7,5	2	0,5	0	0	40,5
<i>Acanthurus bahianus</i>	15,5	19	28	20,5	0	0	0	83
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,5	2	0	20,5	0	0	0	23
<i>Acanthurus coeruleus</i>	21	15	11,5	26,5	0,5	0	0	74,5

**Platier de la Caye à Dupont**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	60	105,5	54,5	9,5	1	0	0	230,5
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	1	2,5	5,5	0	0	0	9
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	1,5	2,5	4,5	2	0,5	0	11
<i>Sparisoma rubripinne</i>	1	2	4,5	10,5	9	0	0	27
<i>Sparisoma viride</i>	2	2,5	5	2,5	2	0	0	14
<i>Acanthurus bahianus</i>	5,5	35	116	0	0	0	0	156,5
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,5	1	65	80	0	0	0	146,5
<i>Acanthurus coeruleus</i>	8,5	2,5	37	46,5	0	0	0	94,5

**Platier de Fajou**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	12	109,5	100	54,5	10,5	0	0	286,5
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	20	1	0	0	0	21
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	1,5	0	0	0	1,5
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0,5	1,5	7,5	0	0	0	9,5
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	2	1,5	3	2	4	0	0	12,5
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	1,5	2,5	0	0	4
<i>Sparisoma viride</i>	7	7,5	3,5	6	8,5	0	0	32,5
<i>Acanthurus bahianus</i>	6,5	41	268	57	0	0	0	372,5
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	1,5	52	22	1,5	0	0	77
<i>Acanthurus coeruleus</i>	7,5	24	84,5	67,5	2	0	0	185,5

ANNEXE VI-1 (suite)

**Pente externe de Fajou**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	70	169	50,5	10	0	0	0	299,5
<i>Scarus taeniopterus</i>	13	32	7,5	7	1,5	0	0	61
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	4	4,5	31,5	28	8	0	0	76
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,5	1,5	0	2
<i>Sparisoma viride</i>	11	5,5	12	8	9	6,5	0,5	52,5
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	10,5	52	6	0	0	0	68,5
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5
<i>Acanthurus coeruleus</i>	1	1	20,5	2,5	0	0	0	25

**Pente externe de Port Louis**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	30	78,5	32	11	1,5	0	0	153
<i>Scarus taeniopterus</i>	3	0	0	0	3	0	0	6
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	4,5	5	8,5	16,5	5,5	0	0	40
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0,5	1	0,5	0	0	2
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	1	3	6	4	3	1	0	18
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	41,5	41,5	0	0	0	0	83
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	20	20	0	0	40
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,5	1,5	1,5	20	20	0	0	43,5

**Pente externe de Pigeon**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,5	2	11	6	3	0	0	22,5
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	1,5	2	0,5	4
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	5	7,5	14	8	0	0	35,5
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,5	2,5	0	3
<i>Sparisoma viride</i>	0,5	1	0,5	2,5	8,5	9	0,5	22,5
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	1,5	19,5	6	0	0	0	27
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0,5	0	0	0	0	0,5
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0,5	8	6,5	0	0	0	15

**Pente externe de la Passe à Colas**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	46	70	83,5	19	5	0	0	114
<i>Scarus taeniopterus</i>	13	12	20	5,5	3,5	3	0	18,5
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	12	11,5	30	24	8	8,5	0	55
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	10	12,5	5,5	12	8,5	3,5	0	33,5
<i>Acanthurus bahianus</i>	4	3	17	5,5	4	0	0	21
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	4	2,5	4	1	1,5	0	0	8,5

ANNEXE VI-1 (suite)

**Pigeon (-3 m)**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	2	0	0	0	2
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	5	20	9	0	0	34
<i>Scarus vetula</i>	0	0	1	1	8	2	0	12
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	2	9	0	0	0	11
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0	4	1	0	5
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	3	12	10	0	0	0	25
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	33	37	0	0	0	70

**Pigeon (-10 m)**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	43	7	10	11	6	0	0	77
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	2	3	17	2	0	0	25
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	4	1	0	1	11	5	1	23
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0	15	11	0	0	0	26
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	2	5	4	0	0	0	11
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	2	3	4	0	0	0	9

**Pigeon (-15 m)**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	4	0	4	7	3	0	0	18
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	1	23	5	0	0	29
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0	15	2	1	18
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	2	15	1	0	0	0	18
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	3	5	0	0	0	8

**Pigeon (-20 m)**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	3	1	1	6	3	0	0	14
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	2	11	5	2	0	20
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	1	9	6	3	19
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0	2	4	0	0	0	6
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	1	1	7	0	0	0	9

**Pigeon (-30 m)**

Espèces	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	1	1	13	4	1	0	0	20
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	4	11	1	0	0	16
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	1	0	6	1	1	9
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0	7	1	0	0	0	8
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	1	3	0	0	0	4
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	0	4	0	0	0	4

## ANNEXE VI-2

**Platier de Gosier**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0,001	0,013	0,040	0,011	0	0	0	0,065
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0,008	0,028	0,002	0	0	0	0,038
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,005	0,005	0	0	0	0,010
<i>Sparisoma chrysopteron</i>	0,001	0,005	0,005	0,021	0	0	0	0,032
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,001	0,003	0,007	0,006	0	0	0,017
<i>Sparisoma viride</i>	0	0,001	0,003	0,009	0,008	0	0	0,020
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,026	0,029	0,085	0,002	0	0	0	0,142
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0,002	0,005	0	0	0	0	0,007
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0,002	0,049	0,015	0	0	0	0,067
							Somme	0,397

**Platier de Port Louis**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0,002	0,055	0,061	0	0	0	0,118
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,006	0,017	0	0	0	0,023
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma chrysopteron</i>	0	0,002	0,009	0,009	0,010	0	0	0,031
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,003	0,010	0,010	0,012	0	0	0,034
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,006	0,007	0,008	0	0	0,020
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,001	0,016	0,036	0,004	0	0	0	0,058
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0,006	0,146	0,536	0,011	0	0	0,700
							Somme	0,983

**Platier de Pigeon**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0,002	0,044	0,013	0	0	0,059
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,037	0,225	0,026	0,036	0	0,324
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0,002	0,049	0,268	0,201	0,034	0,554
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,009	0,069	0	0	0	0,078
<i>Sparisoma chrysopteron</i>	0	0	0,006	0,007	0,020	0,026	0	0,059
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,001	0	0	0,069	0,014	0	0,084
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,001	0,022	0,243	0,259	0	0,525
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,012	0,036	0,325	0,058	0	0	0	0,431
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0,014	0	0	0	0	0,014
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0,001	0,137	0,280	0	0	0	0,418
							Somme	2,546

ANNEXE VI-2 (suite)

**Platier de la Pointe des Châteaux**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0,002	0,051	0,002	0	0	0	0,056
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0,001	0,006	0,002	0	0	0	0,010
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0,001	0,006	0	0	0	0	0,012
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,001	0,006	0,002	0	0	0	0,010
<i>Sparisoma viride</i>	0	0,001	0,005	0,009	0,008	0	0	0,022
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,021	0,030	0,066	0,082	0	0	0	0,199
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0,003	0	0	0	0	0	0,101
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0,003	0,030	0,203	0	0	0	0,247
							Somme	0,675

**Platier de la Caye à Dupont**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0,008	0,073	0,040	0	0	0	0,134
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0,001	0,004	0,017	0,020	0,013	0	0,054
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,003	0,011	0,052	0,104	0	0	0,171
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,003	0,011	0,030	0	0	0,045
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,008	0,055	0,273	0	0	0	0	0,335
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0,001	0,096	0,356	0	0	0	0,453
							Somme	1,753

**Platier de Fajou**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0,135	0,229	0,135	0	0	0,507
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,027	0,004	0	0	0	0,031
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0,008	0	0	0	0,008
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,002	0,023	0	0	0	0,025
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0,005	0,008	0,040	0	0	0,054
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,029	0	0	0,036
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,002	0,026	0,129	0	0	0,158
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,009	0,065	0,630	0,229	0	0	0	0,932
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0,125	0	0	0	0	0,250
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0,005	0,219	0,517	0	0	0	0,786
							Somme	2,787

## ANNEXE VI-2 (suite)

**Pente externe de Fajou**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0,013	0,068	0,042	0	0	0	0,123
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0,003	0,010	0,029	0	0	0	0,061
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,042	0,085	0	0	0	0,194
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,006	0,041	0	0,046
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,008	0,035	0,137	0,281	0,046	0,506
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0,017	0,122	0,024	0	0	0	0,163
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,002
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	0,053	0,019	0	0	0	0,073
							Somme	1,182

**Pente externe de Port Louis**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0,006	0,043	0,046	0	0	0	0,115
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,038
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0,001	0,004	0,005	0	0	0,010
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,004	0,017	0,046	0,043	0	0,110
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0,066	0,098	0	0	0	0	0,163
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	0,004	0,153	0,446	0	0	0,603
							Somme	1,495

**Pente externe de Pigeon**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,015	0,025	0,038	0	0	0,079
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0,020	0,067	0,034	0,121
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,010	0,043	0	0	0	0,119
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0,002	0	0	0	0,002
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,006	0,068	0	0,074
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0,011	0,129	0,389	0,046	0,575
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0,002	0,046	0,024	0	0	0	0,072
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0,001	0	0	0	0	0,001
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	0,021	0,050	0	0	0	0,071
							Somme	1,113

**Pente externe de la Passe à Colas**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0,113	0,080	0,064	0	0	0,262
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,027	0,023	0,045	0,107	0	0,203
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,040	0,073	0	0	0	0,355
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,004	0,052	0,129	0,151	0	0,337
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,006	0,005	0,040	0,022	0	0	0	0,108
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0,001	0,010	0,008	0	0	0	0,052
							Somme	1,317

ANNEXE VI-2 (suite)

**Pigeon (-3 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0,017	0	0	0	0,017
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,014	0,168	0	0	0	0,412
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0,1337	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,005	0,055	0	0	0	0,060
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0	0,121	0,08639	0	0,208
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0,009	0,056	0,080	0	0	0	0,146
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	0,171	0,567	0	0	0	0,738
							Somme	1,939

**Pigeon (-10 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,000
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,027	0,093	0	0	0	0,275
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0,009	0,334	0,43195	0,18341	0,958
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0	0,071	0,088	0	0	0	0,159
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0,001	0,016	0,061	0	0	0	0,078
							Somme	1,736

**Pigeon (-15 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,011	0,059	0,077	0	0	0,147
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0,026	0	0	0,026
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,003	0,140	0	0	0	0,222
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,023	0	0	0,023
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0	0,456	0,173	0,18341	0,812
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0,006	0,071	0,008	0	0	0	0,085
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	0,016	0,077	0	0	0	0,092
							Somme	1,406

**Pigeon (-20 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,003	0,051	0,077	0	0	0,130
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0,067	0	0,067
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,005	0,067	0	0	0	0,231
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0,054	0	0,054
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0,009	0,273	0,518	0,55023	1,351
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0	0,009	0,032	0	0	0	0,042
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	0,005	0,107	0	0	0	0,113
							Somme	1,987

**Pigeon (-30 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,035	0,034	0,026	0	0	0,095
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,011	0,067	0	0	0	0,094
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0,109	0	0,109
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,001	0	0,182	0,086	0,18341	0,453
<i>Acanthurus bahianus</i>	0	0	0,033	0,008	0	0	0	0,041
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0	0	0,005	0	0	0	0	0,033
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0	0	0	0,061	0	0	0	0,061
							Somme	0,886

## ANNEXE VI-3

Consommation par les poissons herbivores en fonction des classes de tailles en gramme de Carbone

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm
<i>Scarus iserti</i>	0,019	0,173	0,609	1,396	3,362	7,704	-
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,019	0,175	0,614	1,397	3,345	7,623	-
<i>Scarus vetula</i>	0,023	0,205	0,697	1,554	3,636	8,110	14,758
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,026	0,202	0,654	1,416	3,217	6,976	12,434
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,019	0,179	0,593	1,309	3,027	6,675	12,050
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,031	0,233	0,715	1,493	3,260	6,810	11,803
<i>Sparisoma viride</i>	0,023	0,205	0,697	1,554	3,636	8,110	14,764
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,019	0,175	0,595	1,328	3,113	6,954	-
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,019	0,185	0,650	1,487	3,574	8,172	-
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,026	0,220	0,732	1,615	3,730	8,220	-

Consommation par les poissons herbivores en fonction des classes de tailles en gramme d'algue

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm
<i>Scarus iserti</i>	0,048	0,428	1,504	3,447	8,301	19,023	-
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,048	0,432	1,515	3,450	8,259	18,821	-
<i>Scarus vetula</i>	0,056	0,507	1,720	3,836	8,978	20,024	36,440
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0,063	0,498	1,615	3,497	7,944	17,224	30,700
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0,048	0,442	1,464	3,233	7,473	16,482	29,752
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0,077	0,575	1,766	3,687	8,050	16,815	29,143
<i>Sparisoma viride</i>	0,056	0,507	1,720	3,836	8,978	20,024	36,454
<i>Acanthurus bahianus</i>	0,048	0,432	1,468	3,279	7,686	17,169	-
<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,048	0,456	1,604	3,672	8,824	20,177	-
<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,063	0,544	1,807	3,987	9,211	20,297	-

## ANNEXE VI-4

**Platier de Gosier**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0,002	0,039	0,124	0,032	0	0	0	0,197
<i>Scarus taeniopterus</i>	0,001	0,022	0,078	0,006	0	0	0	0,107
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0,001	0,015	0,014	0	0	0	0,029
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0,003	0,012	0,011	0,047	0	0	0	0,072
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,003	0,006	0,016	0,013	0	0	0,037
<i>Sparisoma viride</i>	0	0,002	0,007	0,023	0,020	0	0	0,053
							Somme	0,496

**Platier de Port Louis**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0,006	0,167	0,187	0	0	0	0,360
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0,001	0,017	0,047	0	0	0	0,065
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0,006	0,020	0,021	0,023	0	0	0,070
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,006	0,022	0,022	0,025	0	0	0,075
<i>Sparisoma viride</i>	0	0,001	0,015	0,018	0,020	0	0	0,054
							Somme	0,624

**Platier de Pigeon**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0,006	0,135	0,039	0	0	0,181
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,104	0,628	0,071	0	0	0,803
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0,008	0,164	0,891	0	0	1,063
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,029	0,211	0	0	0	0,240
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0,013	0,017	0,045	0,058	0	0,134
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,003	0	0	0,151	0,030	0	0,184
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,002	0,058	0,654	0,697	0	1,411
							Somme	4,016

## ANNEXE VI-4 (suite)

**Platier de la Pointe des Châteaux**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0,007	0,157	0,006	0	0	0	0,171
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0,004	0,017	0,006	0	0	0	0,027
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0,001	0	0	0	0	0	0,001
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0,001	0,001	0,013	0	0	0	0	0,027
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,003	0,014	0,005	0	0	0	0,022
<i>Sparisoma viride</i>	0	0,002	0,013	0,023	0,020	0	0	0,059
							Somme	0,367

**Platier de la Caye à Dupont**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0,001	0,024	0,225	0,122	0	0	0	0,412
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,064
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0,002	0,009	0,038	0,045	0	0	0,124
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0,006	0,025	0,114	0,227	0	0	0,373
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,009	0,029	0,082	0	0	0,120
							Somme	1,093

**Platier de Fajou**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0,413	0,702	0,414	0	0	1,555
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,076	0,012	0	0	0	0,088
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0,026	0	0	0	0,026
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,006	0,070	0	0	0	0,078
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0,011	0,017	0,090	0	0	0,122
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,063	0	0	0,079
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,006	0,070	0,347	0	0	0,425
							Somme	2,372

## ANNEXE VI-4 (suite)

**Pente externe de Fajou**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0,001	0,039	0,209	0,129	0	0	0	0,377
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0,007	0,029	0,082	0	0	0	0,171
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0,007	0,131	0,263	0	0	0	0,598
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,013	0	0	0,102
<i>Sparisoma viride</i>	0	0,001	0,021	0,094	0,368	1	0	1,362
							Somme	2,654

**Pente externe de Port Louis**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0,018	0,132	0,142	0	0	0	0,352
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,107
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,043
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,336
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0,002	0,009	0,011	0	0	0,022
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,010	0,047	0,123	0	0	0,296
							Somme	1,156

**Pente externe de Pigeon**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,042	0,070	0,107	0	0	0,220
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0,065	0	0	0,402
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,031	0,132	0	0	0	0,366
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0,000	0,004	0	0	0	0,004
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,013	0,148	0	0,161
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,001	0,029	0,347	1,046	0	1,547
							Somme	2,699

**Pente externe de la Passe à Colas**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0,345	0,245	0,197	0	0	0,804
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,076	0,065	0,125	0	0	0,566
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,124	0,226	0	1	0	1,094
<i>Sparisoma chrysopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,010	0,140	0,347	0,407	0	0,906
							Somme	3,369

## ANNEXE VI-4 (suite)

**Pigeon (-3 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0,052	0	0	0	0,052
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,038	0,469	1	0	0	1,149
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,017	0,169	0	0	0	0,186
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0	0,327	0	0	0,559
							Somme	3,137

**Pigeon (-10 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0,003	0,076	0,258	0	0	0	0,766
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,174
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,450
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0,023	0,899	1	0	2,578
							Somme	3,967

**Pigeon (-15 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,030	0,164	0,214	0	0	0,409
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0,087	0	0	0,087
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,008	0,432	0	0	0	0,683
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0,050	0	0	0,050
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0	1,225	0,465	0	2,184
							Somme	3,413

**Pigeon (-20 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,008	0,141	0,214	0	0	0,363
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,223
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,017	0,207	0	0	0	0,711
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0,119	0	0,119
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0	0,023	0,735	1,394	1,480	3,633
							Somme	5,048

**Pigeon (-30 m)**

Classes de taille	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	Somme
<i>Scarus iserti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scarus taeniopterus</i>	0	0	0,099	0,094	0,071	0	0	0,264
<i>Scarus vetula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	0	0	0,033	0,207	0	0	0	0,288
<i>Sparisoma chrysopterum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	0	0	0	0	0,237	0	0,237
<i>Sparisoma viride</i>	0	0	0,003	0	0,490	0,232	0	1,219
							Somme	2,010