

Variations temporelles des populations de poissons de trois habitats de la Baie de St Vincent (Nouvelle-Calédonie) : récifs coralliens, fonds meubles et mangroves

*Temporal patterns of fish populations in three habitats
of the St Vincent Bay area (New Caledonia) :
coral reefs, soft bottoms and mangroves*

P. Thollot, M. Kulbicki & L. Wantiez

Centre ORSTOM de Nouméa
B.P. A5, Nouméa Nouvelle-Calédonie

Résumé : Trois habitats, récifs coralliens, substrats meubles et mangroves ont été échantillonnés mensuellement en 1989 dans la zone de la baie de St Vincent. Les 565 espèces de poissons prélevées avaient la distribution suivante : 344 espèces sur les récifs coralliens, 233 espèces sur les substrats meubles et 140 espèces dans les mangroves. Le nombre d'espèces par habitat ne montrait pas de changement notable avec le temps, cependant la composition spécifique variait de façon marquée d'un mois à l'autre dans chacun des trois habitats. La superposition entre la composition spécifique de ces habitats était maximale entre les fonds meubles et les mangroves (index de similarité de Kulczynski, IK = 30,86%) et minimale entre les récifs coralliens et les mangroves (IK = 21,61%). Il y eut de très importantes variations mensuelles dans la nature de ces chevauchements. Les données indiquent que les espèces communes peuvent être classées en trois groupes. Le premier groupe se compose d'espèces sédentaires qui peuvent être trouvées dans différents habitats, à l'exemple des Holocentridae et des Lutjanidae. Le second groupe est composé d'espèces qui peuvent être trouvées sous la forme de juvéniles dans un habitat et comme adultes dans un autre. C'est le cas de plusieurs espèces de Serranidae, Lutjanidae et Sphyraenidae. Le troisième groupe est composé d'espèces qui migrent entre les habitats pour la reproduction ou pour des raisons trophiques. Ceci a été observé pour *Sillago spp.*, *Pomadasys argenteus*, *Trichiurus lepturus*, quelques *Leiognathidae*, *Mullidae* et *Gerreidae*.

Mots clés : populations de poissons, composition spécifique, récifs coralliens, fonds meubles, mangroves, Nouvelle-Calédonie.

Abstract : Three habitats, coral reefs, soft bottoms and mangroves were sampled monthly during 1989 in the St-Vincent bay area. A total of 565 species of fish were collected and are distributed as follow : 344 species on coral reefs, 233 species on soft bottoms and 140 species in the mangroves. The number of species per habitat showed no noticeable changes with time, however the species composition varied markedly from one month to the next in all three habitats. The overlap between the species composition of these habitats was maximum between soft bottoms and mangroves (Kulczynski's similarity index, IK= 30,87%) and minimum between coral reefs and mangroves (IK= 21,61%). There were important monthly variations in the nature of these overlaps. The data indicate that species in common can be classified into three groups. The first group are sedentary species which may be found in different habitats. Examples are given by species of Holocentridae and Lutjanidae. The second group are species which may be found as juveniles in one habitat and as adults in another. This is the case of several species of Serranidae, Lutjanidae and Sphyraenidae. The third group are species which migrate between habitats for reproduction or for trophic reasons. This has been observed for *Sillago spp.*, *Pomadasys argenteus*, *Trichiurus lepturus*, some *Leiognathidae*, *Mullidae* and *Gerreidae*.

Key words : fish populations, species composition, coral reefs, soft bottoms, mangroves, New Caledonia.

Introduction

A ce jour, dans l'Indo-Pacifique, seules un petit nombre d'études ont concerné les interactions pouvant exister entre les populations de poissons des récifs coralliens et la faune ichthyologique des habitats voisins comme les fonds meubles et les mangroves (Quinn & Kojis, 1985; Blaber *et al.*, 1985; Birkeland & Amesbury, 1987; James *et al.*, 1988; Thollot & Kulbicki, 1988). Ces interactions auraient une ampleur plus faible dans le Pacifique que dans les Caraïbes (Birkeland & Amesbury, 1987; Thollot & Kulbicki, 1988), mais on ne possède que peu d'informations sur les variations temporelles. Le but de cette étude est d'étudier les similitudes entre les compositions spécifiques mensuelles de trois habitats, récifs coralliens, fonds meubles et mangroves, dans la baie de St Vincent. Cette étude pourrait permettre de répondre à certaines questions

Introduction

At the present, in the Indo-Pacific, only a little number of studies have looked at the interactions which may exist between coral reef fish populations and the fish fauna of nearby habitats such as soft bottoms and mangroves (Quinn & Kojis, 1985; Blaber *et al.*, 1985; Birkeland & Amesbury, 1987; James *et al.*, 1988; Thollot & Kulbicki, 1988). The extent of these interactions are thought to be of smaller magnitude in the Pacific than in the Caribbean (Birkeland & Amesbury, 1987; Thollot & Kulbicki, 1988), but nothing is known of these variations through time. The purpose of the present study is to look at the monthly overlap in species composition of three habitats : coral reefs, soft bottoms and mangroves, in the St Vincent Bay area (New Caledonia). This work should bring some ans-



se rapportant à la gestion des zones récifales et côtières et notamment : les mangroves sont-elles des sanctuaires et des nurseries pour les populations de poissons et, si oui, à quel point? Les fonds meubles sont-ils un relais entre les mangroves et les récifs coralliens? Jouent-ils un rôle dans le transfert d'énergie de l'un à l'autre?

Matériels et méthodes

Zone étudiée

La baie de St Vincent est caractérisée par une importante arrivée d'eau venant des rivières Tamoia, Tontouta et Ouenghi (fig. 1). Des récifs coralliens de plusieurs types y sont présents : récifs frangeants, îles lagonaires avec récifs frangeants et récifs barrières. La zone dragable est di-

vers to management problems of coastal and reef areas. In particular, are mangrove sanctuaries and nurseries for other fish populations ? If so, to what extent ? Are soft bottoms a relay between mangroves and coral reefs ? Do they act in transferring energy from one to another ?

Materials and method

Study area

St Vincent Bay is characterized by an important water flow coming from the Tamoia, Tontouta and the Ouenghi rivers (fig. 1). Coral reefs of several types occur : inshore fringing reefs, middle lagoon island fringing reefs and barrier reefs. The trawlable area is divided

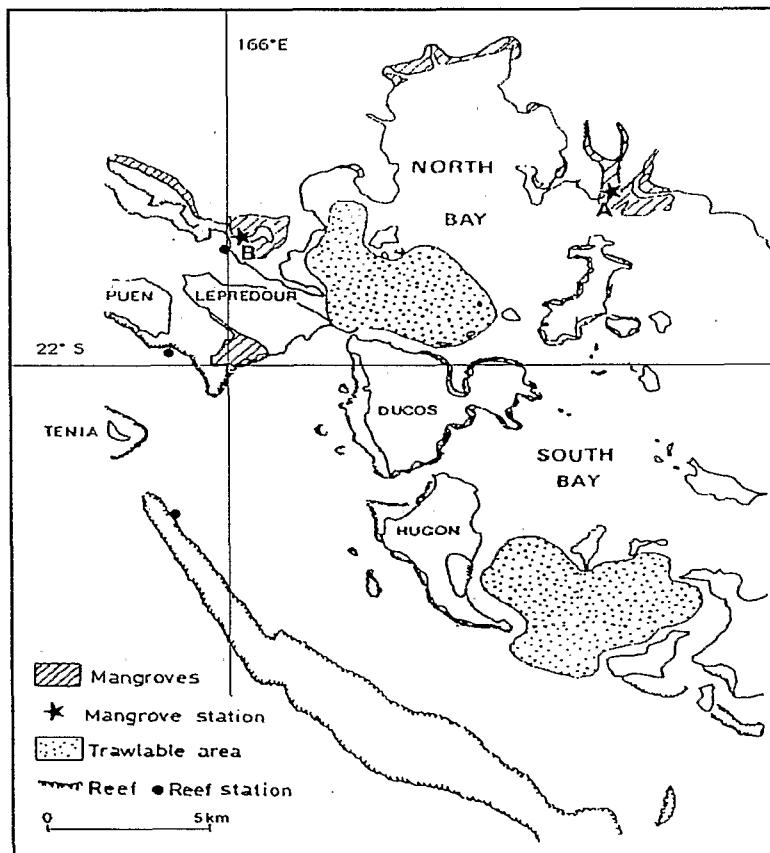


Figure 1. Emplacement des sites de prélèvement dans les différents habitats de la baie de St Vincent (Nouvelle-Calédonie).
Figure 1. Location of sampling sites in the different habitats of St Vincent Bay area (New Caledonia).

visée en deux zones, la baie sud et la baie nord qui couvrent une zone de 30 km² de fond chalutable (25% de l'aire totale de la baie). La mangrove est relativement développée (26,7 km²) et couvre environ 35% de la ligne de rivage de la baie (bien plus si l'on excepte les îles). Plusieurs types de mangroves sont présents, les mangroves abritées et d'estuaires étant les plus développées. Les récifs coralliens ont été étudiées mensuellement en trois stations : une sur un récif frangeant interne près de la mangrove abritée à Bouraké, la deuxième le long du récif frangeant d'une île au milieu du lagon et la troisième sur le côté interne de la barrière récifale (fig. 1). Les 3 stations sont situées entre 3 et 5 m de profondeur. Deux transects permanents de 50 m chacuns étaient échantillonés à chaque station. Deux plongeurs, un de chaque côté

in two zones, the south bay and the north bay which cover a total of 30 km² of trawlable ground (25% of the total bay area). The mangroves are quite extensive (26.7 km²) and represent approximatively 35% of the shoreline in the bay (much more if we do not consider the island shorelines). Several types of mangroves are present, the estuarine and sheltered mangroves types being the most developed. Coral reefs were surveyed monthly by visual censuses on three stations : one on an inshore fringing reef close to the sheltered bay mangrove in Bouraké, the second along the fringing reef of a middle lagoon island and the third on the inner side of the barrier reef (fig. 1). All three stations were between 3 and 5 m deep. Two permanent transects of 50 m each were sampled on each

du transect, notaient tous les poissons observés, ainsi que leur taille et la distance au transect. Les fonds meubles étaient échantillonnés par chalutage. Dans la baie nord et dans la baie sud, deux traits de chalut à poissons et deux traits de chalut à crevettes étaient réalisés chaque mois, sauf en juillet pour des raisons techniques (fig. 1). Chaque trait durait trente minutes. Le filet du chalut à poisson avait une corde de traîne de 16,4 m et une maille de 25 mm à son extrémité. La vitesse de chalutage était de 3 noeuds. Le chalut à crevette avait une corde de traîne de 14 m et une maille de 20 mm à son extrémité. La vitesse de chalutage était de 2,3 noeuds. Tous les poissons péchés étaient triés par espèce, pesés et comptés.

station. Two divers, one one each side of the transect, recorded all fish seen along with their size and distance to the transect. Soft bottoms were surveyed by trawling. In the south bay and in the north bay, two fish trawl and two shrimp trawl hauls were performed monthly, except in July 1989 for technical reasons (fig. 1). Each haul lasted half an hour. The fish trawl net had a 16.4 m head rope and a 25 mm mesh at the cod end. The trawling speed was on average 3 knots. The shrimp trawl net had a 14 m head rope and a 20 mm mesh at the cod end. The trawling speed was on average 2.3 knots. All fish caught were sorted to the species level, weighed and counted.

Tableau 1. Caractéristiques principales de la composition spécifique des trois habitats (seules les familles comportant plus de 7 taxa sont détaillées ici, suivant la classification des familles de Nelson, 1984)^(*) incluant les Monacanthidae, famille actuellement abandonnée). **Table 1.** Main characteristics of the species composition of the three habitats (only families with more than 7 taxa are detailed here following the family order to Nelson 1984)^(*) including the Monacanthidae, a family no more in use).

Familles (Families)	Récifs coralliens (Coral Reefs)	Fonds meubles (Soft bottoms)	Mangroves (Mangroves)	Total
Clupeidae	1	6	5	12
Synodontidae	4	7	2	7
Holocentridae	12	-	2	12
Serranidae	20	7	7	25
Apogonidae	6	7	9	21
Carangidae	9	16	6	19
Leiognathidae	-	9	6	9
Lutjanidae	10	7	4	14
Haemulidae	6	2	5	9
Lethrinidae	8	7	6	16
Nemipteridae	4	4	-	7
Mullidae	12	14	4	21
Chaetodontidae	28	2	5	29
Pomacentridae	47	10	2	49
Mugilidae	-	2	7	7
Sphyraenidae	-	10	4	12
Labridae	52	6	-	55
Scaridae	15	1	1	15
Blennidae	6	2	-	7
Gobiidae	8	4	5	14
Acanthuridae	20	2	4	20
Siganidae	9	4	2	9
Balistidae	8	5	-	11
Tetraodontidae	4	10	3	12
Nombre total de familles (Total number of families)	43	61	48	80
Nombre total d'espèces (Total number of species)	344	233	140	565

En 1989, deux stations de la mangrove ont été échantillonnées : une (station A) dans le delta des rivières Nongoro-Ouenghi, une autre dans la mangrove de Boukaré (station B), une baie abritée proche du récif frangeant (fig.1). Dans chaque site, trois filets maillants (chacun mesurant 100 m de long et 3 m de haut) étaient placés en bordure de la mangrove. Les mailles des filets étaient respectivement de 40, 70 et 80 mm. Ces filets étaient placés à la fin de la marée montante et retirés à marée basse

During 1989, two stations were sampled monthly in the mangroves : one (station A) in the Nongoro-Ouenghi delta system and another (station B) in Bouraké mangrove, a sheltered embayment close to a fringing reef (fig. 1). On each site, 3 gill nets (100 m long, 3 m high each) were set at the border of the mangrove. Stretched mesh sizes were respectively 40, 70 and 80 mm. These nets were set at the end of the incoming tide and withdrawn at low tide over a 48

après une période de 48 heures. Un filet (fike net) avec un filet barrière de 50 m (plus petite maille : 15 mm) était placé pendant 48 heures le long de la mangrove, les prises étant récupérées toutes les 24 heures. Tous les poissons capturés étaient triés par espèce, pesés et dénombrés.

Analyse des données

Les poissons inventoriés dans chaque habitat ont été qualitativement comparés les uns aux autres. L'index de similitude de Kulczynski (I_K), qui n'est pas sensible au grande différences entre le nombre des espèces comparées (Blanc *et al.*, 1976), a été choisi et calculé sur ordinateur d'après la formule :

$$I_K = 0.5 ((S/(S+U)+(S/(S+V))) 100$$

avec : S = nombre d'espèces communes aux inventaires A et B; U = nombre d'espèces recensées seulement en A; V = nombre d'espèces recensées seulement en B.

hours period. A fike net with a 50 m barrier net (smallest stretched mesh size, 15 mm) was set for 48 hours along the mangrove, the catch being retrieved every 24 hours. All fish caught were sorted to the species level, weighed and counted.

Data analysis

Fish fauna inventories of each habitat were qualitatively compared with one another. Kulczynski's similarity index (I_K), which is not sensitive to large differences between the number of species compared (Blanc *et al.*, 1976), was selected and computed following the formula :

$$I_K = 0.5 ((S/(S+U)+(S/(S+V))) 100$$

with : S = number of species common to A and B inventories; U = number of species recorded only in A; V = number of species recorded only in inventory B.

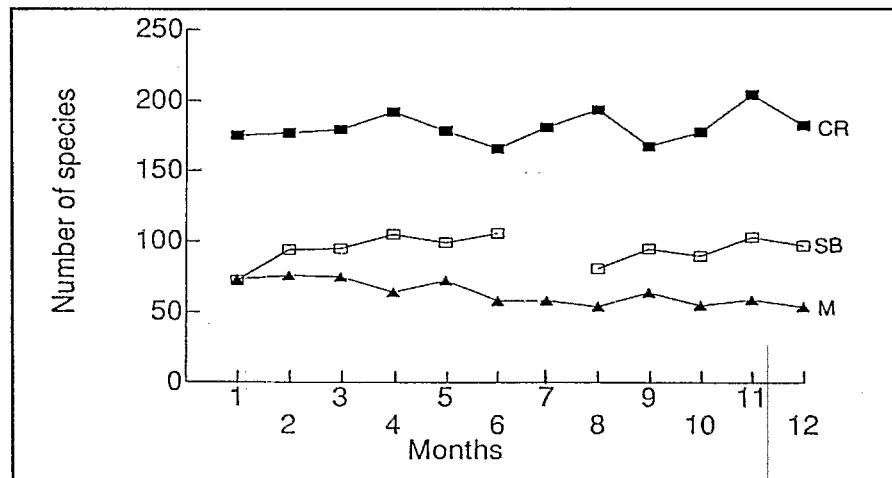


Figure 2. Variations temporelles de la richesse spécifique par habitat.
Figure 2. Temporal variations of the species richness per habitat.

L'aspect saisonnier des données était pris en compte par le test du chi-carré en comparant la distribution mensuelle du nombre d'espèces par habitat (ou le nombre d'espèces commun à deux habitats) à une distribution théorique sans variation saisonnière (nombre égal d'espèces pendant chaque mois). Lorsqu'il n'y avait pas de variation saisonnière, les données étaient rassemblées sur une base annuelle et le test du chi-carré était utilisé pour mettre en évidence des différences significatives du nombre des espèces selon les habitats (ou entre les chavauchements d'habitats). Des tests G modifiés, y compris la correction continue de Yate pour des petits échantillons, ont été mis en oeuvre pour déterminer si la distribution des groupes d'espèces se chevauchant pour une interaction donnée de deux habitats était aléatoire. Si elle n'était pas significative, les groupes étaient classés. Pour plus de détail se référer à Sokal & Rohlf (1981) et Siegel & Castellan (1988).

Résultats

Le tableau 1 indique que un total de 565 taxons ont été identifiés dans les trois habitats pour toute l'année. Les récifs coralliens avec 344 espèces, les fonds meubles 233 espèces et les

Seasonality of the data was looked for using chi-square tests performed comparing the monthly distribution of the number of species per habitat (or the number of species overlapping two habitats) to a theoretic distribution with no seasonal variation (equal number of species each month). When seasonality was absent, data was pooled over the year and chi-square test was used to reveal significant differences of the number of species between habitat (or between habitat overlap). Modified G tests, including Yate's continuity correction for small sample size, were conducted to determine if the distribution of overlapping species group for a given interaction of two habitats was random. If significantly not, groups were ranked. Details, computations and use are given by Sokal & Rohlf (1981) and Siegel & Castellan (1988).

Results

Table 1 indicates that a total of 565 taxa were identified for all three habitats over the year. Coral reefs yielded 344 species, soft bottoms 233 species and

mangroves 144 espèces. Les principales familles (avec plus de 7 espèces) figurent dans le tableau 1. Les récifs coralliens montrent la plus grande diversité spécifique mais ont moins de familles (41) que la mangrove (48) et que les fonds meubles (61). Un certain nombre de familles importantes sont absentes des 3 habitats. Ainsi, les Leiognathidae, les Mugilidae et les Sphyraenidae n'ont pas été identifiés dans les récifs coralliens tandis que les Holocentridae étaient absents des chalutages et les Nemipteridae,

mangroves 144 species. The main families (those with more than 7 species) are given (tab. 1). Coral reefs, which show the greatest species diversity, had less families (41) than mangroves (48) and soft bottoms (61). A number of the major families are absent from one of the three habitats. Thus, Leiognathidae, Mugilidae and Sphyraenidae were not detected on coral reefs, whereas Holocentridae were absent from the trawlings and Nemipteridae, Labridae, Blennidae

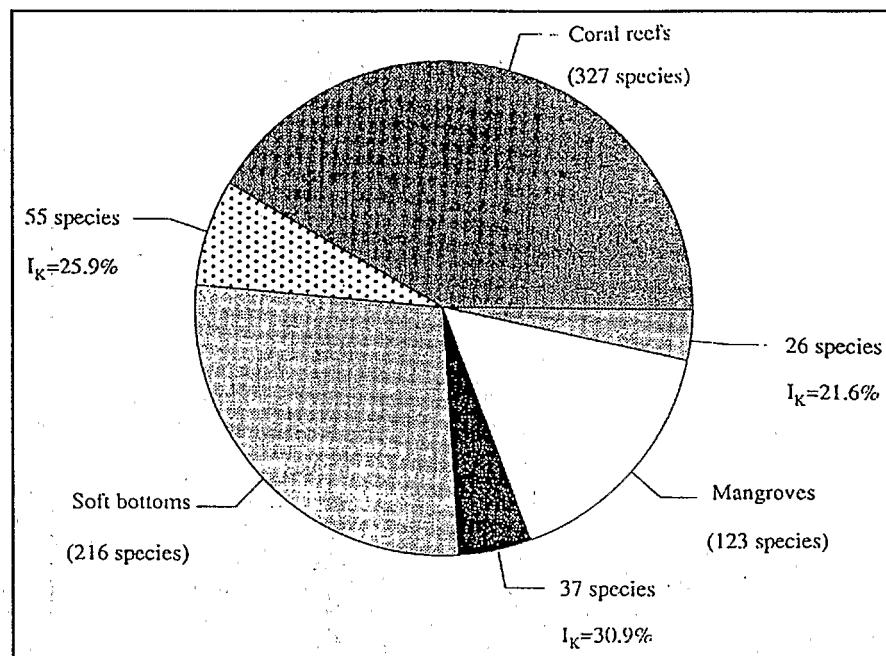


Figure 3. Recouvrement des espèces entre les récifs coralliens, substrats meubles et mangroves.
Figure 3. Species overlap between coral reefs, soft bottoms and mangroves.

Labridae, Blennidae et Balistidae de la mangrove. Certaines familles importantes forment plus de 75% des taxa d'un seul habitat : c'est le cas des Pomacentridae, Labridae, Scaridae, Acanthuridae et Siganidae pour les milieux coralliens. En comparaison, les quatre familles des Synodontidae, Carangidae, Leiognathidae et Tetraodontidae) ont le même statut pour les fonds meubles, mais une seule famille, celle des Mugilidae, pour les mangroves. Les variations mensuelles de richesse spécifique pour les trois habitats sont présentées dans la figure 2.

Aucune caractéristique saisonnière n'a été détectée (test du chi-carré avec $\alpha > 0.05$). Il était possible de regrouper le nombre mensuel d'espèces et de comparer la richesse spécifique de l'année par habitat. Les valeurs du chi-carré montraient des différences significatives entre les habitats ($\alpha \leq 0.001$). Les récifs coralliens ont une faune de poissons plus spécifique que celle des fonds meubles et des mangroves (respectivement 344, 233 et 140 espèces), d'après les valeurs du chi-carré ($\alpha \leq 0.01$). Les chevauchements sont illustrés dans la figure 3. En terme de similarité, le chevauchement le plus marqué se produit entre mangroves et substrats meubles ($IK = 30,87\%$), le moins marqué entre mangroves et récifs coralliens ($IK = 21,67\%$), l'index de similarité de Kulczynski étant intermédiaire dans le cas d'une comparaison récifs coralliens/substrats meublés ($IK = 25,9\%$). Les figures 4a & b montrent les variations mensuelles de ces chevauchements. Il n'a pas été possible de mettre en évidence de

and Balistidae from the mangrove catch. Some of the important families are represented by more than 75% of the taxa in one habitat. It is the case of five families, Pomacentridae, Labridae, Scaridae, Acanthuridae and Siganidae on the coral reefs. In comparison, four families (Synodontidae, Carangidae, Leiognathidae and Tetraodontidae) had a similar status for the soft bottoms and only one, the Mugilidae, in the mangrove. Monthly variations in the species richness for all three habitats are shown in figure 2.

No significant seasonality was detected (chi-square tests with $\alpha > 0.05$). Thus, monthly number of species could be pooled and species richness per habitat for all the year were compared. Results of the chi-square test indicate that there was significant differences between habitats ($\alpha \leq 0.001$). Coral reefs have a more speciose fish fauna than soft bottoms and mangroves (respectively 344, 233 and 140 species), as detected by chi-square tests ($\alpha \leq 0.01$). Their global overlaps are illustrated by figure 3.

In terms of similarity, the largest overlap occurs between mangroves and soft bottoms ($IK = 30,87\%$), the minimal overlap between mangroves and coral reefs ($IK = 21,67\%$), Kulczynski's similarity index value being intermediate for the coral reefs/soft bottoms comparison ($IK = 25,9\%$). Figures 4a and 4b show the monthly variations of these overlaps. Again, no

Tableau 2. Regroupement des espèces selon leur cycle (Seules les espèces comportant trois recouvrements ou plus sont prises en compte. Groupe 1: espèces sédentaires, groupe 2: espèces migrant quand elles sont adultes; espèces transitoires. Stades du cycle : A = adultes; B = juvéniles)(°: espèces économiquement importantes, commercialisées fraîches ou utilisées comme appât).

Table 2. Grouping of the overlapping species according to their life history (Only species with three or more overlaps were considered. Group 1 : sedentary species; group 2 : species migrating when adult; group 3 : transient species. Life history stages: A= adult; J= juvenile)(°: economically important species - marketed fresh or used as baitfish).

Espèces (Species)	Mangrove (Mangrove)	Fonds meubles (Soft bottoms)	Récifs coralliens (Coral Reefs)	Groupes (Groups)
<i>Chaetodon auriga</i>	A	J-A	J-A	1/2
<i>Siganus canalicatus</i> °	J-A	J	J-A	2/3
<i>Uoeneus tragula</i> °	A	J-A	A	2
<i>Arothron manillensis</i>	J	A	-	2
<i>Gazza minuta</i> °	J	J-A	-	2
<i>Gerres filamentosus</i> °	J-A	J-A	-	3
<i>Gerres ovatus</i> °	J-A	A	-	2
<i>Leiognathus equulus</i>	J-A	J-A	-	3
<i>Leiognathus fasciatus</i>	J-A	A	-	3
<i>Leiognathus leuciscus</i>	J-A	J-A	-	3
<i>Leiognathus splendens</i>	J-A	J-A	-	3
<i>Lethrinus nebulosus</i> °	J	A	-	2
<i>Polydactylus microstoma</i>	A	J-A	-	3
<i>Pomadasys argenteus</i> °	J-A	A	-	3
<i>Scomberoides tol</i> °	J	J	-	2
<i>Secutor ruconius</i>	A	J-A	-	2/3
<i>Sillago ciliata</i> °	J-A	A	-	3
<i>Sillago sihama</i> °	J-A	A	-	3
<i>Sphyraena putnamiae</i>	J	J	-	2/3
<i>Stolephorus indicus</i> °	J-A	J-A	-	3
<i>Trichiurus lepturus</i>	A	J-A	-	3
<i>Upeneus vittatus</i> °	A	J-A	-	3
<i>Acanthurus blochii</i> °	J	-	J-A	2
<i>Caranx melampygus</i> °	J	-	A	2
<i>Epinephelus malabaricus</i> °	J-A	-	A	2
<i>Lethrinus harak</i> °	J-A	-	A	1/2
<i>Lutjanus argentimaculatus</i> °	J-A	-	A	2
<i>Lutjanus fulvus</i>	J	-	A	2
<i>Lutjanus russelli</i>	J	-	J-A	2
<i>Neoniphon sammara</i>	A	-	A	2
<i>Parupeneus indicus</i> °	A	-	J-A	1/3
<i>Sargocentron rubrum</i>	A	-	A	1
<i>Scarus ghobban</i> °	J	-	J-A	1
<i>Centropyge tybicens</i>	-	J-A	J-A	1
<i>Dacillus aruanus</i>	-	J-A	J-A	1
<i>Diagramma pictum</i> °	-	J	A	2
<i>Diodon hystrix</i>	-	A	A	1
<i>Heniochus acuminatus</i>	-	J	J-A	2
<i>Lutjanus quinquefasciatus</i>	-	A	A	1
<i>Lutjanus vittus</i> °	-	J-A	A	1
<i>Ostracion cubicus</i>	-	A	J	2
<i>Parapercis cylindrica</i>	-	J-A	J-A	1
<i>Parupeneus pleurospilos</i> °	-	J-A	J-A	1
<i>Plectropomus leopardus</i> °	-	A	J-A	1
<i>Saurida undosquamis</i>	-	J-A	J	1
<i>Siganus argenteus</i> °	-	J	J-A	2

tendance saisonnière (test du chi-carré : $\alpha > 0.05$). Les espèces étaient significativement plus nombreuses (chi-carré : $\alpha < 0.05$) pour un chevauchement récifs coralliens -substrats meubles de 72 espèces que pour un chevauchement récifs coralliens-mangroves de 43 espèces.

seasonal trend were apparent (chi-square tests with $\alpha > 0.05$). Species were significantly more numerous (chi-square with $\alpha < 0.05$) for the coral reefs - soft bottoms overlap (72 species) than the coral reefs - mangroves overlap (43 species).

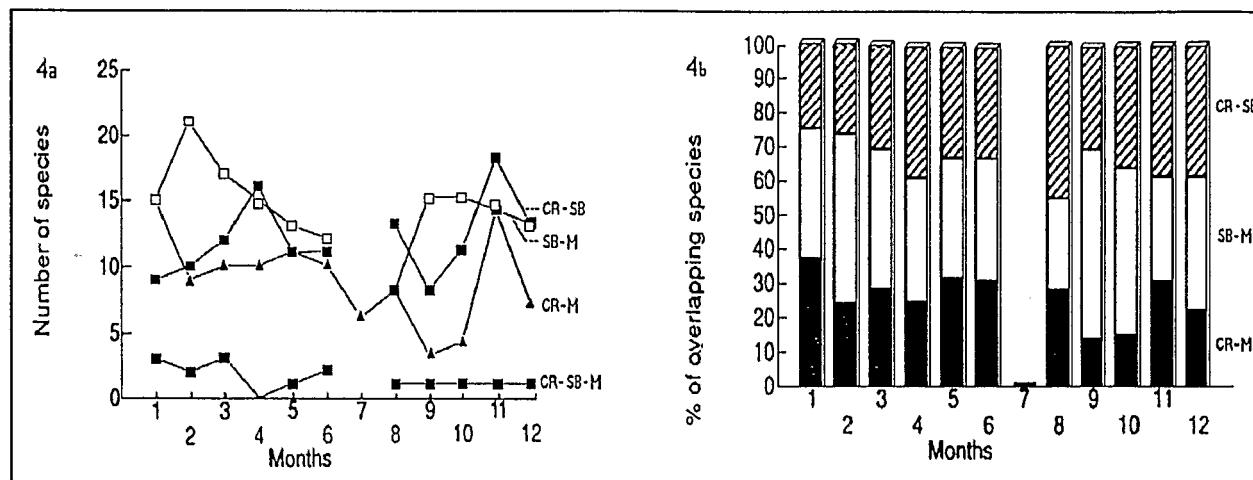


Figure 4a. variations temporelles du chevauchement des nombres d'espèces; **4b.** répartition mensuelle des espèces en fonction de leur chevauchement. **Figure 4a.** temporal variations of the overlapping species numbers; **4b.** monthly repartition of species according to their overlap.

Le tableau 2 indique les principales espèces se chevauchant. Ces espèces ont été classées en trois groupes selon les stades de leur cycle, leur alimentation et leur mode de reproduction. Les poissons du groupe 1 sont sédentaires, récoltés à la fois au stade adulte et au stade juvénile dans chaque habitat. Néanmoins, en raison de la sélectivité des diverses méthodes utilisées, il n'a pas toujours été possible d'échantillonner toutes les étapes du cycle de ces poissons. Le même problème s'est posé pour les espèces du groupe

Table 2 indicates the main overlapping species. These species have been classified into three groups according to their life history stages and their feeding and reproductive habits. Typically, fish of group 1 are sedentary species, found both as juveniles and adults in each habitat. However, due to the selectivity of the various methods in use, it was not always possible to collect all the life history stages of these fish. The same problem was also encountered for species of group 2,

Tableau 3. Distribution des poissons au sein des trois groupes en fonction du recouvrement du type d'habitat (les termes du tableau représentent les nombres d'espèces. 6 espèces ayant été rencontrées dans deux groupes différents, la moitié d'entre elles est attribuée au premier groupe et l'autre moitié au deuxième groupe. Les résultats des G tests - comprenant la correction de continuité de Yate - sont : ** = $\alpha \leq 0.01$; * = $\alpha \leq 0.05$; NS : non significatif).

Table 3. Distribution of fishes amongst the three groups according to the type of habitat overlap. (Terms in the table are numbers of species. As 6 species were encountered in two different groups, they were attributed for half to one group and half for the other. G tests - including Yate's continuity correction - results : ** = $\alpha \leq 0.01$; * = $\alpha \leq 0.05$; NS : non significant).

Chevauchement d'habitat (Habitat overlap)	Groupes (Groups)			G test
	1	2	3	
Mangrove - fonds meubles (Mangrove-soft bottoms)	0.5	8	13,5	**
Mangrove-récifs coralliens (Mangrove-coral reefs)	4.5	9.5	1	*
Récifs coralliens-fonds meubles (Coral reefs-soft bottoms)	7.5	6.5	2	NS

2 qui utilisent un habitat déterminé comme nurserie au début de leur cycle puis migrent vers un autre habitat quand ils sont adultes. C'est le cas des adultes de *Scomberoides tol* et de *Sphyraena putnamiae* qui ne sont pas capturés sur les substrats meubles bien qu'ils y soient parfois présents. Le dernier groupes d'espèces se chevauchant

which are species using a given habitat as a nursery site at early life stages and migrate to another habitat when they become adults. For instance, adults of *Scomberoides tol* and *Sphyraena putnamiae* were not caught on soft bottoms but are known to occur there. The last group of overlapping species is composed of

sont des espèces transitoires habituelles des migrations courtes pour se nourrir ou, moins souvent, pour se reproduire. La plupart des espèces furent classées sans mal dans un seul groupe (11, 17 et 13 espèces correspondant aux groupes 1, 2 et 3); néanmoins, 6 espèces avaient les caractéristiques de plusieurs groupes. Par exemple, *Parupeneus indicus* est connu pour rester dans la mangrove et près des récifs coralliens à tous les stades de son cycle, mais cette espèce ne peut être considérée comme sédentaire pendant la totalité de son cycle car il est possible de noter pour cette espèce des échanges entre la mangrove et les récifs voisins. Le tableau 3 indique que les groupes ne sont pas distribués au hasard entre la mangrove et les fonds meubles (G test à $\alpha < 0.01$), et entre les fonds meubles et récifs coralliens (G test à $\alpha < 0.05$), tandis qu'il n'y a pas de différence significative (au niveau 5%) dans la distribution des trois groupes entre récifs coralliens et mangroves. En particulier, il n'y a pas d'espèce du groupe 1 se partageant entre mangroves et fonds meubles alors qu'il y a un maximum d'espèces du groupe 3. A l'opposé, les espèces du groupe 1 se trouvent principalement partagées entre récifs coralliens et fonds meubles tandis que les espèces du groupe 3 sont faiblement représentées lorsque les récifs coralliens sont pris en compte. Les espèces du groupe 2 se trouvent tout autant dans les 3 interactions (tableau 3).

Discussion

Les caractéristiques de chaque habitat nécessiteraient l'usage de méthodes variées n'ayant pas la même sélectivité et donnent des images tronquées des communautés de poisson. Une conséquence est qu'un nombre d'espèces coexistant dans plusieurs habitats peuvent ne pas avoir été remarquées dans un de ces habitats. C'est aussi la raison pour laquelle la comparaison entre les estimations de biomasse et de densité des trois habitats n'a pas été réalisé au cours de cette étude. Ogden & Gladfelter (1982), Birkeland (1985) et Parrish (1987, 1989) ont revu les interactions au sein des eaux peu profondes des habitats tropicaux, Parish s'étant particulièrement intéressé aux liens mettant en cause les communautés de poissons. La plupart des observations sont basées sur des études décrivant les relations entre les récifs coralliens et les algues voisinnes (Ogden & Zieman, 1977; Harmelin-Vivien, 1983) ou entre les mangroves et les récifs proches (Austin, 1971; Austin & Austin, 1971; Lal *et al.*, 1984). Ces auteurs ont trouvé que les écosystèmes environnants pouvaient fournir de la nourriture et des emplacements de nurserie aux poissons des récifs. L'importance de la nourriture et de l'abri reste mal connue. Des données récentes indiquent que les liens entre les différents habitats côtiers tropicaux sont bien plus compliqués et bien moins importants qu'on ne le pensait auparavant. Par exemple, les étendues récifales corallines, à des kilomètres de distance des mangroves et des algues, réussissent à entretenir une faune de poissons riche et diversifiée; en conséquence, les zones d'eaux peu profondes pourvues de végétation joueraient le rôle de tampons pour corriger les excès de recrutement (Parrish, 1987, 1989). Ceci est appuyé par les découvertes de Quinn & Kojis (1985) qui

transient species usually involved in short term migrations for feeding and, to a lesser extent, for reproductive purposes. Most species were easily classified into a single group (11, 17 and 13 species corresponding to group 1, 2 and 3 respectively), however, in a few cases (6 species), the species had characteristics of several groups. For instance, Parupeneus indicus is known to stay in the mangrove areas and nearshore coral reefs at all stages of its life, but this species cannot be considered as a sedentary species during all its life cycle. Noticeable exchanges between mangrove and nearby reefs involving this species are likely to occur. Table 3 indicates that the groups are not distributed at random between mangroves and soft bottoms (G test at $\alpha < 0.01$), soft bottoms and coral reefs (G test at $\alpha < 0.05$), while there was no significant difference (at a 5% level) in the distribution of the three groups between coral reefs and mangroves. In particular, there is no species belonging to group 1 between mangroves and soft bottoms, but a maximum of species of group 3. On the opposite, species of group 1 are mainly found between coral reefs and soft bottoms while species of group 3 are weakly represented when coral reefs are involved. Species of group 2 are found in comparable numbers for all three interactions (table 3).

Discussion

The characteristics of each habitat called for the use of various methods which do not have the same selectivity and give truncated images of the fish communities. A consequence is that a number of species co-occurring in several habitats may have been missed in a given habitat. It is also for this reason that the comparison of density and biomass estimates in the three habitats was not conducted in the present study. Ogden & Gladfelter (1982), Birkeland (1985) and Parish (1987, 1989) have reviewed interactions in tropical shallow-water habitats, the later being focused on links involving fish communities.

*Most observations are based upon studies describing relationships between coral reefs and adjacent seagrass beds (Ogden & Zieman, 1977; Harmelin-Vivien, 1983) or mangroves and nearby reefs (Austin, 1971; Austin & Austin, 1971; Lal *et al.*, 1984). These authors found that surrounding ecosystems could provide efficient feeding and nursery grounds for reef fish species. The importance of food and shelter remains unclear and has not been assessed yet.*

Recent data indicate that the links between tropical coastal habitats are much more complicated and probably less important than it was previously thought. For instance, coral reef tracts, miles away from seagrass beds or mangroves, succeed to maintain a rich and diverse fish fauna; as a consequence, shallow water vegetated areas appear to act as buffers collecting excess of recruits (Parrish, 1987, 1989). This is supported by the findings of Quinn & Kojis (1985)

n'observent pas de différence entre les populations de poissons de deux estuaires de Papouasie Nouvelle-Guinée, une située près de récifs coralliens et l'autre éloignée de ces récifs. Dans les Caraïbes, Shulman & Ogden (1987) rapportent de fortes mortalités (99,8%) de *Haemulon flavolineatum* lors de leur recrutement sur du sable et dans des algueraines alors que les post-larves se fixant directement sur les récifs (5% du recrutement) survivaient et se développaient sur ces mêmes récifs. Ainsi, les liens entre les récifs coralliens, les algueraines et les mangroves seraient plus faibles qu'on ne le pensait et moins marqués dans le Pacifique que dans les Caraïbes (Birkeland & Amesbury, 1987), particulièrement dans le cas des fonds meubles (Thollot & Kulbicki, 1988).

Nos résultats impliquent que dans l'Indo-Pacifique les rapports entre les communautés de poissons des fonds meubles, des récifs coralliens et des mangroves ne sont pas importantes, ce qui confirme des observations antérieures (Thollot & Kulbicki, 1988). Dredge (1988) ne constate pas de similitudes entre les poissons récifaux et ceux des fonds chalutables proches de ces récifs au cours de chalutages réalisés sur la Grande Barrière. Les chevauchements entre les trois habitats étudiés indiquent que les trois communautés de poissons rencontrées pourraient être considérées en gros comme indépendante et presque auto suffisantes. Néanmoins, des liens existent et des migrations saisonnières ou journalières fournissaient des gains énergétiques nets à l'écosystème receveur. Le schéma observé ici suggère que le flux énergétique va des mangroves vers les récifs via les fonds meubles, ce qui confirme de précédents résultats (Thollot & Kulbicki, 1988). La classification des espèces chevauchantes en trois groupes a ses limites mais montre cependant sans ambiguïté que les relations entre récifs coralliens et mangroves ou fonds meubles sont de nature différente de ceux existant entre mangroves et fonds meubles. Les mangroves et le fonds meubles sont des zones de nurserie pour certaines espèces récifales et réciproquement, comme le montre l'importance du groupe 2 dans toutes les interactions entre habitats (tableau 3). En outre, il y a peu de migrations entre les récifs coralliens et les deux autres habitats à cause de la nourriture et de la reproduction. On s'attendait à détecter des variations saisonnières lors des chevauchements entre habitats, principalement en raison des phénomènes de recrutement et de reproduction, ainsi que cela se passe en milieu tempéré (Mc Erlean *et al.*, 1973) mais de telles variations n'ont pas été observées, peut-être à cause de l'extension de la période de reproduction en milieu tropical (Loubens, 1980). Il est également possible qu'une analyse plus fine soit nécessaire pour cela. Les résultats de notre étude impliquent que la destruction de la mangrove, écosystème mondialement menacé, aient un impact direct plus important sur la faune ichtyologique des fonds meubles que sur celle des récifs coralliens. Néanmoins, étant donné que les fonds meubles semblent jouer un rôle important dans les transferts d'énergie entre les poissons de la mangrove et des récifs coralliens, de telles modifications pourraient affecter les communautés récifales. Une analyse plus fine de la contribution des espèces chevauchantes aux flux d'énergie fournirait des informations

who observed no difference between two estuarine fish populations in Papua New Guinea, one living near coral reefs and the other one far away from reefs. In the Caribbean, Shulman & Ogden (1987) report high mortality rates (99.8%) of *Haemulon flavolineatum* recruiting onto sand and seagrass floor, while the post-larvae settled directly onto the reef (5% of the recruits) were adequate to survive, grow and live on the reef. Thus, the links between coral reefs, seagrass beds and mangroves might be weaker than it was previously thought, and less pronounced in the Pacific than in the Caribbean (Birkeland & Amesbury, 1987), especially when soft bottoms are considered (Thollot & Kulbicki, 1988).

Our results imply that in the Indo-Pacific region the interactions between coral reef, soft bottom and mangrove fish communities are not important, supporting earlier observations (Thollot & Kulbicki, 1988). Dredge (1988) reports no similarity between the reefal fish fauna and those of trawling grounds very close to the reef during trawling surveys on the Great Barrier Reef. The overlap between the three habitats studied indicate that the fish populations encountered could be considered in large as independent and almost self sufficient. Nevertheless, links are present and seasonal or diel migrations provide net gains of energy for the receiving ecosystem. The pattern observed here suggests that the energy flow come from mangroves to reefs through soft bottoms and confirms previous findings (Thollot & Kulbicki, 1988). The classification of overlapping species into 3 groups, which may present some limitations, shows with no ambiguity that the relationships between coral reefs and mangroves or soft bottoms are of a different nature than those between mangroves and soft bottoms. Soft bottoms and mangroves may be nursery grounds for some reefs species and reciprocally, as shown by the importance of group 2 in all interactions between habitats (tab. 3). Furthermore, there are few migrations between coral reefs and the two other habitats because of food and reproduction. It was expected to detect some seasonal variations in the overlap between habitats, due mainly to reproduction and recruitment, as in temperate estuaries (Mc Erlean *et al.*, 1973). Such variations were not found, may be because of the expanse of the reproductive season of most tropical species (Loubens, 1980). It is also possible that a higher level of the analysis is required to allow the detection of such variations.

The results of our study implicate that the destruction of mangrove habitat, a worldwide threatened ecosystem, should have a larger direct impact on soft bottoms fish fauna than on coral reefs fish communities. Nevertheless, as soft bottoms seem to play an important role in energy transfers between the reef and mangrove fish fauna, such modifications may affect the reef communities. More detailed data analysis of the contribution of the overlapping species to energy

complémentaires sur les relations entre les écosystèmes. De plus, une dégradation de la mangrove pourrait entraîner des modifications des eaux côtières. En particulier, l'augmentation de la turbidité et l'accroissement des apports terrigènes par suite de la suppression de ce filtre naturel que représentent les racines des arbres de la mangrove, pourrait provoquer d'irréversibles transformations des fonds meubles et des récifs coralliens. Ceci altèrerait significativement la production des herbiers, du phytoplancton et des zooxanthelles et, à terme, les communautés de poissons vivant dans ces habitats.

flows should bring additional indications on the relationships between ecosystems. Furthermore, mangrove degradation should change some characteristics of the coastal waters. In particular, the elevation of turbidity and the enhancement of terrestrial inputs by removing the filtering action of the mangrove prop roots should lead to irreversible modifications of the soft bottom and reef substrate. This would alter significantly the production of seagrasses, phytoplankton and zooxanthells which, in term, would affect the fish communities living on these habitats.

References

- Austin, H.M. & Austin, S.E., 1971. Juvenile fish in two puerto rican mangroves. *Underwater Naturalist* 7 (1) : 26 - 30.
- Birkeland, C., 1985. Ecological interactions between tropical coastal ecosystems. *UNEP Regional Seas Reports and Studies* 73 : 1 - 26.
- Birkeland, C. & Amesbury, S.S., 1987. Fish transect surveys to determine the influences of neighboring habitats on fish community structure in the tropical Pacific. *Ibid* 97 : 195 - 202.
- Blaber, S.J.M., Young, J.W. & Dunning, M.C., 1985. Community structure and zoogeographic affinities of the coastal fishes of the Dampier region of north-western Australia. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 36 : 247 - 266.
- Blanc, F., Chardy, P., Laurec, A. & Reys, J.P., 1976. Choix des métriques qualitatives en analyse d'inertie. Implications en écologie marine benthique. *Mar. Biol.* 35 : 49 - 67.
- Dredge, M.C.L., 1988. By-catch from the central Queensland prawn fisheries : part I. The prawn fisheries, species composition and site associations from the by-catch. *Fish. Res. Branch tech. Rep., FRB* 88/04 : 45 pp.
- Harmelin-Vivien, M.L., 1983. Etude comparative de l'ichtyofaune des herbiers de phanérogames marines en milieu tropical et tempéré. *Rev. Ecol. mar., Terre et Vie* 38 : 179 - 210.
- James, S., Lomogo, O. & Eshor, E., 1988. Fish transect surveys in Pohnpei lagoon (Eastern Caroline Islands) to determine the influence of neighbouring habitats on fish community structure. *Workshop on Inshore Fishery Resources, Nouméa, 14 - 25 March 1988, BP. 49* : 11 pp.
- Lal, P.N., Swamy, K. & Singh, P., 1984. "Mangrove ecosystem" fisheries associated with mangroves and their management. Mangrove fishes in Wairiki Creek and their implications on the management of resources in Fiji. *UNESCO Rep. Mar. Sci.* 27 : 93 - 108.
- Loubens, G., 1980. Biologie de quelques espèces de poissons du lagon néo-calédonien. II. Sexualité et reproduction. *Cah. Indo-Pac.* 2 (1) : 41 - 72.
- Nelson, J.S., 1984. Fishes of the world. Wiley Interscience : New York (USA), 2nd ed. : 523 pp.
- Ogden, J.C. & Gladfelter, E.H., 1983. Coral reefs, seagrass beds and mangroves : their interactions in the coastal zones of the Caribbean. *UNESCO Rep. Mar. Sci.* 23 : 133 pp.
- Ogden, J.C. & Zieman, J.C., 1977. Ecological aspects of coral reef-seagrass bed contacts in the Caribbean. *Proc. third Int. Coral Reef Symp., Miami, Florida 1, Biology* : 377 - 382.
- Parrish, J.D., 1987. Characteristics of fish communities on coral reefs and in potentially interacting shallow habitats in tropical oceans of the world. *UNESCO Rep. Mar. Sci.* 46 : 127 - 218.
- Parish, J.D., 1989. Fish communities of interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 58 : 143 - 160.
- Quinn, N.J. & Kojis, B.J., 1985. Does the presence of coral reef in proximity to a tropical estuary affect the estuarine fish assemblage? *Proc. Fifth Int. Coral Reef Cong., Tahiti 1985* 5 : 445 - 450.
- Shulman, M.J. & Ogden, J.C., 1987. What controls tropical reef fish populations : recrutement or benthic mortality? An example in the Caribbean reef fish, *Haemulon flavolineatum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 39 : 233 - 242.
- Siegel, S. & Castellan, N.J.Jr., 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. McGraw-Hill : New York (USA) : 399 pp.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J., 1981. Biometry. Freeman : New York (USA), 2nd ed. : 859 pp.
- Thollot, P. & Kulbicki, M., 1988. Species overlap between the fish fauna inventories of coral reefs, soft bottoms and mangroves of Saint-Vincent bay (New Caledonia). *Proc. 6 th Int. Coral Reefs Symp., Townsville (Australia)* 1988, 2 : 613 - 618.