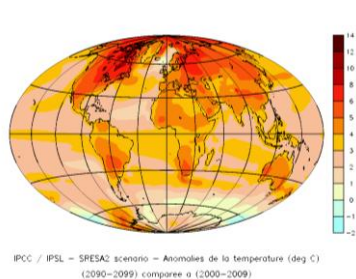


# Impacts des changements climatiques et de la pêche sur les peuplements benthopélagiques du plateau continental guyanais



## Tables des matières

<b>1. Introduction</b>	<b>1</b>
1.1. Contexte de l'étude	1
1.1.1. Le Projet CHALOUPE :	1
1.1.2. Le réchauffement climatique.	1
1.1.3. L'influence du climat sur la biodiversité marine	2
1.1.4. Les prévisions.	2
1.1.5. L'impact de la pêche.	2
1.2. Contexte Biogéographique	3
1.2.1. Un écosystème marin sous influence fluviale.	3
1.2.2. Un climat de type équatorial.	3
1.3. Contexte économique.	4
1.4. Les objectifs du projet CHALOUPE en Guyane.	5
<b>2. Matériel et Méthode</b>	<b>6</b>
2.1. Campagnes d'échantillonnage.	6
2.1.1. La zone d'étude.	6
2.1.2. Navire, engin et techniques de pêche.	6
2.1.3. Travail à bord.	7
2.2. Analyse statistique des captures.	7
2.2.1. Indices d'abondance.	7
2.2.2. Poids moyen des individus dans le peuplement.	8
2.2.3. Test de comparaison de moyenne.	8
2.2.4. Les indices de diversité.	9
2.2.5. Méthodes graphiques et distributionnelles.	9
2.2.5.1. Distribution des différence entre 1994 et 2006.	9
2.2.5.2. Comparaison Abondance-Biomasse (méthode ABC Clarke ; 1990).	10
2.2.5.3. Spectres de tailles multispécifiques.	11
2.2.6. Valeurs environnementales optimales.	11
2.2.7. Méthodes multivariées.	12
2.2.7.1. L'analyse en composante principale.	12
2.2.7.2. L'analyse factorielle des correspondances.	13
2.2.7.3. Méthode de classification automatique.	13
<b>3. Résultats</b>	<b>14</b>
3.1. Paramètres environnementaux et effort de pêche.	14
3.1.1. Température	14
3.1.2. Salinité, Pluviométrie et débit du fleuve Amazone	14
3.1.3. Effort de pêche (source : IFREMER)	14
3.2. Description du peuplement bento - pélagique du plateau continental Guyanais.	15
3.2.1. Espèces principales.	16
3.2.2. Les chondrichthyens.	17
3.3. Indice de diversité.	17
3.4. Variations temporelles des abondances.	19
3.5. Structure en taille.	19
3.5.1. Spectre de poids individuel en abondance (Fig. 15a)	19
3.5.2. Spectre de taille maximale à l'âge adulte en richesse spécifique (Fig. 15b).	20
3.6. Comparaison Abondance – Biomasse	21
3.7. Valeurs environnementales optimales.	22
3.8. Variations temporelles du peuplements	24
3.9. Structure spatiale des peuplements.	25

3.9.1.	Le peuplement côtier.....	26
3.9.2.	Le peuplement du large.....	27
3.9.3.	Le peuplement intermédiaire.....	28
<b>4.</b>	<b>Synthèse et Interprétation. ....</b>	<b>30</b>
4.1.	Paramètres environnementaux et effort de pêche.....	30
4.2.	Méthodes univariées.....	30
4.3.	Méthodes graphiques et distributionnelles .....	32
4.3.1.	distributions des différences .....	32
4.3.2.	Structure en taille. ....	32
4.3.3.	Comparaison Abondance- Biomasse.....	33
4.4.	Valeurs environnementales optimales.....	34
4.5.	Méthodes multivariées .....	34
4.5.1.	Variations temporelles des peuplements.....	34
4.5.2.	Variations spatiales des peuplements.....	35
<b>5.</b>	<b>Discussion. ....</b>	<b>36</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusion. ....</b>	<b>39</b>
<b>7.</b>	<b>Références Bibliographiques. ....</b>	<b>40</b>

## 1. Introduction

### 1.1. Contexte de l'étude

#### 1.1.1. Le Projet CHALOUPE :

##### **CHangement gLObal, dynamiqUe de la biodiversité marine exploitée et viabilité des PEcheries**

Les effets de la pêche et du changement climatique sont aujourd'hui bien identifiés comme facteurs clés en cause dans l'évolution des peuplements marins. Cette évolution affecte les pêcheries, dont le développement s'opère dans un contexte de défaillance de la régulation de l'accès aux ressources conduisant à une surcapacité de pêche, d'accroissement de la demande de produits de la mer et d'ouverture des marchés. A l'échelle régionale, l'amplitude des changements observés, et le poids relatif des différents facteurs, restent cependant à quantifier. Ceci constitue l'objectif principal du projet CHALOUPE lancé en février 2006.

Ce projet bénéficie d'un financement de 820 K€ de l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) dans le cadre de l'appel d'offre Biodiversité 2005 et est coordonné par l'Ifremer Guyane.

(source: [www.projet-chaloupe.fr](http://www.projet-chaloupe.fr))

#### 1.1.2. Le réchauffement climatique.

Depuis plusieurs années, le réchauffement climatique est un sujet au cœur de l'actualité mondiale. Au début contesté, il n'est désormais plus possible de nier l'existence de modifications profondes dans notre climat. Aujourd'hui il est admis par la majorité des scientifiques et des politiques qu'il existe un phénomène de réchauffement planétaire.

*« Le réchauffement du système climatique est sans équivoque, car il est maintenant évident dans les observations de l'accroissement des températures moyennes mondiales de l'atmosphère et de l'océan, la fonte généralisée de la neige et de la glace, et l'élévation du niveau moyen mondial de la mer. »*  
(GIEC 2007)

Depuis l'époque pré-industrielle, les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre ont augmenté en raison des activités humaines. Ils ont atteint leurs niveaux les plus hauts jamais enregistrés au cours des années 1990, et pour la plupart, continuent d'augmenter. De 1750 à 2000, les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> ont augmenté de 31±4% et la concentration atmosphérique de CH<sub>4</sub> de 151±25%. Cette augmentation des gaz à effet de serre est certainement la cause des principaux changements climatiques. Ainsi, au cours des cent dernières années, la température moyenne mondiale à la surface a augmenté de 0,74°C (Annexe 1).

Cette augmentation de température est à la base de modification dans la circulation atmosphérique provoquant ainsi une variation du niveau des précipitations. Ainsi, au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, les précipitations ont très probablement augmenté de 5 à 10% sur la plupart des moyennes et hautes latitudes des continents de l'hémisphère Nord, mais, à l'opposé, il est probable que les pluies aient diminué de 3% en moyenne sur une grande partie des zones terrestres subtropicales.

De plus, les phénomènes climatiques extrêmes (sécheresse, inondations, cyclones...) se sont intensifiés au cours des dernières années tout comme les phénomènes périodiques tel que « El Niño ».

### **1.1.3. L'influence du climat sur la biodiversité marine**

Le climat est le principal facteur contrôlant la répartition des espèces animales et végétales à l'échelle mondiale. Les espèces animales nécessitent des gammes de températures et/ou de précipitations spécifiques à leur bon développement et dépendent de la présence d'espèces nécessaires à leur alimentation. Des changements au sein des systèmes marins, notamment dans les populations de poissons, ont été associés aux oscillations climatiques à grande échelle (Kodama *et al* 2002 ; Rogers 2000). Des facteurs climatiques affectent les éléments biotiques et abiotiques qui influent sur le nombre et la répartition des organismes marins. Par exemple, des changements des aires de répartition des espèces zooplanctoniques ont été mis en évidence dans l'atlantique Nord-Est par Beaugrand et Ibanez (2004). de même pour les poissons (Perry *et al*, 2005 ; Poulard et Blanchard, 2006)

### **1.1.4. Les prévisions.**

Les derniers modèles climatiques du CNRS du CEA et de METEO FRANCE simulent un réchauffement planétaire moyen compris entre 1,8°C (scénario le plus optimiste) et 4°C (scénario le plus pessimiste) en 2100 (Figure 1). Ces modèles indiquent également qu'une stabilisation de l'émission des gaz à effet de serre ne permet plus une diminution de la température planétaire. (GIEC, 2005) Il est donc aujourd'hui, impossible de lutter contre le réchauffement planétaire sauf à très long terme. La demande actuelle en terme de recherche est donc de tenter de comprendre et de prévoir les différentes réponses des écosystème afin de s'y adapter.

### **1.1.5. L'impact de la pêche**

Les activités de pêche, ont un impact potentiel important sur les peuplements marins. Cet impact varie en fonction des peuplements exploités ainsi que de l'engin de pêche utilisé. On

peut cependant affirmer que la pêche cible plus particulièrement les individus de grande taille. (FAO, 2006) Dans un premier temps, la richesse spécifique d'un peuplement exploité, son abondance et sa biomasse tendent à diminuer du fait des perturbations induites par la pêche.

Par la suite, la différence de taux de mortalité en fonction des classes de tailles, le développement d'espèces opportunistes à stratégie « r » ainsi que la diminution de la prédation induite par les espèces de grandes taille sur les espèces plus petites tend à faire augmenter la proportion des petits individus dans le peuplement (Blanchard et al. 2004). L'ensemble de ces effets est bien décrit par Hall (1999).

## **1.2.Contexte Biogéographique**

Département français d'Outre-Mer en Amérique Sud, la Guyane est située sur le vaste plateau guyano-brésilien qui s'étend de l'Amazone (au sud) jusqu'à l'Orenoque (au Nord). Délimitée par les fleuves Oyapock (frontière avec le Brésil) et Maroni (frontière avec le Surinam), la Guyane française dispose d'une façade maritime de près de 350 km ainsi qu'une zone Economique Exclusive (ZEE) de 120 000 km<sup>2</sup> (Figure 2).

### **1.2.1. Un écosystème marin sous influence fluviale**

L'Amazonie, le plus grand fleuve du monde débouche à quelques centaines de kilomètres à l'Est. Le courant des Guyanes, orienté Nord-Ouest, détourne le panache de ce fleuve chargé de millions de tonnes d'alluvions et détermine ainsi les processus généraux de salinité et de turbidité des eaux côtières guyanaises.

La dynamique littorale est très active. De vastes bancs de vases migrent d'Est en Ouest de l'ordre de 1km par an. Il en résulte dans l'espace et dans le temps une alternance de zones d'accrétion formées en grande partie par la vase d'origine amazonienne, et de zones d'érosion façonnées par des sables d'origine locale ou par la mangrove en récession (Prost, 1990).

### **1.2.2. Un climat de type équatorial.**

De par sa position tropicale, la Guyane est soumise aux déplacements de la zone Intertropicale de Convergence (ZIC). Cette zone d'instabilité, provoque de fortes précipitations et détermine globalement tout le climat amazonien.

Les oscillations saisonnières de la ZIC provoquent en plus des variations de pluviométrie, un changement des vents dominants ainsi qu'une modification de la circulation du courant marin des Guyanes. De ce fait, en saison humide, le vent plaque le courant des Guyanes, dessalé et chargé en matière en suspension, sur la bande côtière. (Figure 3).

### **1.3. Contexte économique**

Après l'or et le spatial, les activités halieutiques sont citées par l'Institut d'Emission des Départements d'Outre-Mer (IEDOM), comme le troisième secteur exportateur de Guyane avec 18,4 millions d'euros générés en 2001. Le port du Larivot à Cayenne (Figure 4), avec près de 750 marins et 200 salariés à terre, se place au 16<sup>ème</sup> rang des ports français en terme de valeur marchande. On distingue trois principales pêcheries dans la Z.E.E guyanaise :

- La pêche des crevettes pénéides
- La pêche au vivaneau rouge (*Lutjanus purpureus*)
- La pêche côtière au poisson

Dans le cadre de notre étude nous porterons une attention toute particulière à la pêche crevettière. En effet, cette activité constitue à elle seule, près de 82% des activités halieutiques en terme de valeur marchande exportée. La particularité de cette pêcherie est qu'elle s'effectue au chalut de fond. La faible sélectivité de cet engin de pêche engendre ainsi un grand nombre de captures accessoires. A chaque coup de chalut c'est ainsi plusieurs dizaines d'espèces de poissons auxquelles s'ajoutent un bon nombre de crustacés, mollusques et échinodermes qui sont remontés à bord. Les crevettes ne représentent que 10 à 15% des captures et chaque jour, ce sont ainsi près de 80 tonnes de poissons qui sont rejetées à la mer par l'ensemble de la flottille. Cette pêcherie a donc un impact potentiel fort sur la biodiversité et sur les habitats de fond.

En Guyane, les crevettes sont exploitées depuis 1963. Au début, américains, japonais, coréens, cubains et surinamiens exploitaient les eaux guyanaises.

Aujourd'hui, c'est une flottille semi-industrielle française sous licence européenne composée de 63 chalutiers congélateurs qui exploite le stock de crevette depuis 1978 et la fin de l'accès libre aux eaux guyanaise. Les navires mesurent entre 20 et 24m et partent pour des campagnes de pêche qui durent entre 20 et 30 jours (Figure 5). La particularité de cette pêcherie est qu'elle s'effectue au chalut.

Afin d'éviter une dégradation de l'état des stocks de pêche, des quotas ainsi qu'un maillage réglementaire sont fixés par l'Europe. De plus, depuis 1986, le chalutage crevettier est interdit par moins de 30m de profondeur en Guyane, afin de protéger les nourriceries littorales de crevettes ainsi que les stocks de poissons exploités par la pêche côtière.

Malgré ces précautions visant à diminuer l'impact de la pêche à la crevette sur l'environnement, son influence reste aujourd'hui encore, potentiellement forte et est susceptible de modifier les caractéristiques des peuplements de poissons du plateau continental guyanais.

Les deux autres pêcheries, ont quant à elles beaucoup moins d'influence sur les stocks de poissons. La pêche au Vivaneau est menée par des ligneurs vénézuéliens qui possèdent la majorité des licences. Cette pêcherie, qui s'effectue à la ligne est très sélective. Seules les espèces de vivaneaux sont exploitées. Son impact sur les peuplements est donc potentiellement très faible.

La pêche côtière, reste aujourd'hui encore peu professionnalisée et faiblement mécanisée. On dénombre ainsi seulement 150 canots en bois tout au long du littoral guyanais. La turbidité des eaux favorise l'emploi du filet maillant dont l'usage est pratiquement généralisé. L'impact de cette pêcherie sur les peuplements marins est donc limité.

#### **1.4. Les objectifs du projet CHALOUPE en Guyane.**

L'objectif de cette étude est d'identifier les changements de structure de diversité des peuplements démersaux du plateau continental guyanais afin d'en déduire les effets du réchauffement climatique et de la pêche sur la biodiversité bento-pélagique de l'écosystème.

Ainsi dans une première phase du projet, les changements hydro-climatiques en Guyane ont été identifiés. Par la suite, une simulation des conséquences potentielles pour les espèces de poissons a été réalisée à partir de leur caractéristiques de distribution biogéographique. Grâce à ce travail, trois types de réponses de la part des populations, face aux changements climatiques, ont été prédites. On a donc distingué les espèces qui disparaîtraient totalement des côtes guyanaises, d'autre qui verraient leur probabilité d'occurrence diminuer fortement, et les dernières peu affectées par un changement de température.

Afin de vérifier si les prévisions établies précédemment s'avèrent réelles et si le réchauffement climatique ainsi que la pêche ont bien un impact sur les communautés de poissons guyanais, nous avons procédé à l'analyse statistique de deux campagnes d'échantillonnage. Ce travail permettra d'une part, de décrire l'état de l'écosystème exploité à partir d'indicateurs classiquement utilisés en écologie des peuplements, mais également de décrire les grandes tendances évolutives du peuplement de poissons et d'invertébrés du plateau continental Guyanais.



## **2. Matériel et Méthode.**

### **2.1. Campagnes d'échantillonnage.**

Afin d'évaluer l'impact de la pêche et du réchauffement climatique sur le peuplement de poissons du plateau guyanais, deux campagnes d'échantillonnage ont été retenues pour effectuer une comparaison. La première a eu lieu en octobre 1994 dans le cadre du programme RESUBGUY 5. Cette campagne avait pour principal objectif d'analyser les mécanismes de recrutement du stock de crevettes pénéides. Cependant, cette étude ne s'est pas limitée à l'examen des seules captures de crevettes puisqu'elle a également inclut l'analyse de la composition des prises accessoires des crevettiers telles que les poissons. L'année 1995 est considérée comme une année charnière. En effet, c'est à partir de cette date que l'on a observer une augmentation significative des températures de l'eau. On considérera donc l'année 1994 comme l'année témoin avant réchauffement.

La deuxième campagne d'échantillonnage, menée dans le cadre du programme CHALOUPE, à eu lieu en Octobre 2006. Durant ces deux campagnes le même protocole a été suivi (Rivierre et al. 2007).

#### **2.1.1. La zone d'étude.**

Le plateau continental de la Z.E.E guyanaise a été prospecté sur l'ensemble des fonds de 10 à 60 m de profondeur selon un échantillonnage aléatoire stratifié « E.A.S ». L'aire étudiée, qui s'étend depuis le fleuve Oyapock (frontière avec le Brésil) jusqu'au fleuve Maroni (frontière avec le Surinam), a été découpée en 4 zones géographiques et en 5 strates bathymétriques (Figure 6). Un nombre total de 20 strates unitaires de prospection a ainsi été individualisé (Annexe 2).

#### **2.1.2. Navire, engin et techniques de pêche.**

Le navire utilisé est de type chalutier-crevettier congélateur en acier de construction floridienne classique. Ce bateau est de construction similaire à ceux utilisé traditionnellement, par les professionnels sur l'ensemble du plateau des guyanes. Sa longueur est d'environ 20m et sa puissance de 425 CV (312kW). Le navire est équipé de tout le matériel électronique nécessaire à la navigation (radar, sondeur, système de positionnement par satellite).

Un chalut est gréé sur chacun des deux tangons latéraux. Ce sont des chaluts plats à crevettes de type « japonaise jilnet » avec une ouverture verticale d'environ 3 pieds (90cm), une corde de dos de 49 pieds (14,95m), et un maillage (maille étirée) de 45 mm dans le cul du chalut. L'ouverture horizontale de chaque chalut a été estimée à 11,20 m (soit 75% de la corde de dos).

Tous les traits de chalut ont été réalisés de jour. Chacun a une durée standard de 30 minutes. Le chalutage est prévu rectiligne sur le fond, sauf en cas d'impératif inhérent à la nature du fond.

### **2.1.3. Travail à bord.**

A chacune des stations de chalutage, trois types de données ont été récoltées :

- Les paramètres relatifs à l'opération de chalutage (position, heure et durée du trait, profondeur, salinité, turbidité...)
- Les indices d'abondance pondéraux (Kg/30 min) et numérique (nombre d'individus/30 min). Pour cela tous les individus capturés dans le chalut bâbord ont été triés par espèce, dénombrés puis pesés.
- Structure en taille des espèces les plus abondantes ou présentant un intérêt commercial.

## **2.2. Analyse statistique des captures.**

Une analyse descriptive des captures a été effectuée, puis plusieurs types d'analyses univariées et multivariées complémentaires ont ensuite été menées afin de caractériser le peuplement.

### **2.2.1. Indices d'abondance.**

Une estimation de la densité des populations présentes dans les strates bathymétriques et sur toute la zone est fournie par la moyenne pondérée des moyennes par strate dans l'échantillon, c'est à dire la moyenne stratifiée par trait (Cochran, 1977) (1). Cette moyenne est calculée par espèce avec les valeurs d'abondance (densité numérique), mais également avec les valeurs de biomasse (densité pondérale).

Ces indices ont l'avantage de représenter une valeur globale synthétique permettant de comparer aisément les niveaux d'abondances relatifs des différentes espèces pour différentes

années. Il est ainsi très facile de distinguer les espèces dominantes des espèces mineures, voire rares.

Cependant, de tels indices ne représentent que des densités minimales, uniquement constituées d'individus capturables par le chalut.

$$\bar{Y} = \frac{1}{A} \sum_{h=1}^H A_h \times \bar{Y}_h \quad (1)$$

Avec :

$A_h$  = surface de la strate h

H = nombre de strates

$\bar{Y}$  = moyenne de l'échantillon pour la strate h

A = surface totale étudiée =  $\sum_{h=1}^H A_h$

Une estimation de la variance stratifiée est de même fournie par une moyenne pondérée de l'estimation des variances intra-strates (Cochran, 1997) (2).

$$S^2(\bar{Y}) = \frac{1}{A^2} \sum_{h=1}^H \frac{A_h^2 \times S_h^2}{n_h} \quad (2)$$

Avec :

$S_h^2$  = variance dans l'échantillon pour la strate h

$n_h$  = nombre de traits dans la strate h

### 2.2.2. Poids moyen des individus dans le peuplement

Afin de déduire le poids moyen individuel pour chacune des espèces capturées, la biomasse de chaque espèce « i » remontée à bord, a été divisée par le nombre d'individus et ceci pour chaque trait de chalut. Ce poids individuel est ensuite pondéré par l'abondance de l'espèce « i » pour chacune des campagnes d'échantillonnage. chaque année soit :

$$\bar{W}_i = \frac{\sum_{t=1}^s (W_i \cdot n_i)}{\sum_{t=1}^s (n_i)}$$

Avec :

$W_i$  = poids individuel moyen de

l'espèce i dans le peuplement

$n_i$  = Abondance de l'espèce i

t = nombre de traits de chaluts réalisé pendant la campagne

### 2.2.3. Test de comparaison de moyenne.

Afin de tester la différence des moyennes de biomasse, d'abondance et de poids moyen entre 1994 et 2006 le test Z est utilisé soit :

$$Z_c = \frac{\bar{Y}_{1994} - \bar{Y}_{2006}}{\sqrt{\frac{s_{x1994}^2}{n_{1994}} + \frac{s_{x2006}^2}{n_{2006}}}}$$

#### 2.2.4. Les indices de diversité.

Les indices N1 de Hill, fonction exponentielle de Shannon, et N2, réciproque de l'indice de Simpson, ont été utilisés pour leur complémentarité en plus de l'indice de Shannon-Wiener (H'). En effet, l'indice N2 est sensible à la présence des espèces les plus abondantes puisque chaque proportion est élevée au carré, tandis que l'indice N1 l'est moins car dans ce cas, chaque proportion est pondérée par le logarithme. N1 et N2 dépendent de la richesse spécifique (S), et de la régularité de répartition des individus en espèce de Pielou (J'). L'indice de diversité N1 et la richesse spécifique (S) sont sensibles à l'effort d'échantillonnage, mais non l'indice N2. Cependant dans notre cas, le protocole d'échantillonnage ainsi que la zone d'étude, étant identique entre les deux années, on considérera que l'effort est identique entre les deux années.

Les indices de diversité utilisés dans cette étude ont chacun été calculés pour chaque trait de chalut. Par la suite, des moyennes ont été calculées, par zone, par strate bathymétrique puis pour l'ensemble du plateau continental prospecté.

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

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

$$N1 = \exp\left(-\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i\right)$$

$$N2 = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$$

Avec :  
pi= proportion de l'espèce i

#### 2.2.5. Méthodes graphiques et distributionnelles.

##### 2.2.5.1. *Distribution des différence entre 1994 et 2006.*

Afin d'évaluer si les variations de la densité numérique, de la densité pondérale et du poids moyen entre 1994 et 2006 sont dues au hasard ou à un facteur externe, la différence

$$d = \bar{Y}_{2006} - \bar{Y}_{1994} \text{ a été calculée.}$$

Cette différence est ensuite pondérée par la moyenne des valeurs de biomasse ou d'abondance

$$\text{soit : } d_{\text{pondéré}} = \frac{d}{\frac{\bar{Y}_{1994} + \bar{Y}_{2006}}{2}}$$

La distribution des différences, arrangées par classes, est ensuite comparée à une distribution gaussienne par l'intermédiaire du test G tel que :

$$G = 2 \cdot \sum F_{\text{obs}} \times \ln\left(\frac{F_{\text{obs}}}{F_{\text{théo}}}\right)$$

#### 2.2.5.2. Comparaison Abondance-Biomasse (méthode ABC Clarke ; 1990)

Afin de passer d'une approche monospécifique des pêches à une approche écosystémique, des indicateurs comme la méthode ABC ont été proposés et testés au cours de différentes études (Vergnon & Blanchard, 2006). Cette méthode a été originellement développée pour détecter les effets de la pollution et généralisée par la suite afin de détecter d'autres perturbations biologiques ou physiques. Elle se base sur l'hypothèse qu'un régime de perturbations croissant entraîne une modification de la structure des peuplements qui deviennent graduellement dominées par des espèces opportunistes de petites taille. La méthode ABC mesure cet effet en comparant la distribution en biomasse et en abondance dans chaque peuplement ou dans chaque zone.

La représentation graphique des distributions de fréquences cumulées par ordre décroissant pour la biomasse ainsi que pour l'abondance peut donner lieu à trois situations (Figure 7). Lorsque l'écosystème n'est pas perturbé, il est dominé par des espèces dont les individus sont peu nombreux mais de poids individuel élevé. La courbe de biomasse est alors plus élevée que la courbe d'abondance. A l'inverse, lorsque le degré de perturbation augmente, le peuplement est dominé par des espèces dont les individus sont nombreux mais de faible masse corporelle. La distribution en abondance passe alors au dessus de la distribution en biomasse. La troisième situation est une situation intermédiaire où les courbes d'abondances cumulées et de biomasses cumulées se croisent.

Ces distributions sont calculées par campagne pour l'ensemble des vingt « strates-zones » déterminées.

Les courbes de rangs-fréquences sont ensuite comparées entre les deux campagnes à l'aide du W statistique de Clarke pour chaque « Strate-Zone ».

$$W = \frac{\sum_{j=1}^S \left[ \left( \sum_{j=1}^S b_j \right) - \left( \sum_{j=1}^S a_j \right) \right]}{50(S-1)}$$

W est la somme standardisée pour chaque espèce, des différences de biomasse cumulée  $\left( \sum_{j=1}^S b_j \right)$  et d'abondance cumulée  $\left( \sum_{j=1}^S a_j \right)$  rangées par ordre décroissant.

#### **2.2.6. Spectres de tailles multispécifiques.**

Les activités de pêche ainsi que le réchauffement climatique peuvent changer la structure en taille des peuplements de poissons. Le chalutage en particulier induit une certaine mortalité dans la population de poissons et d'invertébrés marins. Cependant les taux de mortalité ne sont pas les mêmes pour tous, et varient en fonction de la taille individuelle. Les petits individus, ont un taux de mortalité induit par la pêche plus faible, du fait qu'ils peuvent s'échapper.

Les changements environnementaux, comme ceux induits par le réchauffement climatique, favorisent quant à eux les espèces de stratégie « r », qui réagissent plus rapidement aux variations de l'environnement. Ces espèces sont généralement plus petites. La pêche et les changements climatiques augmentent donc théoriquement la proportion des petits individus ce qui se traduit par une augmentation de la pente du spectre. La méthode des spectres de taille a ainsi été utilisée dans cette étude afin de comparer la structure en taille du peuplement entre les deux campagnes d'échantillonnage.

Ces spectres ont été construits en additionnant la biomasse moyenne (ou l'abondance moyenne) par kilomètre carré toutes espèces confondues, par classe de poids individuel selon une échelle en octave. C'est à dire que la classe de poids ou la classe de taille maximale à l'âge adulte pour un rang « n » est égale au double de la classe de poids ou de taille maximale du rang « n-1 ». (Platt et Denman 1978).

#### **2.2.7. Valeurs environnementales optimales.**

Chaque espèce vit dans des conditions environnementales qui lui sont favorables et qui définissent sa niche écologique. En effet, les activités biologiques telle que la croissance, les

mécanismes de la digestion ou de la reproduction sont gouvernés par les paramètres environnementaux. Ainsi, pour une valeur optimale de ces paramètres la mesure de l'activité biologique sera maximale. En conséquence, on pourra considérer que les valeurs moyennes des paramètres environnementaux sur l'ensemble des aires de répartition des espèces correspondent aux valeurs optimales.

Ces valeurs pour la température de surface et la salinité ont été extraites de la base de donnée KGS mapper accessible depuis les outils « modélisation biogéographique » de Fishbase ®. A partir de cette base de donnée il est donc possible d'attribuer à chaque espèce une valeur optimale de température et de salinité.

Par la suite on peut en déduire la valeur optimale moyenne des paramètres environnementaux pour l'ensemble du peuplement du plateau continental et ceci pour chaque campagne d'échantillonnage à l'aide de la formule suivante :

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^S (n_i \cdot t_i)}{\sum_{i=1}^S (n_i)}$$

Avec :

- $\bar{T}$  = valeur optimale du paramètre calculé pour le peuplement à chaque campagne.
- $n_i$  = abondance de l'espèce  $i$
- $t_i$  = valeur optimal du paramètre calculé pour l'espèce  $i$
- $S$  = nombre d'espèces.

## 2.2.8. Méthodes multivariées.

Toutes les analyses multi-variées ont été effectuées à l'aide du logiciel Spad v5.6 ®

### 2.2.8.1. L'analyse en composante principale.

La première méthode d'ordination utilisée dans le cadre de notre étude écologique est l'Analyse en Composante Principale (ACP). Cette méthode permet de donner un aperçu des relations de similarité entre échantillons en terme d'abondance. Cette méthode s'intéresse à la description d'un tableau croisant en lignes des individus (ici les stations) et en colonne des variables quantitatives (indice d'abondance des espèces). La mesure classique de ressemblance entre deux stations est calculée à l'aide de la distance euclidienne.

L'ACP requiert cependant la stabilité des variances afin d'éviter des distorsions lors de la projection sur les axes. Les données brutes sont donc au préalable soumises à une transformation de normalisation pour éviter la présence de « 0 » dans notre matrice puis à une transformation logarithmique, pour atténuer les grandes variations d'abondance d'une espèce à une autre.

L'ACP n'est souvent qu'une première étape de l'analyse d'un tableau de donnée et il est souhaitable de la compléter par d'autres méthodes statistiques.

En effet, sur un plan méthodologique, l'A.C.P fait souvent ressortir les variations temporelles de la composition spécifique des peuplements (Nérini, 1994).

#### *2.2.8.2. L'analyse factorielle des correspondances.*

Afin de mettre en évidence la structuration spatiale des peuplements, l'emploi de l'Analyse Factorielle des Correspondances, plus souple d'utilisation que l'A.C.P, et donnant moins de poids aux espèces les plus fréquentes est alors recommandée.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) permet l'analyse d'un tableau de contingence. Contrairement à l'ACP, l'AFC utilise la distance du  $\text{Khi}^2$  pour comparer les variables ou les individus entre eux. Cette métrique confère à cette analyse une bonne robustesse face au découpage en modalité, une analyse symétrique sur les lignes et sur les colonnes, ainsi qu'une sensibilité plus importante aux espèces de faible poids. Les propriétés de l'AFC permettent également de représenter sur un même graphique les individus (stations) et les variables (indice d'abondance des espèces).

#### *2.2.8.3. Méthode de classification automatique.*

Les méthodes de classification ont pour but de regrouper les individus (stations) en fonction de leur similarité. Ce sont d'excellents compléments aux ACP et aux AFC. En effet, la lecture de groupement d'individus sur un plan factoriel est grandement facilité par les résultats d'une classification.

Dans notre étude seule la classification ascendante hiérarchique (CAH) sur facteur a été utilisée. Elle consiste à produire une arborescence suivant un critère algorithmique liant les stations entre elles par leur ressemblance à partir de leur coordonnées sur les premiers axes de l'ACP ou de l'AFC.



## **3. Résultats**

### **3.1. Paramètres environnementaux et effort de pêche.**

#### **3.1.1. Température**

Entre 1970 et 2004, une augmentation significative de température a été observée en Guyane (Figure 8). La différence entre les valeurs moyennes de ces deux périodes est de  $+0,65^{\circ}\text{C}$  avec une accentuation autour de l'année 1995. Il existe entre les valeurs d'avant et d'après 1995 une différence significative. Cette augmentation n'est pas homogène sur l'ensemble du plateau guyanais et semble plus importante aux alentours de l'île de Cayenne (Bernard, 2006).

#### **3.1.2. Salinité, Pluviométrie et débit du fleuve Amazone**

Pour ces trois paramètres, les données ne permettent pas de définir une tendance de variation claire. En effet la salinité varie fortement en fonction de la position géographique. La proximité d'un estuaire a ainsi une forte influence sur ce paramètre. Cependant, un gradient côte large de salinité est observé avec à proximité du littoral des eaux fortement dessalées (particulièrement en saison des pluies) et au large des eaux marines plus salées.

Le débit du fleuve Amazone est très variable mais la moyenne ne varie pas dans le temps et il n'existe pas de tendance significative pour les variations de pluviométrie en Guyane (Bernard, 2006).

#### **3.1.3. Effort de pêche (source : Ifremer)**

L'effort de pêche est suivi par l'Ifremer depuis l'installation de la pêcherie crevette en Guyane. Cette effort est obtenu à partir des déclarations obligatoires des armateurs de crevettes. Il permet de décrire les tendances de l'évolution de la pêcherie (Figure 9).

Il est possible de différencier trois grandes phases dans la pêcherie crevette guyanaise. Dans un premier temps, entre 1968 et 1978 c'est l'installation de la pêcherie crevette par une flottille américaine rapidement rejointe par une flottille japonaise. Le niveau d'exploitation est faible. Puis entre 1978 et 1983, le nombre de navires qui opèrent dans la Z.E.E guyanaise augmente progressivement pour atteindre son maximum en 1983 avec 85 à 90 navires. Puis à partir de 1983 les résultats économiques se dégradent, les entreprises étrangères quittent peu à peu la Guyane et il en résulte une limitation de l'effort de pêche à 70 crevettes en 1987.

Depuis 1983, l'effort de pêche à la crevette sur le plateau continental guyanais a donc très fortement diminué. En effet, sa valeur a été divisée par trois, passant de presque 30 000 jours de pêche cumulés par an à moins de 10 000 jours.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de l'effort de pêche calculé en heures de pêche cumulées par zone pour l'année 1994 et 2006.

	1994	2006
<b>Zone 1</b>	22 140	24 997
<b>Zone 2</b>	29 777	28 785
<b>Zone 3</b>	61 162	7 998
<b>Zone 4</b>	17 576	191

Entre les deux campagnes d'échantillonnage, l'effort de pêche a grandement varié (Annexe 3). En effet, en 1994 toutes les strates-zones étaient exploitées avec une intensification de l'effort dans la zone 3. En 2006 du fait d'un mouvement de grève paralysant l'activité de pêche pendant plusieurs mois, un grand nombre de secteurs a été délaissé. La Zone 4 (la plus éloignée de Cayenne) s'est ainsi vu complètement sous exploitée avec seulement 191 heures de pêche dans l'année. Au contraire les zones les plus proches de Cayenne comme les zones 1 et 2 n'ont pas observé de diminution de l'effort de pêche. La zone 1 est même la seule zone où l'effort de pêche a augmenté passant de 22 140 heures de pêche à presque 25 000 heures en 2006 (Tableau 1). Cette différence entre les deux années, bien qu'exceptionnelle du fait du mouvement de grève s'inscrit cependant dans une tendance générale observée qui a vu au cours des dix dernières années, une concentration de l'effort de pêche dans les zones les moins éloignées de Cayenne, le coût du carburant ayant fortement augmenté.

### **3.2. Description du peuplement benthopélagique du plateau continental Guyanais.**

Le type d'engin utilisé pour effectuer les prélèvements en mer est un chalut de fond. De par son utilisation et ses caractéristiques de faible sélectivités, le grand nombre d'espèces remontées à bord nous donne une bonne idée de la composition des peuplements démersaux du plateau continental Guyanais.

En octobre 2006, l'inventaire exhaustif des 51 traits de chaluts standardisé a permis de recenser à bord du bateau 150 espèces de poissons, crevettes et invertébrés contre seulement

102 espèces en octobre 1994 malgré un nombre de traits réalisés presque deux fois supérieur (Tableau 2).

Tableau 2 : Descriptif des principaux résultats bruts des deux campagnes d'échantillonnage.

	1994	2006
Nombre de traits de chalut réalisés	100	51
Nombre d'espèces capturées	102	150
Abondance totale	128 397,1	83 797,2
Biomasse totale (g)	7 311 951,2	5 915 853,6

### 3.2.1. Espèces principales.

Les indices d'abondance utilisés au cours de cette étude que sont, la densité numérique (Nb/km<sup>2</sup>) et la densité pondérale (g/km<sup>2</sup>) calculés à l'aide de la moyenne stratifiée par zone de Cochran, nous indiquent quelles sont les principales espèces capturées au cours des deux campagnes d'échantillonnage.

En 1994 comme en 2006 les espèces qui dominent numériquement le peuplement sont des espèces de petite taille (Figure 10). L'espèce qui domine le plus est la *Xiphopenaeus kroyeri* communément appelée crevette « sea-bob ». Cette espèce, très dominante dans les strates côtières, n'est pas exploitée par l'industrie crevettière en Guyane. Elle représente parfois une capture accessoire de la pêche à la crevette. Parmi la centaine d'espèce capturée accessoirement, seule une dizaine représente plus de 70% du peuplement en terme de densité pondérale, et presque 90% en terme de densité numérique. Cependant, la plupart des espèces de poissons capturées dans les chaluts des crevettiers sont, soit de faible taille (*Upeneus parvus*, 25cm, *Chloroscombrus crysurus*, 35cm) soit de faible qualité de chaire (*Arius grandicassis*, *Stellifer rastrifer*). Ces espèces ne présentent ainsi pas d'intérêt commercial et les captures sont de ce fait rejetées mortes par les pêcheurs.

Il est intéressant de constater que en 1994, la deuxième espèce qui domine en terme de densité numérique est *Upeneus parvus*. Cette espèce est de taille relativement faible et la température moyenne sur son aire de répartition est de 24,28°C (Annexe 4). Cette température est une des plus faible observée pour l'ensemble des espèces présentes. En 2006, cette espèce a très largement diminué en abondance passant de 7808 ind.km<sup>2</sup> à seulement 19,77 ind.km<sup>2</sup>.

Dans le même temps, l'espèce *Cynoscion similis* qui présente une taille maximale de 60cm et une température moyenne sur l'ensemble de son aire de répartition de 27,55°C a vu son abondance passer de 1064 ind.km<sup>2</sup> en 1994 à 5707 ind.km<sup>2</sup> en 2006.

En terme de densité pondérale, les espèces qui dominent sont des espèces qui ont un poids individuel élevé comme les raies (Figure 11). Les Rajiformes sont des individus dont le poids peut atteindre 200 kg pour une taille maximale à l'âge adulte de 200 cm d'envergure.

### **3.2.2. Les chondrichthyens.**

Cette classe a fait l'objet d'une analyse particulière. En effet, les individus qui la composent sont pour la plupart de grande taille, à maturité tardive et à faible fécondité. Ceci permet de les classer parmi les espèces les plus vulnérables face à la pêche (Dulvy *et al*, 2000). Ils constituent donc un bon indicateur afin d'évaluer l'impact de celle-ci.

En 2006, les chondrichthyens sont significativement plus abondants, aussi bien en terme de densité pondérale que de densité numérique (Annexe 5). De même en octobre 1994, seulement 5 espèces de raies et 2 espèces de requins ont été capturées contre 7 espèces de raies et 5 espèces de requins en octobre 2006. La classe des chondrichthyens est donc mieux représentée en 2006. (Figure 12)

Les abondances des dasyatidae ont évolué de façon remarquable. En effet, l'unique espèce de cette famille capturée en octobre 1994, *Dasyatis americana*, a été remplacée par deux autres espèces en 2006, *Dasyatis guttata* et *Dasyatis geijkesi*. Or, *Dasyatis americana*, possède une température moyenne sur l'ensemble de son aire de répartition plus faible que celle des deux autres espèces (Annexe 4).

### **3.3. Indice de diversité.**

On observe une amélioration globale des différents indices de diversité pour la campagne de 2006. Cette différence a été testée par l'intermédiaire du test de comparaison de moyenne de Student.

Soit  $H_0 : 1994 = 2006$

et  $H_1 : 1994 \neq 2006$

Tableau 3 : Tableau récapitulatif de l'évolution des différents indices de diversité calculé pour l'ensemble des traits de chaluts réalisé pour chacune des deux campagnes. (\* différence significative pour  $\alpha = 0,05$  et  $ddl = 150$ )

	<b>1994</b>	<b>2006</b>	<b>S<sup>2</sup>pd</b>	<b>t</b>
<b>S</b>	16,80	22,53	34,51	0,97
<b>H'</b> *	1,37	1,57	0,32	3,70
<b>J'</b> *	0,49	0,51	0,03	3,73
<b>N1</b>	4,53	5,75	8,49	0,83
<b>N2</b>	3,06	3,82	3,98	1,11

L'augmentation de biodiversité observée visuellement sur les cartes de diversité n'est significative que pour les indice H' et J' (Tableau 3Tableau ), (Cf. Annexe 6 et 7).

Le fait que l'indice de régularité J' soit significativement supérieur en 2006 nous indique que la dominance des espèces les plus abondantes a diminué entre les deux campagnes d'échantillonnage.

Tableau 4 : Tableau comparatif des indices de diversité H' et J' calculé par zones pour chacune des deux campagnes d'échantillonnage. (\* différence significative pour  $\alpha = 0,05$ )

	<b>Zone</b>	<b>1994</b>	<b>2006</b>		<b>Zone</b>	<b>1994</b>	<b>2006</b>
<b>H'</b>	1*	1,38	1,13	<b>J'</b>	1*	0,52	0,37
	2*	1,33	1,63		2*	0,51	0,54
	3*	1,34	1,67		3*	0,47	0,53
	4*	1,43	1,75		4*	0,48	0,57

Il est intéressant de noter que les zones qui ont vu leur diversité biologique augmenter entre 1994 et 2006, comme les zones 3 et 4 (Tableau 4) sont les même zones qui ont vu une grosse diminution de l'intensité de l'exploitation par la pêche crevettière en 2006 (Tableau 1).

A contrario, la zone 1 qui est la seule zone où la pêche crevettière s'est intensifiée est également la seule zone qui a vu sa diversité biologique diminuer de manière significative selon l'indice H'. La diversité des peuplements serait donc dépendante pour partie de l'activité de pêche.

### **3.4. Variations temporelles des abondances**

Pour chacune des espèces présentant une occurrence supérieur à 5% dans les deux campagnes d'échantillonnage, le test de comparaison de moyenne « Z » indique une variation significative entre 1994 et 2006 de leur densité numérique, densité pondérale et poids individuel moyen (Annexes 8, 9 et 10).

La distribution des différences de densité numérique entre 2006 et 1994 permet de montrer que cette variation n'est pas due aux fluctuations d'échantillonnage. Cette distribution des différences est en effet significativement différente d'une distribution Gaussienne (test G). Visuellement on observe un décalage vers la droite c'est à dire vers les valeurs positives de la distribution des différences observées (Figure 13). Ceci tend à montrer que la densité numérique de 2006 est significativement supérieure à celle de 94 pour de nombreuses espèces.

Ceci n'est cependant pas vérifié sur la distribution des différences de densité pondérale. les variations observées sont, selon le test G, le résultat des fluctuations d'échantillonnage. Ainsi, si la densité numérique a statistiquement augmenté alors que la densité pondérale ne varie pas ceci tendrait à dire que le poids moyen individuel aurait diminué.

La distribution des différences de poids moyen individuel est significativement différente de la distribution Gaussienne (Figure 14). Les variations ne sont donc pas dues aux fluctuations d'échantillonnage. De plus on observe visuellement que la distribution des différences de poids moyens individuels est décalée vers la gauche c'est à dire vers les valeurs négatives. La comparaison étant faite dans le sens 2006-1994, si cette différence est négative alors ceci se traduit par une tendance à une diminution du poids individuel moyen calculé pour chaque espèce entre les deux campagnes d'échantillonnage.

### **3.5. Structure en taille**

#### **3.5.1. Spectre de poids individuel en abondance (Fig. 15a)**

L'analyse des spectres de poids individuel en abondance est généralement utilisée afin de décrire la structure de la chaîne alimentaire. L'ajustement linéaire de la relation entre la biomasse et l'abondance explique une part importante de la variance avec un  $R^2$  de 0,98 pour la campagne de 1994 et un  $R^2$  de 0,94 pour la campagne d'octobre 2006.

Soit  $H_1$  : linéaire 1994 = linéaire 2006

et  $H_1$  : linéaire 1994  $\neq$  linéaire 2006

La comparaison des droites de régression par analyse de covariance montre que les deux ajustements linéaires des nuages de points sont significativement différents :

$$F_{vp} = 20,18 > F_{\alpha} = 4,30$$

Avec ce type de représentation, on observe entre 1994 et 2006, une diminution de la classe de poids minimale pour les poissons du plateau continental et une augmentation de la proportion de petits individus. Dans le même temps, la proportion de gros individus dans notre population n'a pas varié. Ceci corrobore parfaitement les résultats obtenus avec l'analyse des distributions des différence qui étayent l'hypothèse d'un bon recrutement.

### **3.5.2. Spectre de taille maximale à l'âge adulte en richesse spécifique (Fig. 15b)**

On observe que toutes les classes de tailles voient leur nombre d'espèces augmenter entre 1994 et 2006 (39 espèces de poissons supplémentaires).

Cette augmentation de diversité peut en partie être induite par un biais d'échantillonnage. En effet la distinction de certaines espèces très proches morphologiquement parlant et qui auraient pu être confondues lors de la campagne de 1994, a pu être rendu possible en 2006 du fait de l'expérience acquise depuis. Cependant il serait difficile de nier l'apparition de nouvelles espèces depuis 94 compte tenu de l'importance de l'augmentation de la biodiversité.

L'ajustement linéaire de la relation entre la taille maximale à l'âge adulte et le nombre d'espèces explique également une part importante de la variance avec un  $R^2$  de 0,89 pour la campagne de 1994 et un  $R^2$  de 0,95 pour la campagne d'octobre 2006.

L'augmentation de biodiversité ne s'est pas faite au dépend ou à l'avantage d'une classe de taille en particulier : Soit  $H_0$  : linéaire 1994 = linéaire 2006

et  $H_1$  : linéaire 1994  $\neq$  linéaire 2006

En effet, l'analyse de covariance révèle qu'il n'existe pas de différence significative de pente pour les droites de régressions des deux nuages de points :

$$F_{vp} = 0,56 > F_{\alpha} = 18,5$$

### 3.6. Comparaison Abondance – Biomasse

Les courbes rangs – fréquences pour la densité pondérale et pour la densité numérique ont été établies pour chacune des 20 strates-zones et pour les deux campagnes d'échantillonnage. (Annexe 11 et 12)

Dans un souci de lisibilité et pour faciliter la comparaison, chaque zone peut être caractérisée par l'indice de Warwick calculé à partir des ces courbes (tableau 5).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des W statistiques de Warwick calculés par strate-zone pour les deux campagnes d'échantillonnage.

Zone	Strate	W 2006	W 1994
1	1	0,01	-0,03
	2	-0,07	-0,09
	3	-0,08	0,02
	4	-0,08	-0,10
	5		-0,02
2	1	-0,06	-0,15
	2	-0,01	0,01
	3	0,02	-0,11
	4	-0,08	-0,02
	5		-0,12
3	1	0,12	-0,19
	2	-0,04	-0,09
	3	-0,10	-0,11
	4	-0,04	-0,08
	5	-0,05	-0,02
4	1	-0,16	-0,09
	2	-0,06	-0,15
	3	0,08	-0,08



4	-0,09	-0,10
5	0,00	-0,09

Chaque zone est donc caractérisée par une valeur de W qui peut être représentée sur une carte (Annexe 13). On observe ainsi facilement que seules deux strates-zones au large de Cayenne avaient un W positif en 1994, signe selon Warwick & Clark (1995) d'un écosystème faiblement perturbé car dominé par des individus de grande taille. En 2006 on dénombre désormais cinq zones avec un W positif. De même le nombre de zone avec un W très négatif (inférieur à -0,05) est passé de 14 en 1994 à 10 en 2006.

Le W moyen calculé sur l'ensemble de la zone d'étude diffère également entre 1994 et 2006. Afin de tester cette différence de le test de comparaison de moyenne de Student a été utilisé :

Soit  $H_0 : W_{1994} = W_{2006}$

et  $H_1 : W_{1994} \neq W_{2006}$

Tableau 6 : Résultat du test de comparaison de moyenne de Student appliqué au W statistique moyen pour les deux campagnes d'échantillonnages.

$W_{1994}$	$W_{2006}$	$S^2_{pd}$	t	$t_{\alpha/2}$	décision
-0,08	-0,04	0,00	33,66	2,03	H1

Ainsi le w de Warwick a augmenté significativement entre 1994 et 2006 pour l'ensemble de la zone d'étude.

### 3.7. Valeurs environnementales optimales.

Les valeurs de températures et de salinité moyenne, minimale et maximale ont été calculées pour le peuplement de 1994 et de 2006 en prenant en compte uniquement les espèces présentes à plus de 5% dans chacune des deux campagnes (Annexe 4). Les résultats sont résumés dans le tableau ci dessous.

Tableau 7 : Valeurs des températures (°C) et salinité (‰) calculées pour le peuplement de 1994 et de 2006 (\* différence significative pour  $ddl = 215$  ;  $\alpha = 0,05$ )

	<b>Peuplement de 1994</b>	<b>Peuplement de 2006</b>	<b>S<sup>2</sup><sub>pd</sub></b>	<b>t</b>
<b>T°<sub>moyenne</sub>*</b>	25,64	26,87	1,39	6,35
<b>T°<sub>max</sub></b>	28,90	29,25	1,68	1,49
<b>T°<sub>min</sub>*</b>	22,27	24,77	1,17	15,45
<b>Salinité<sub>moyenne</sub>*</b>	34,15	33,08	2,16	-3,58
<b>Salinité<sub>max</sub></b>	35,72	35,70	2,52	-0,06
<b>Salinité<sub>min</sub>*</b>	31,21	28,28	1,59	-13,27

Ces valeurs moyennes ont été testées par l'intermédiaire du test de comparaison de moyenne de Student ( $t_{\alpha/2} = 1,972$ ) qui nous indique que la différence observée entre 1994 et 2006 est significative pour les températures et salinité moyennes et maximales (Tableau 7).

On observe ainsi entre 1994 et 2006 une augmentation significative de la température optimale moyenne du peuplement ainsi qu'une diminution de la salinité.

### 3.8. Variations temporelles du peuplements

L'analyse en composante principale (A.C.P) des stations échantillonnées en 1994 et en 2006 a été réalisée en sélectionnant toutes les stations échantillonnées dans les deux années comme individus, et en ne sélectionnant que les espèces ayant une fréquence d'occurrence supérieure à 5% (présente dans au moins 5% des échantillons) comme variable continue active.

Le fort taux d'inertie de ce premier axe est expliqué par l'éloignement des stations du centre de gravité (Figure 16).

L'éboulis des valeurs propres caractérise très nettement le premier axe qui résume à lui seul presque 40% de l'inertie. La décroissance des valeurs propres sur les axes suivants est monotone de 5 à 2% (Tableau 10).

La classification sur facteur réalisée à partir des coordonnées factorielles des individus sur les deux premiers axes a permis de séparer deux groupes d'individus qui correspondent aux stations de l'année 1994 d'une part et aux stations échantillonnées en 2006 d'autre part (Annexe 14). Ces deux groupes sont très distinctement séparés d'une part et d'autre de l'axe 1 (39,88%)

Les stations de 1994 sont principalement associées aux espèces suivantes : *Upeneaeus parvus*, *Orthopristis ruber*, *Larimus breviceps*, *Chloroscombrus chrysurus* alors que les stations de 2006 sont principalement associées à *Narcine brasiliensis* et *Colomesus psittacus* (Figure 17)

L'axe 2 quant à lui va distinguer pour les stations de 2006 un gradient bathymétrique. Ce second axe est principalement expliqué par les espèces *Priacanthus arenatus* et *Acanthostracion quadricornis*. Ces deux espèces sont des espèces marines que l'on trouve dans les zones les plus éloignées de la côte. Ce gradient bathymétrique est moins visible dans la dispersion des stations échantillonnées en 1994.

Les autres axes n'apportent pas d'informations complémentaires aisément interprétable.

### 3.9. Structure spatiale des peuplements.

On procède à une analyse factorielle des correspondances avec les stations échantillonnées en 1994 et en 2006 comme individus et l'abondance des espèces présentant une occurrence supérieure à 5% en tant que variable continue active, et la bathymétrie en tant que variable nominale illustrative à 5 modalités (Figure 18)

Les deux premiers axes sont les seuls à expliquer chacun plus de 10% de la variance (Tableau 11). On constate également que la décroissance de la valeur propre des dix premiers axes est monotone de 10 jusqu'à 3, 56% (Figure 19).

En 1994, Nerini à l'aide de différentes analyses factorielles et plus récemment Gueguen (2000), ont fait ressortir pour un échantillonnage mené en octobre 93 selon un même protocole, une opposition entre d'un côté, un peuplement côtier et de l'autre un peuplement plus hauturier.

Cette stratification bathymétrique semble liée aux facteurs environnementaux, surtout la salinité et la nature du substrat qui sont fortement conditionnées par les apports de l'Amazonie (Guéguen, 2000). Ainsi, les eaux littorales, très turbides et saumâtres, abritaient en 1993 un peuplement dominé par *Xiphopenaeus kroyeri*, *Dasyatis americana*, *Arius proops*, *Arius rugispinis*, *Arius grandicassis* et *Stellifer rastrifer*.

Plus au large le peuplement marin est dominé quant à lui par *Chloroscombrus chrysurus*, *Upeneus parvus*, *Orthopristis ruber*, *Lutjanus synagris*, *Eucinostomus argenteus* et *Cynoscion similis*.

L'analyse visuelle de la répartition des stations de 1994 et de 2006 sur le plan factoriel 1-2 montre clairement que la structure spatiale de notre peuplement n'a pas évolué entre 1994 et 2006 et ceci malgré la variation des assemblages spécifiques du plateau continental guyanais pendant cette même période.

En effet les nuages de points représentant les stations échantillonnées en 1994 et les stations échantillonnées en 2006 se recouvrent et adoptent tous les deux une forme parabolique. On distingue ainsi pour les deux années, un peuplement côtier, un peuplement large et un peuplement intermédiaire qui sont expliqués en grande partie par la modalité bathymétrie (Figure. 18), (Annexe 15).

La structure spatiale du peuplement du plateau continental guyanais mise en évidence par Nérini et par Guéguen pour l'année 93 ressort donc bien avec ce type d'analyse, à la fois pour 94 et pour 2006 (Annexe 16 et 17).

### 3.9.1. Le peuplement côtier.

Le peuplement côtier discriminé par l'A.F.C est un peuplement où *Xiphopenaeus kroyeri* est très largement dominant en 1994 comme en 2006 (respectivement 57% et 78% de la densité numérique totale). Les espèces majoritaires sont ensuite, par ordre décroissant : *Macrodon ancylodon*, *Stellifer rastriifer*, et *Farfantepenaeus subtilis*.

Ce peuplement typique des eaux saumâtres peu profondes présente une diversité plus faible que les deux autres ( tableau 11).

Tableau 11 Tableau récapitulatif des différents indices de diversité calculé pour les différents peuplement discriminés par l'A.F.C, lors des campagnes d'octobre 1994 et 2006. (\* différence significative pour  $\alpha = 0,05$ )

	peuplement	1994	2006
S	Côtier	16,12	19,57
	Intermédiaire	12,60	25,75
	Large	17,78	23,92
H'	Côtier *	1,31	1,19
	Intermédiaire *	1,17	1,60
	Large *	1,45	2,28
J'	Côtier *	0,47	0,41
	Intermédiaire *	0,48	0,50
	Large *	0,51	0,73
N1	Côtier	4,13	3,74
	Intermédiaire	3,34	5,17
	Large	5,00	10,38

<b>N2</b>	Côtier	2,78	2,43
	Intermédiaire	2,35	3,44
	Large *	3,36	6,97

On constate également que pour le peuplement côtier, malgré un nombre d'espèces plus important, l'indice de diversité  $H'$  et l'indice de régularité  $J'$  calculés en 2006 sont significativement inférieurs à ceux de 1994 (Tableau 12). Ceci s'explique très certainement par l'augmentation de la dominance de *Xiphopenaeus kroyeri* entre les deux campagnes d'échantillonnage (Annexe 16 et 17).

Du fait de la dominance de *X. kroyeri*, il résulte également que le peuplement côtier se retrouve dominé par une crevette de faible poids individuel. La courbe rang-fréquence en terme d'abondance est donc supérieure à la même courbe calculée cette fois-ci avec les valeur de biomasse (Figure. 20 a et b). La méthode de comparaison Abondance-Biomasse nous indique donc à l'aide du W statistique négatif en 1994 comme en 2006 que ce peuplement, selon Warwick est perturbé.

La crevette *Xiphopenaeus kroyeri* a toujours été très dominante dans les eaux côtières de Guyane. Les paramètres environnementaux des eaux dans cette bande côtière sont naturellement très exigeants pour les organismes (fortes variations de salinité et de température, peu de lumière). Ainsi dans des conditions « normales » le peuplement côtier ne peut être constitué que d'un faible nombre d'espèces capables de supporter de telles variations des conditions environnementales ce qui engendre un indice de Warwick négatif. L'information la plus importante à retenir pour le peuplement côtier est donc que entre 1994 et 2006, l'espèce majoritaire n'a pas changé.

### **3.9.2. Le peuplement du large.**

Le peuplement du large est quant à lui, un peuplement dominé par des espèces marines tel que *Larimus breviceps* en 1994 et *Amussium papiraceum*, *Syacium papillosum*, *prionotus spp*, *Chloroscombrus chrysurus* et *Lutjanus purpureus* en 2006.

Les stations les plus éloignées de la côte sont caractérisées par une biodiversité plus importante. Il existe de ce fait un gradient croissant de biodiversité avec la profondeur (Tabl. 11). Dans le même temps les courbes de comparaison entre l'abondance et la biomasse

cumulée s'équilibrent. Ainsi les espèces qui dominent sont plus grosses en 2006, et l'indice de Warwick devient positif (Figure 21 a et b).

Tableau 12 : Valeurs de l'indice de Warwick (W) calculé par peuplement en octobre 1994 et octobre 2006

Peuplement	W 1994	W 2006
côtier	-0,052	-0,037
Intermédiaire	0,008	-0,045
Large	-0,136	0,032

Ce peuplement apparaît comme perturbé en 1994 du fait de la très forte dominance de *Larimus breviceps*. Cette espèce, qui peut atteindre 31 cm, correspond à presque 50% du peuplement du large. En 2006, il n'y a pas d'espèces dominantes. *Amussium papiraceum* qui est la plus abondante correspond seulement à 10% de la densité numérique totale. Ceci ajouté au fait que les espèces qui dominent le peuplement sont de taille moyenne à grosse explique que la méthode de Warwick décrit ce peuplement comme non perturbé (Tableau. 12).

### 3.9.3. Le peuplement intermédiaire.

Le peuplement intermédiaire correspond à une peuplement de transition entre le peuplement marin, situé au large, et le peuplement saumâtre, situé près des côtes. Sur les cartes de répartition ce peuplement s'est étendu en superficie entre 1994 et 2006 (Annexe 16 et 17).

En 1994, ce peuplement était dominé par deux espèces, *Upeneus parvus* et *Chloroscombrus chrysurus* qui représentent à elles seules, 70% du peuplement en terme de densité pondérale. Selon Léopold (2004), ces deux espèces font partie des principales captures accessoires du fait de leur mode de vie grégaire. Ces deux espèces sont de tailles moyenne (respectivement 25 et 35 cm pour les tailles maximale). Ceci explique que la méthode de Warwick révèle une courbe d'abondance qui croise celle de la biomasse. Ceci est le signe d'un peuplement modérément perturbé (Figure 22a).

En 2006, aucune espèce ne domine véritablement ce peuplement. Les espèces majoritaires sont *Cynoscion similis*, *Penaeus subtilis*, *Stellifer rastriifer* et *Harengula jugana*. Cependant, la méthode de Warwick nous indique que ce peuplement est perturbé en 2006.

Sur la carte de répartition des peuplements on constate que le peuplement intermédiaire s'étend majoritairement dans les zone 1 et 2 et est compris entre 30 et 50m de profondeur. Or il s'avère que ceci correspond exactement aux zones où l'effort de pêche s'est concentré (Annexe 3 ).

Ceci nous permet de confirmer que l'indice de Warwick serait donc sensible aux perturbations physiques induites par la pêche.



## **4. Synthèse et Interprétation.**

### **4.1. Paramètres environnementaux et effort de pêche**

En Guuyane, l'effort de pêche a diminué de manière significative depuis 1983. Sachant que la pression de pêche est maximale pour les gros individus (Blanchard, 2000), une diminution de l'exploitation devrait théoriquement favoriser les espèces de grande taille et à forte longévité. Cependant, pour ces dernières, le temps de réponse est relativement élevé. En effet, les espèces de grandes tailles, mettent globalement plus de temps afin de reconstituer leur stock du fait de leur maturité sexuelle tardive et parfois de leur fécondité plus faible. L'effet de la diminution de la pêche devrait donc être plus visible sur l'échantillonnage de 2006 que sur celui de 1994.

Mais encore, d'après les données de température, depuis 1995 l'éventuelle reconstitution du stock de poissons démersaux se fait dans un contexte environnemental différent avec des eaux de surfaces en moyenne plus chaudes.

Au cours de cette étude, on pouvait donc s'attendre à des modifications profondes du peuplement avec une augmentation des stocks d'espèces composés de gros individus et une prédominance d'espèce adaptées à des eaux plus chaudes. Pour le vérifier, l'utilisation de multiple d'indicateurs plus ou moins sensibles à différents degrés de perturbation a été utilisé.

### **4.2. Méthodes univariées**

Comme cela est souvent le cas dans les écosystèmes marins tropicaux, la macrofaune du plateau continental guyanais est caractérisé par une diversité biologique élevée. Cependant la plupart des espèces ne sont pas fréquemment capturées et seulement une dizaine d'espèces correspond à 90% de l'abondance totale.

La diversité biologique n'est pas homogène sur l'ensemble de la zone d'étude. Par exemple, plus on s'éloigne des côtes plus le peuplement est diversifié (Tabl. 6). Ceci s'explique en majorité par les conditions de vie très stressantes pour les organismes à proximité des côtes. Les fortes variations de salinité rencontrées ainsi que la faible luminosité du fait de la turbidité élevée, nécessite une bonne adaptation de la part des organismes.

De plus, la diversité biologique dépendrait pour partie du niveau de l'exploitation des ressources. Ainsi selon les indices  $H'$  et  $J'$ , le peuplement de 2006 est plus diversifié et présente une régularité plus importante qu'en 1994. Les indices de diversité utilisés confirment une diminution de la perturbation induite par la pêche.

Entre 1994 et 2006, on observe également un remplacement d'espèce de petite taille, comme *Upaenus parvus* par des espèces de taille maximale plus importante comme *Cynoscion similis*. Dans le même temps, les espèces de taille importante à stratégie K, comme les chondrichthyens, montrent une forte augmentation aussi bien en terme d'abondance qu'en terme de nombre d'espèce. Ceci ne peut pas être attribué à l'échantillonnage d'octobre 1994 qui serait « passé à côté » de ces espèces. Durant des campagnes précédentes (Octobre – Mai 1993) cette absence de certaines espèces de chondrichthyens avait déjà été remarqué par Guéguen et s'explique de différentes manières.

Premièrement, les Chondrichthyens ne subissent pas, sur l'ensemble du plateau des Guyanes, de pression de pêche ciblée spécifiquement sur eux. En effet les raies et requins ne sont que très peu consommés dans la région. De plus, les rajiformes sont réparties dans les eaux saumâtres du littoral. Elles viennent se reproduire dans les estuaires des fleuves et sont donc majoritairement présentes à proximité des côtes. Ces zones côtières représentent une véritable nourricerie pour les juvéniles de crevettes. Elles sont par conséquent interdites au chalutage.

Ainsi entre les deux campagnes d'échantillonnage, on observe une augmentation de la proportion d'espèces à stratégie K.

Selon les principes énoncés par Frontier et Pichod-viale (1991), le remplacement progressif des espèces à stratégie r par des espèces à stratégie K va dans le sens d'une diminution du niveau de perturbations.

### **4.3. Méthodes graphiques et distributionnelles**

#### **4.3.1. distributions des différences**

La densité numérique par espèce entre 1994 et 2006 a globalement augmenté de manière significative. Cette augmentation n'est pas due aux fluctuations d'échantillonnages (Fig. 13). De plus, entre 1994 et 2006 le poids moyen individuel calculé par espèce a diminué (Fig. 14). Il y a donc en 2006, plus d'individus mais qui sont dans l'ensemble de taille moins importante qu'en 1994.

Ceci traduit certainement un meilleur recrutement en 2006. En effet, l'impact de la pêche étant moins importante, les individus peuvent atteindre leur maturité sexuelle plus facilement et le succès de la reproduction s'en trouve favorisé. Par ailleurs, les conditions environnementales ont changé, au bénéfice de certaines espèces dont le recrutement a pu être favorisé.

La méthode de distribution des différences ne nous permet cependant pas d'affirmer si l'augmentation de la proportion des petits individus est dû à l'augmentation de la proportion d'espèces opportunistes à stratégie « r » généralement de petite taille, ou bien à une augmentation de la proportion de juvéniles d'espèces à stratégie démographique « K ». Pour cela d'autres analyses complémentaires comme l'analyse des spectres de tailles ont été réalisées.

#### **4.3.2. Structure en taille.**

Le spectre de biomasse normalisé révèle une augmentation de la proportion de petits individus dans la population sans que les gros se retrouvent défavorisés. Or il existe dans notre population de poissons, deux types de petits individus :

- les individus adultes et juvéniles d'espèces à stratégie démographique « r ».

Généralement de petite taille, ces individus ont une durée de vie courte, une croissance rapide, et atteignent leur âge de maturité sexuelle rapidement

- les individus juvéniles d'espèces à stratégie démographique « K ».

Ils peuvent potentiellement atteindre des tailles importantes. Ces individus ont une croissance plus lente et atteignent l'âge de maturité sexuelle plus tardivement.

Ces deux types d'individus, que l'on ne peut pas discerner avec la méthode des distributions des différences ni avec le spectre de poids individuel, réagissent de manière différentes face à la pêche et au réchauffement climatique.

Une diminution de l'impact de la pêche favorise théoriquement les individus à stratégie « K » de grande taille alors moins capturés. Ceci a pour conséquence d'augmenter le recrutement de ces espèces qui se traduit par une augmentation de la proportion d'individus de faible poids

Au contraire une variation des conditions environnementales est dans un premier temps plus favorable aux espèces de stratégie « r », qui ont une réactivité plus forte. Ainsi des changements de conditions environnementales provoqueraient une augmentation de la proportion de ces espèces et se traduit sur le spectre par la même augmentation de la proportion d'individus de faible poids. Cependant, le réchauffement climatique s'observe en Guyane depuis maintenant plus de dix ans si on considère l'année 1995 comme année de début du réchauffement. Or en dix ans, les espèces à stratégie K qui ont la capacité de s'adapter à des eaux plus chaudes ont sans doute déjà pu réagir et peuvent ainsi bénéficier de nouvelles niches écologiques laissées libres par les espèces qui n'ont pas pu s'adapter aux modifications hydroclimatiques.

L'utilisation du spectre de taille maximale à l'âge adulte en richesse spécifique (Fig. 18b) nous permet de déterminer l'origine de l'augmentation des individus de faible poids. Ce dernier nous informe qu'il n'y a pas de stratégie démographique plus favorisée qu'une autre puisque selon cet indicateur, les petites espèces à stratégie « r » augmentent de la même manière que les espèces à stratégie « K ».

L'augmentation de la proportion des individus de petite taille serait ainsi le résultat cumulé d'une augmentation du recrutement d'espèces à stratégie « K » et de l'augmentation du nombre d'espèces de petite taille.

#### **4.3.3. Comparaison Abondance- Biomasse.**

Selon Warwick et Clarke, l'utilisation du W statistique nous informe que, dans l'ensemble, l'écosystème guyanais reste dominé par des espèces de petite taille mais que cette dominance est moins importante en 2006 qu'en 1994. Dans le même temps l'effort de pêche a diminué et semble expliquer l'amélioration de l'indice de Warwick.

Selon les hypothèses des auteurs, le peuplement du plateau continental serait donc adapté à l'existence de perturbations. Nos résultats supportent ainsi le fait que l'action de pêche peut, et doit être considéré comme une perturbation physique en diminution dans notre étude.

Il faut cependant faire attention. Tout d'abord, cette méthode ne nous permet pas de déterminer précisément l'origine de la perturbation. De plus, la méthode ABC est basée sur des théories écologiques qui décrivent la succession des peuplements soumis à des perturbations croissantes. Ces théories peuvent admettre des exceptions (Vernon et Blanchard, 2006).

Il existe de ce fait des écosystèmes avec des conditions environnementales naturellement contraignantes et qui sont dominés par un faible nombre d'espèces, les mieux adaptées. C'est le cas des zones côtières en Guyanes qui subissent de fortes variations de salinité ainsi qu'une forte turbidité. Cette méthode doit donc être utilisée prudemment. Dans notre étude, elle ne nous permet pas directement de quantifier une perturbation mais sera utilisée afin de quantifier son évolution.

#### **4.4. Valeurs environnementales optimales**

Cette méthode nous indique qu'entre 1994 et 2006 le peuplement s'est modifié de manière significative. En effet, la température moyenne du peuplement a augmenté de 1,23°C. Ceci traduit le fait que les espèces possédant les températures moyenne les plus élevées ont augmenté en abondance et celles avec les températures les plus basses ont diminué. Par exemple pour les Dasyatidae, *Dasyatis americana* qui possèdent la température moyenne la plus basse à disparu au profit de *Dasyatis geijkesi* et de *Dasyatis guttata* qui possèdent quant à elles des moyennes plus élevée.

Les valeurs d'abondance utilisées pour pondérer les températures sont à la fois sensible aux paramètres environnementaux et à la pêche. Tout fois, il n'y a pas de raison pour que la pêche ait induit une diminution d'abondance des espèces adaptées aux eaux les moins chaudes et une augmentation de celles adaptées aux eaux les plus chaudes. Il s'agirait donc bien dans ce cas, d'un effet du réchauffement.

#### **4.5. Méthodes multivariées**

##### **4.5.1. Variations temporelles des peuplements**

L'analyse en composante principale effectuée sur des données « log – normée » fait ressortir de profonds changements dans la composition spécifique du peuplement démersal du début et milieu de plateau continental guyanais. Ceci se traduit par deux nuages de stations bien

distincts qui ne se chevauchent pas, avec d'un côté, les stations de la campagne de 1994, et de l'autre celles de 2006. Cependant, ces modifications de composition spécifique sont-elles suffisamment importante pour modifier la structure spatiale des peuplements ?

#### **4.5.2. Variations spatiales des peuplements**

L'analyse factorielle des correspondances fait ressortir une structure écologique de la faune telle que trois peuplements majeurs distincts se succèdent depuis la côte vers le large.

Une telle zonation écologique en relation avec la bathymétrie apparaît essentiellement liée aux conditions physico-chimique du milieu et plus particulièrement la salinité et la turbidité des eaux. Ainsi, le peuplement côtier associé à des conditions très stressantes (fortes variations de salinité, turbidité importante) sera très fortement dominé par une seule espèce : *Xiphopenaeus kroyeri*.

Au fur et à mesure que l'on s'écarte des côtes, les eaux deviennent de moins en moins turbides et de plus en plus salées. Le peuplement côtier est alors remplacé au profit d'un peuplement marin plus diversifié et qui apparaît comme moins perturbé.

Cette structure spatiale, malgré les modifications de la composition spécifique des différents peuplements entre 1994 et 2006, est conservée entre les deux campagnes d'échantillonnages.

## 5. Discussion.

L'étude comparative du peuplement démersal du plateau continental guyanais a révélé de grands changements entre 1994 et 2006.

Entre 1994 et 2006, les paramètres environnementaux ont évolué, marqués par une augmentation significative de la température des eaux de surface.

Sachant que les poissons sont des organismes poïkilothermes, une modification des paramètres environnementaux a des répercussions directes sur les organismes. Ainsi, les analyses multivariées ont mis en évidence une modification de la composition spécifique du peuplement démersal de Guyane telle qu'analysée par l'ACP. La variation de composition spécifique n'a cependant pas provoqué de variation de la structure spatiale selon l'AFC. Ceci a déjà été observé dans le même type d'étude sur le plateau continental du Golf de Gascogne en France (Annexe 18, 19). Cette étude menée par l'Ifremer fut une des premières approche écosystémique de l'impact des changements climatiques sur un peuplement marin exploité. Elle avait en effet révélé de la même manière cette modification de la composition spécifique avec une augmentation de la proportion des espèces sub-tropicales sans pour autant que ceci n'affecte la structure spatiale des peuplements mis en place (Poulard *et al.* 2003 ; Poulard et Blanchard 2005 ; Blanchard et Vandermeirsch 2005).

Dans le cas d'étude Guyane, on peut ainsi distinguer certaines espèces habituées aux eaux les plus chaudes qui ne seront pas très affectées par le réchauffement. C'est le cas de *Cynoscion similis*. Ces espèces étant moins défavorisées que d'autres peuvent ainsi se développer plus fortement. D'autres au contraire, trouvaient déjà en Guyane les conditions de températures maximales le permettant de se développer correctement. Pour ces dernières une augmentation de la température de l'eau a de fortes chances d'être défavorable et se traduirait ainsi par une diminution de leur abondance dans les eaux guyanaises. C'est le cas de *Upeneus parvus*.

Toute fois, les eaux de Guyane avec une température moyenne de l'ordre de 27°C tout au long de l'année font partie des eaux les plus chaudes de l'atlantique Ouest. Seules quelques zones bien précises à certaines périodes de l'année peuvent atteindre des températures plus élevées. C'est le cas par exemple des Antilles en saison sèche. Ainsi, on aurait pu s'attendre

sur le plateau continental guyanais, avec l'augmentation de la température depuis 1995, à une importante raréfaction de la plupart des espèces de poissons.

Or on constate au contraire que les densités numériques et pondérales sur l'ensemble de la zone d'étude n'ont pas diminué mais, au contraire, ont augmenté pour un nombre important d'espèces. Dans le cas du Golfe de Gascogne, les modifications du peuplements de poissons s'accompagnent aussi d'une augmentation de la biomasse et de l'abondance totale (Blanchard et al. 2006)

Ceci peut être dû à différents facteurs. Tout d'abord, on a constaté que l'effort de pêche à la crevette sur le plateau continental est en diminution constante depuis 1983 (Fig. 9). Les poissons correspondant à 90% des captures accessoires des crevettiers, subissent ainsi une pression anthropique beaucoup moins importante. L'utilisation d'indicateurs couramment employés dans ce genre d'étude tel que, l'indice de Warwick, les indices de diversité et les différents indicateurs relatifs aux populations (densité, poids moyen individuel...) ont par ailleurs montré que l'effet de cette diminution de l'impact de la pêche, est plus visible sur l'échantillonnage de 2006 que celui de 1994.

Ceci peut sans doute s'expliquer par le temps de réponse relativement élevé qui caractérise les espèces à stratégie démographique K qui font parti des espèces les plus sensibles à la pêche.

Mais encore, une étude menée par le CNRS sur l'évolution décennale récente (1980-2000) de la biomasse phytoplanctonique dans l'océan mondial a montré une augmentation de la biomasse phytoplanctonique et ainsi de la production primaire dans les eaux de Guyane (Annexe 19). Cette augmentation de la production primaire peut expliquer en partie l'absence de baisse significative de la biomasse de poissons et d'invertébrés benthiques dans l'écosystème guyanais. Evidemment ceci n'est qu'une hypothèse et ne peut être certifié sans des analyses plus précises dans ce domaine.

Tout fois, sachant que le réchauffement climatique s'est accentué depuis 1995, la diminution du niveau de perturbation observée dans l'écosystème ne peut pas être attribuée aux facteurs hydroclimatiques. On peut donc affirmer que le remplacement des espèces à stratégie r par celles à stratégie K est rendu possible grâce à la diminution constante de l'effort de pêche. Cependant, on ne peut exclure de notre raisonnement l'influence du réchauffement climatique. Celui ci se traduit par l'augmentation des espèces adaptées aux eaux chaudes comme *Cynoscion similis*, *Dasyatis geijkesi* et *Dasyatis guttata* et par la diminution d'espèces adaptées à des eaux plus froides comme *Dasyatis americana* et *Upaenus parvus*.



Les espèces à stratégie K peuvent ainsi se développer à la condition qu'elles soient adaptées à un nouvel environnement climatique plus chaud. Cependant, ces résultats ont été obtenus par l'analyse de deux campagnes espacées de douze années. Cela pose la question de la variation inter-annuelle : les changements observés sont-ils liés à des variations inter-annuelles ou s'inscrivent-ils réellement dans une tendance à long terme. D'autres campagnes devront être réalisées pour répondre à cette question mais on peut déjà affirmer que l'hypothèse d'une tendance réelle s'interprétant bien selon les deux facteurs forçant (pêche et climat) doit être privilégiée.

## **6. Conclusion.**

L'écosystème du plateau continental guyanais serait donc un écosystème en reconstitution du fait de la diminution de l'effort de pêche. Cependant, cette reconstitution est « déterminée » et « guidée » par les conditions environnementales qui ont évoluées par rapport aux conditions d'avant la mise en place de l'industrie crevettière en Guyane. De ce fait, les espèces dont le développement est rendu possible par la diminution de la pêche aujourd'hui, sont également les espèces les mieux adaptées aux eaux les plus chaudes.

Jusqu'à présent, la gestion des stocks de pêche s'est basée sur des approches monospécifiques qui ne tenaient compte, ni des fluctuations environnementales, ni des relations entre espèces. Dans le contexte d'une tendance forte des conditions environnementales, les capacités de production sont modifiées. Les objectifs de la gestion halieutique doivent donc être revus à la lumière de ces changements de capacité. C'est pourquoi, dans le cadre de la gestion durable des pêches, ce genre d'approches écosystémiques, prenant en compte les paramètres environnementaux, devront être développées.

L'évaluation d'un impact du réchauffement climatique, nécessite d'effectuer des suivis réguliers et pluri-annuels, au moins durant les deux saisons marquées (saison sèche et saison des pluies) des communautés démersales du plateau continental guyanais. Cette nouvelle approche permettrait d'une part de mieux connaître le fonctionnement de cet écosystème au travers des cycles temporels et/ou spatiaux, mais surtout de mieux cibler les éventuels impacts du réchauffement climatique ainsi que de la pêche sur l'ensemble de la faune marine.

A terme l'objectif est de parvenir à la mise en place de tableaux de bord opérationnels pour le suivi de l'état des écosystèmes (Annexe 20)

## **7. Références Bibliographiques.**

Anonyme (1995) Evaluation du volume et cartographie des captures accessoires de la pêcherie de crevette péneides en Guyane française. Rapport IFREMER 92/3504. 100pp

Artigas L.F *et al* (2003) Marine biodiversity in French Guiana : estuarine, coastal and shelf ecosystems under the influence of Amazonian waters. *Gayana*. 67(2) : 302-326.

Beaugrand G, Ibanez F (2004) Long-term changes in North Sea calanoid copepods in relation to hydro-climatic variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 284 :35-47

Bernard C (2006) Changement climatique, conséquences potentielles pour la biodiversité ichtyologique et pour la pêche côtière en Guyane française entre 1970 et 2005. Mémoire Master 2 Geni.A.L Université La Rochelle, IFREMER.

Blanchard F, *et al* (2004) Fishing effects on diversity, size and community structure of the benthic invertebrate and fish magafauna on the Bay of Biscay coast of France. *Mar Ecol Prog Ser* 280:249-260.

Blanchard F, *et al* (2006) Effet de la pêche et du réchauffement climatique sur le peuplement de poissons du Golf de Gascogne et conséquence pour les pêcheries *In* : Biodiversité et changement global, réponses adaptatives au changement global : résultats et perspective, IFB-GICC Colloque de restitution 18-20 septembre 2006

Blanchard F (2001) Une approche de la dynamique des peuplements démersaux exploités: analyse comparée de la diversité spécifique dans le golfe de Gascogne (Océan Atlantique) et dans le golf du Lion (Mer Méditerranée). *Aquat. Living Resour.* 14: 29-40.

Blanchard F, Boucher J (2000) Dynamique des peuplements de poissons démersaux et impact de la pêche dans le golf de Gascogne. *In* : Océanographie du golf de Gascogne. VIIe Colloq. Int., Biarritz, 4-6 avril 2000. Elbée J. (d') & Prouzet P. Ed. Ifremer, Actes Colloq. 31, 181-186.

- Blanchard F, Vandermeirsch F (2005) Warming and exponential abundance increase of subtropical fish *Capros aper* in the Bay of Biscay (1973-2002) C. R. Biologies. 328: 505-509.
- Dulvy N.K *et al.* (2000) Fishery stability, local extinctions, and shifts in community structure in skates. Cons. Biol. 14: 283-293.
- F.A.O (2007) La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2006. Rome.
- Frontier S, Pichod-Viale D(1991) Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Masson, Paris.
- GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat) (2005) Réchauffement climatique : les nouveaux résultats des models français, CNRS, CEA, Météo France, conférence de presse à Paris le 2 juin 2005 18pp.
- GIEC (2007) Résumé à l'intention des décideurs, Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Bilan 2007 des changements climatiques, les bases scientifiques physiques 25pp.
- Guéguen F (2000) Distribution et abondance des poissons démersaux et de quelques autres organismes benthiques marins du plateau continental (0-60 m) de Guyane française. C. R. Biologies. 323: 775-791.
- Groussin J (2001) Le climat Guyanais. Le grand Atlas illustré de la Guyane, Ed IRD p 46-49.
- Hall SJ (1999) The effects of fishing on marine ecosystems and communities. Blackwell Science Ltd, Oxford (UK), 275pp
- Kodama K *et al.* (2002) Long-term changes in the assemblage of demersal fishes and invertebrates in relation to environmental variations in Tokyo Bay, Japan Fisheries. Fisher. Manag. Ecol 9: 303-313
- Léopold M (2004) Guide des poissons de mer de Guyane. Ed IFREMER, 216pp.
- Nerini D (1994) Elaboration d'un protocole d'analyses de données pour une typologie des peuplements demersaux du plateau continental guyanais. Mémoire D.E.A Sciences de l'environnement marin Université Aix Marseille II, IFREMER.
- Perry AL *et al.* (2005) Climate change and distribution shifts in marine fishes. Sciencexpress. 7pp
- Platt T et Denman K (1978) The structure of pelagic marine ecosystems. Rapp P-V Reun Cons Int Explor Mer 173: 60-65

- Poulard J.C, Blanchard F (2005) The impact of climate change on the fish community structure of the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. ICES J Mar Sci 62: 1436-1443
- Poulard et al. (2003) Variability in the demersal fish assemblages of the Bay of Biscay during the 1990s. ICES MSS 219: 411-414
- Prost M.T *et al.* (2001) Système de dispersion amazonien ; Dynamique côtière régionale ; Impact sur le littoral guyanais ; Dynamique côtière locale. Le grand Atlas illustré de la Guyane, Ed IRD p 58-61
- Rivierre *et al.* (2007) Compte rendu de la campagne « CHALOUPE »(Octobre 2006) sur le plateau continental de la Z.E.E guyanaise. Rapport IFREMER DCM/HMT/RHGUY-2007-01. 41pp.
- Roessig J.M *et al.* (2004) Effects of global climate change on marine and estuarine fishes and fisheries. Fish Biology and Fisheries 14: 251–275
- Rogers S.I, Ellis J.R (2000) Changes in the demersal fish assemblages of British coastal waters during the 20<sup>th</sup> century. ICES J Mar Sci 57: 866-881
- Rosé J, Achoun J (1995) Compte rendu de la campagne "RESUBGUY 5" (Octobre 1994) sur le plateau continental de la Z.E.E guyanaise. Rapport IFREMER DRV-95RH/Cayennne. 60pp
- Sanchez F, Olaso I (2004) Effects of fisheries on the Cantabrian Sea shelf ecosystem. Ecol. Model. 172: 151-174
- Scherrer B (1988) Biostatistique. Morin,G. (Ed.)
- Vergnon R, Blanchard F (2006) Evaluation of trawling disturbance on macrobenthic invertebrate communities in the Bay of Biscay, France: Abundance Biomass Comparison (ABC method). Aquat. Living Resour. 19 : 219–228.
- Warwick RM, Clarke KR (1995) New biodiversity measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. Mar Ecol Prog Ser 129:301-305

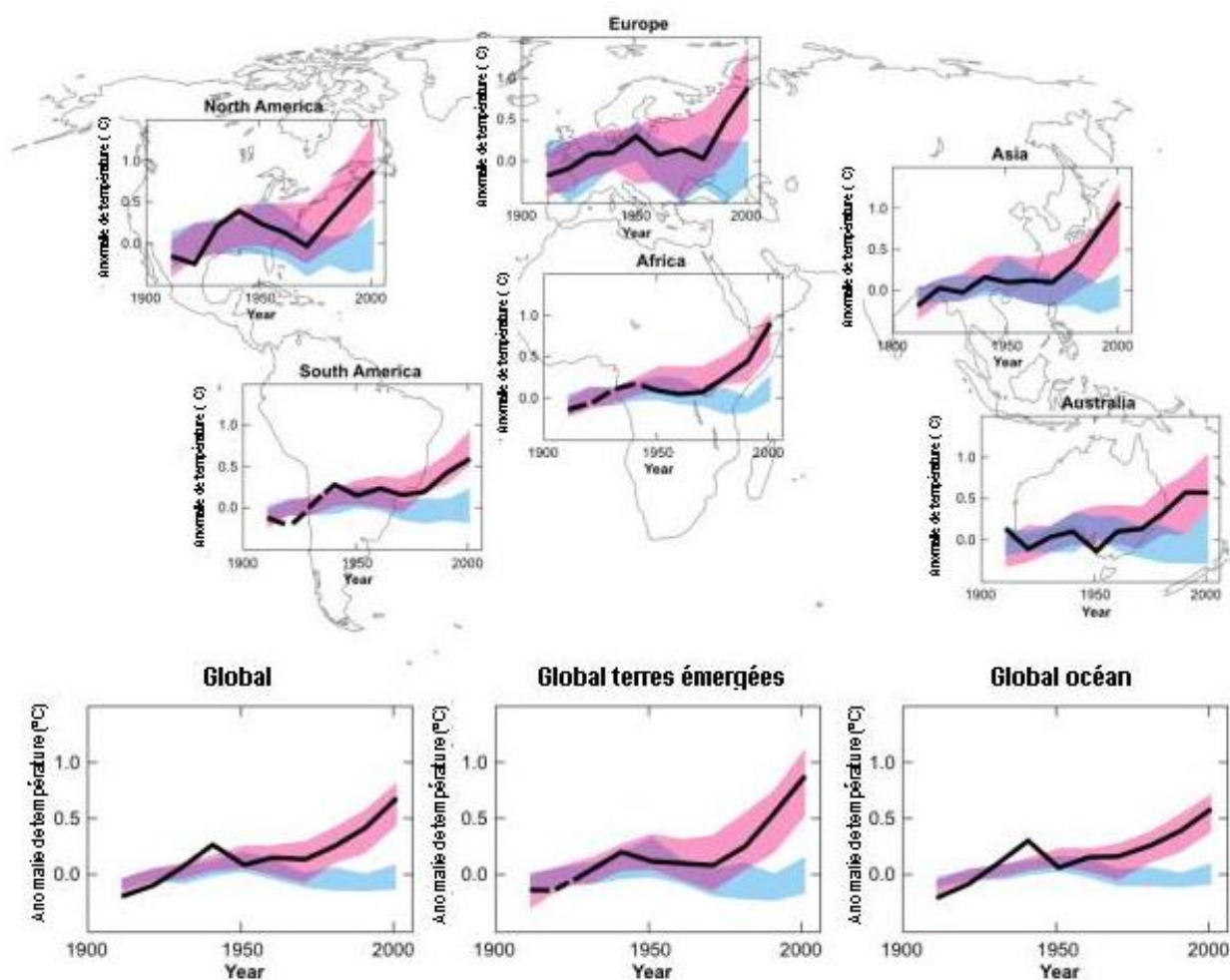
## Liste des Annexes :

- 1 : Changements de température aux échelles globale et continentale
- 2 : Superficie des différentes strates-zones définies
- 3 : Evolution de 1994 à 2006 des différents indices d'abondance et de l'effort de pêche calculés par strate-zone.
- 4 : Tableau récapitulatif des tailles maximales (cm) de chaque espèce ainsi que des températures moyennes (°C) et des salinités moyennes associées à l'air de répartition de chaque espèce présente à plus de 5% dans les échantillonnages de 1994 et de 2006.
- 5 : Evolution de 1994 à 2006 des différents indices d'abondance de la population de chondrichtyens sur le plateau continental Guyanais.
- 6 : Evolution entre 1994 et 2006 des indices de diversité S, H' et J' calculés par strate-zone.
- 7 : Evolution entre 1994 et 2006 des indices de diversité N1 et N2 calculés par strate-zone.
- 8 : Evolution de la densité numérique pour les espèces présentes à plus de 5% dans les échantillonnages de 1994 et de 2006.
- 9 : Evolution des densités pondérales (g.km<sup>2</sup>) pour les espèces présentes à plus de 5% dans les échantillonnages de 1994 et de 2006.
- 10 : Evolution des poids individuels moyens (g) pour les espèces présentes à plus de 5% dans les échantillonnages de 1994 et de 2006.
- 11 : Courbes rang-fréquence de l'abondance et de la biomasse relative cumulées pour chaque strate-zone échantillonnée lors de la campagne d'octobre 1994.
- 12 : Courbes rang-fréquence de l'abondance et de la biomasse relative cumulées pour chaque strate-zone échantillonnée lors de la campagne d'octobre 2006.

- 13 : Evolution entre 1994 et 2006 de l'indice de Warwick (W) calculé par strate-zone.
- 14 : Classification ascendante hiérarchique sur facteur réalisée à partir des coordonnées des stations projeté dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP.
- 15 : Classification ascendante hiérarchique sur facteur réalisée à partir des coordonnées des stations projeté dans le plan factoriel 1-2 de l'AFC.
- 16 : Représentation spatiale des peuplements de 1994 identifiés par l'analyse factorielle des correspondances ainsi que la proportion relative des principales espèces les composant et les courbes de comparaison Abondance-Biomasse.
- 17 : Représentation spatiale des peuplements de 2006 identifiés par l'analyse factorielle des correspondances ainsi que la proportion relative des principales espèces les composant et les courbes de comparaison Abondance-Biomasse
- 18 : Projection des stations dans le premier plan factoriel de l'ACP effectuée avec les stations échantillonnées en 1988 et en 2002 dans le golfe de Gascogne comme individus et l'abondance des espèces présentant une occurrence supérieure à 5% en tant que variable continue active.
- 19 : Projection des stations dans le premier plan factoriel de AFC effectuée avec les stations échantillonnées en 1988 et en 2002 dans le golfe de Gascogne comme individus et l'abondance des espèces présentant une occurrence supérieure à 5% en tant que variable continue active, et la bathymétrie en tant que variable nominale illustrative.
- .
- 20 : Changement de la concentration en chlorophylle pendant les deux dernières décennies obtenu en comparant les concentrations moyennes pendant la période CZCS (1979 à 1983) et la période SeaWiFS (1998 à 2002).
- 21 : Exemple de tableau de bord opérationnel permettant de déterminer l'état d'un écosystème.
- 22 : L'organisme d'accueil, L'IFREMER.

## Annexe 1 : Changements de température aux échelles globale et continentale.

Comparaison de changements observés de la température, avec les résultats de simulations de modèles climatiques utilisant les forçages naturels et anthropiques. Les moyennes décennales des observations sont montrées pour la période 1906-2005 (ligne noire). Les lignes en pointillés sont utilisées quand la couverture spatiale est inférieure à 50 %. Les bandes bleues ombrées représentent l'intervalle de confiance 5-95 % pour 19 simulations de 5 modèles utilisant exclusivement les forçages naturels provenant de l'activité solaire et des volcans. Les bandes rouges ombrées représentent l'intervalle de confiance 5-95 % pour 58 simulations de 14 modèles utilisant à la fois les forçages naturels et anthropiques.

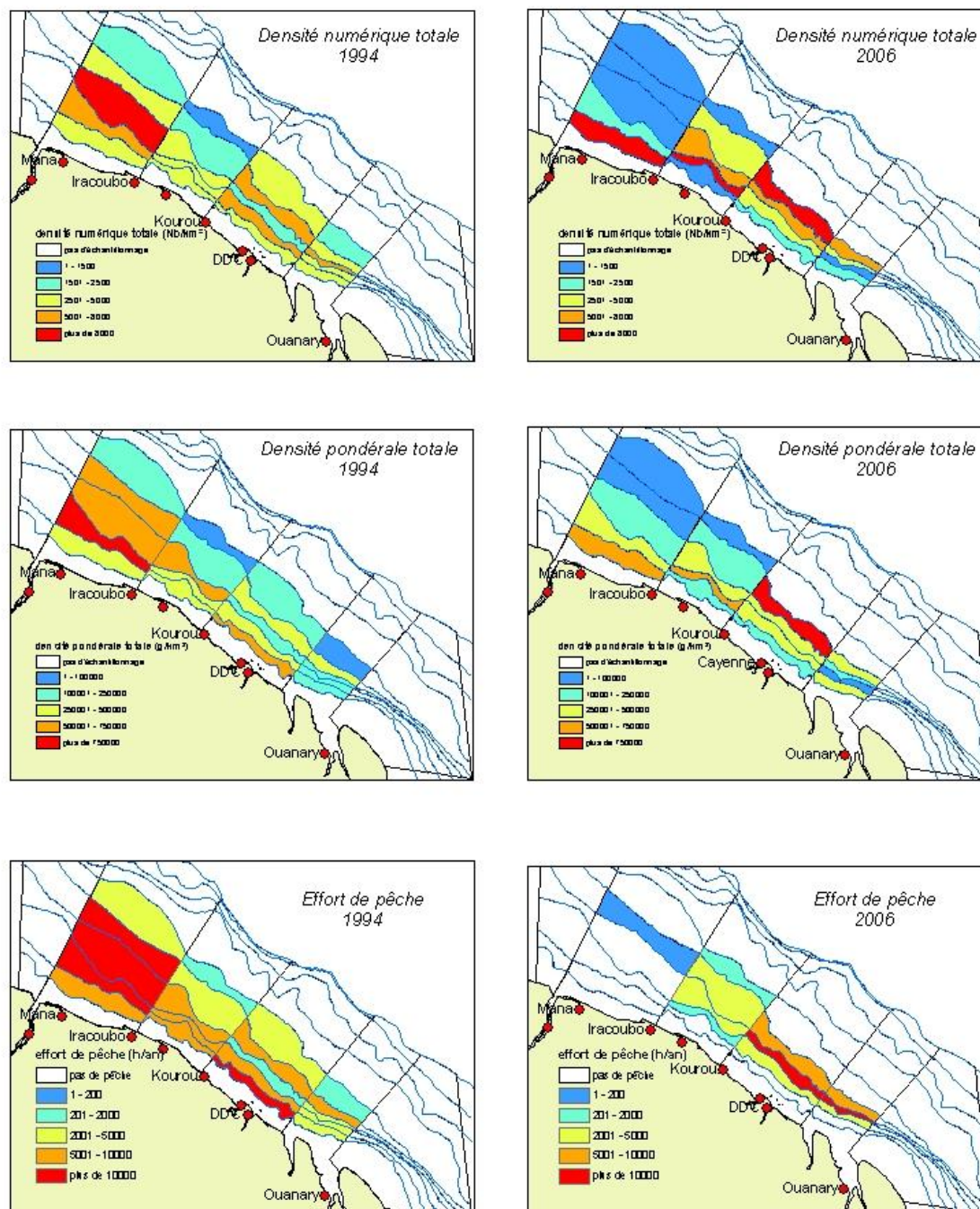




## **Annexe 2 : Superficie des 20 strates-zones sur le plateau continental guyanais.**

<b>SECTEUR x STRATE</b>	<b>0 - 20m (strate 1)</b>	<b>20 - 30m (strate 2)</b>	<b>30 - 40m (strate 3)</b>	<b>40 - 50m (strate 4)</b>	<b>50 - 60m (strate 5)</b>	<b>TOTAL SECTEUR</b>
<b>Secteur 1 (Oyapock-Connétable)</b>	1392	357	320	364	768	<b>3201</b>
<b>Secteur 2 (Connétable-Salut)</b>	1402	806	669	820	1918	<b>5615</b>
<b>Secteur 3 (Salut-Iracoubou)</b>	1140	613	614	1940	1337	<b>5644</b>
<b>Secteur 4 (Iracoubou- Maroni)</b>	2335	840	1810	2524	1816	<b>9325</b>
<b>TOTAL STRATES</b>	<b>6269</b>	<b>2616</b>	<b>3413</b>	<b>5648</b>	<b>5839</b>	<b>23785</b>

### Annexe 3 : Evolution de 1994 à 2006 des différents indices d'abondance et de l'effort de pêche calculés par strate-zone.



#### Légende

- ports
- trait de côte
- bathymétrie

Evolution de 1994 à 2006  
des différents indices d'abondance  
et de l'effort de pêche  
calculé par strate - zone

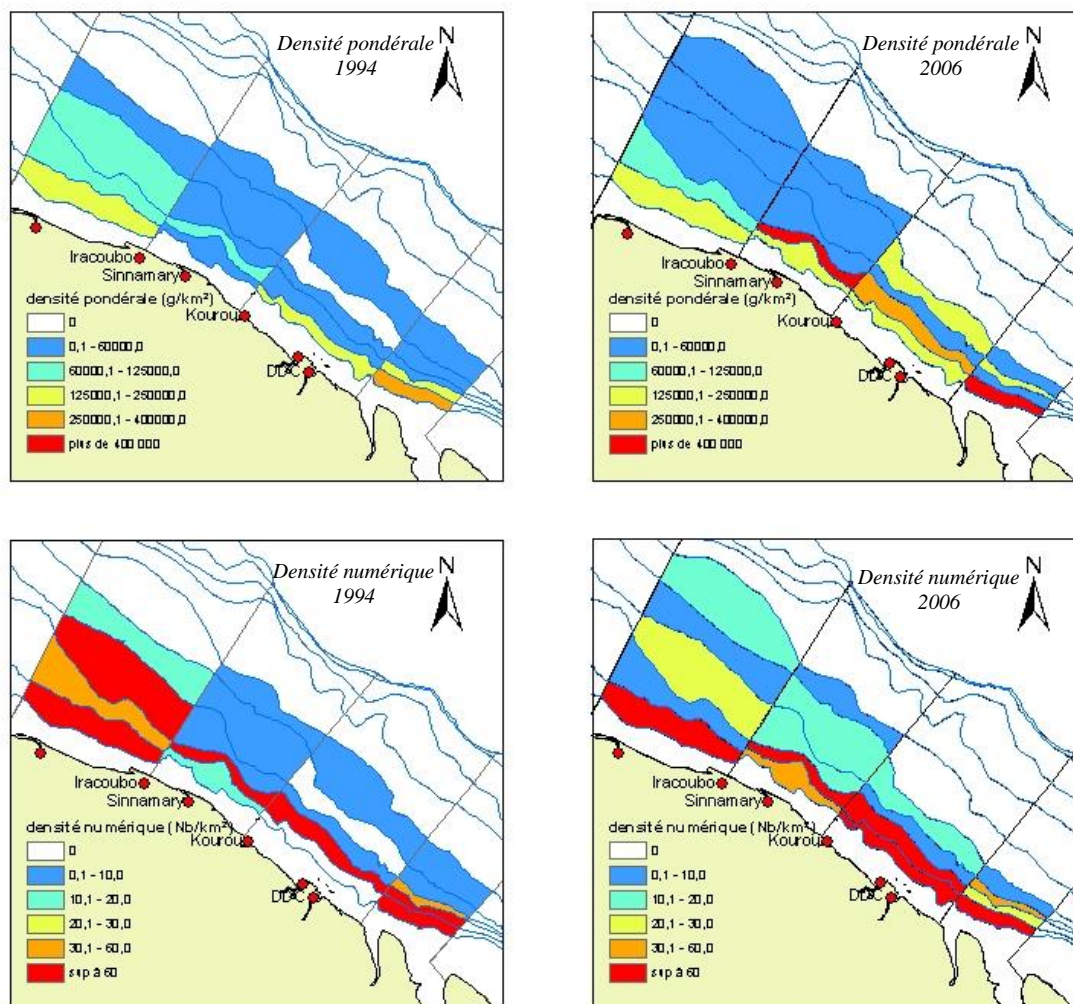
**Ifremer**  
source: IFREMER

Réalisation: Antoine Rénierre - Laboratoire IFREMER RH Guyane

**Annexe 4 : Tableau récapitulatif des tailles maximales (cm) de chaque espèce ainsi que des températures moyennes (°C) et des salinités moyennes associées à l'aire de répartition de chaque espèce présente à plus de 5% dans les échantillonnages de 1994 et de 2006. (source : KGS mapper ®)**

espèces	Taille max (cm)	T° max mensuelle	T°min mensuelle	T° moyen annuelle	Salinité max mensuelle	Salinité min mensuelle	Salinité moyenne annuelle
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	55,00	29,5	22,39	26,29	35,43	32,49	34,24
<i>Anchoa spinifer</i>	21,00	29,59	25,50	27,38	35,36	32,25	34,29
<i>Arius grandicassis</i>	63,00	29,32	26,07	27,51	35,61	32,67	34,49
<i>Arius parkeri</i>	190,00	29,37	26,44	27,7	35,24	30,31	33,60
<i>Arius proops</i>	100,00	29,36	26,04	27,61	35,81	34,18	35,25
<i>Bagre bagre</i>	50,00	29,31	25,97	27,49	35,84	33,34	34,94
<i>Chaetodipterus faber</i>	90,00	29,33	20,74	25,44	35,36	32,91	34,42
<i>Chaetodon ocellatus</i>	20,00	28,48	19,46	24,05	35,93	33,47	35,03
<i>Chilomycterus antillarum</i>	30,00	29,13	25,49	27,04	35,64	32,31	34,51
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	35,00	29,50	21,88	25,88	35,47	33,39	34,61
<i>Colomesus psittacus</i>	30,00	29,33	25,79	27,39	35,83	33,27	34,85
<i>Conodon nobilis</i>	32,00	29,37	23,74	26,52	35,21	33,34	34,46
<i>Cyclopsetta chittendeni</i>	32,00	29,98	21,03	25,88	36,18	34,10	35,41
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	50,00	29,11	24,41	26,59	35,36	31,52	34,18
<i>Cynoscion similis</i>	60,00	29,42	26,20	27,55	35,76	31,88	34,27
<i>Cynoscion virescens</i>	95,00	29,43	26,12	27,58	35,88	30,00	34,08
<i>Dactylopterus volitans</i>	45,00	28,10	20,67	24,35	36,22	33,27	35,32
<i>Dasyatis americana</i>	200,00	29,55	21,55	25,88	35,50	28,38	33,12
<i>Diplectrum formosum</i>	24,00	29,36	19,37	24,94	35,34	32,35	34,16
<i>Echeneis naucrates</i>	105,00	29,67	22,94	26,47	35,71	30,75	33,80
<i>Genyatremus luteus</i>	37,00	29,23	25,63	27,22	35,94	33,85	35,12
<i>Gymnura micrura</i>	137,00	26,52	22,75	26,55	35,30	33,45	34,53
<i>Haemulon steindachneri</i>	23,00	29,42	23,23	26,09	35,38	32,33	34,02
<i>Larimus breviceps</i>	31,00	29,53	25,04	27,1	36,00	31,33	34,42
<i>Lutjanus purpureus</i>	88,00	29,48	25,72	27,4	35,55	32,73	34,48
<i>Lutjanus synagris</i>	45,00	29,60	23,16	26,48	36,01	30,26	34,01
<i>Macrodon ancylodon</i>	45,00	28,44	23,72	25,86	35,34	33,42	34,56
<i>Micropogonias furnieri</i>	68,00	27,17	19,99	23,34	36,20	33,72	35,28
<i>Narcine brasiliensis</i>	54,00	27,52	19,13	23,37	36,12	33,33	35,22
<i>Nebris microps</i>	39,00	29,24	25,58	27,31	35,13	31,43	33,67
<i>Orthopristis ruber</i>	36,00	28,79	23,65	26,16	35,73	29,41	33,50
<i>Paralichthys brasiliensis</i>	30,00	28,37	23,23	25,54	33,91	27,57	29,88
<i>Paralichthys elegans</i>	32,00	29,28	25,79	27,17	35,98	30,12	33,79
<i>Peprilus paru</i>	25,00	28,43	19,01	24,04	36,20	33,23	35,26
<i>Polydactylus oligodon</i>	37,00	29,54	25,32	27,48	36,18	27,87	34,31
<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	23,00	29,58	25,73	27,44	36,02	28,89	33,51
<i>Priacanthus arenatus</i>	48,00	28,39	19,70	24,22	36,17	28,66	33,89
<i>Rhinobatos percellens</i>	100,00	28,69	23,47	25,84	35,72	27,91	32,98
<i>Rhomboplites aurorubens</i>	60,00	28,80	18,68	24,11	35,30	30,63	33,58
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	125,00	28,92	24,71	26,86	35,49	27,29	32,37
<i>Selar crumenophthalmas</i>	35,00	25,95	22,05	25,56	36,15	28,92	34,05
<i>Selene vomer</i>	45,00	28,19	17,31	22,99	36,12	30,68	34,43
<i>Sphyraena guachancho</i>	90,00	29,32	20,17	25,08	35,97	33,28	34,92
<i>Stellifer rastrifer</i>	20,00	29,22	25,53	27,2	35,45	26,56	31,63
<i>Syacium papillosum</i>	25,00	28,93	19,44	24,51	35,65	26,25	31,98
<i>Symphurus plagusia</i>	23,00	29,21	23,25	26,38	35,72	25,80	32,08
<i>Synodus foetens</i>	48,00	29,24	17,74	24,24	35,79	27,50	33,17
<i>Trichiurus lepturus</i>	234,00	28,63	20,81	24,87	35,79	28,37	33,38
<i>Upeneus parvus</i>	25,00	28,52	19,56	24,28	35,31	24,37	VI 31,53

## Annexe 5 : Evolution de 1994 à 2006 des différents indices d'abondance de la population de chondrichthyens sur le plateau continental Guyanais.



Réalisation: Antoine Riviere - Laboratoire IFREMER RH Guyane

### Légende

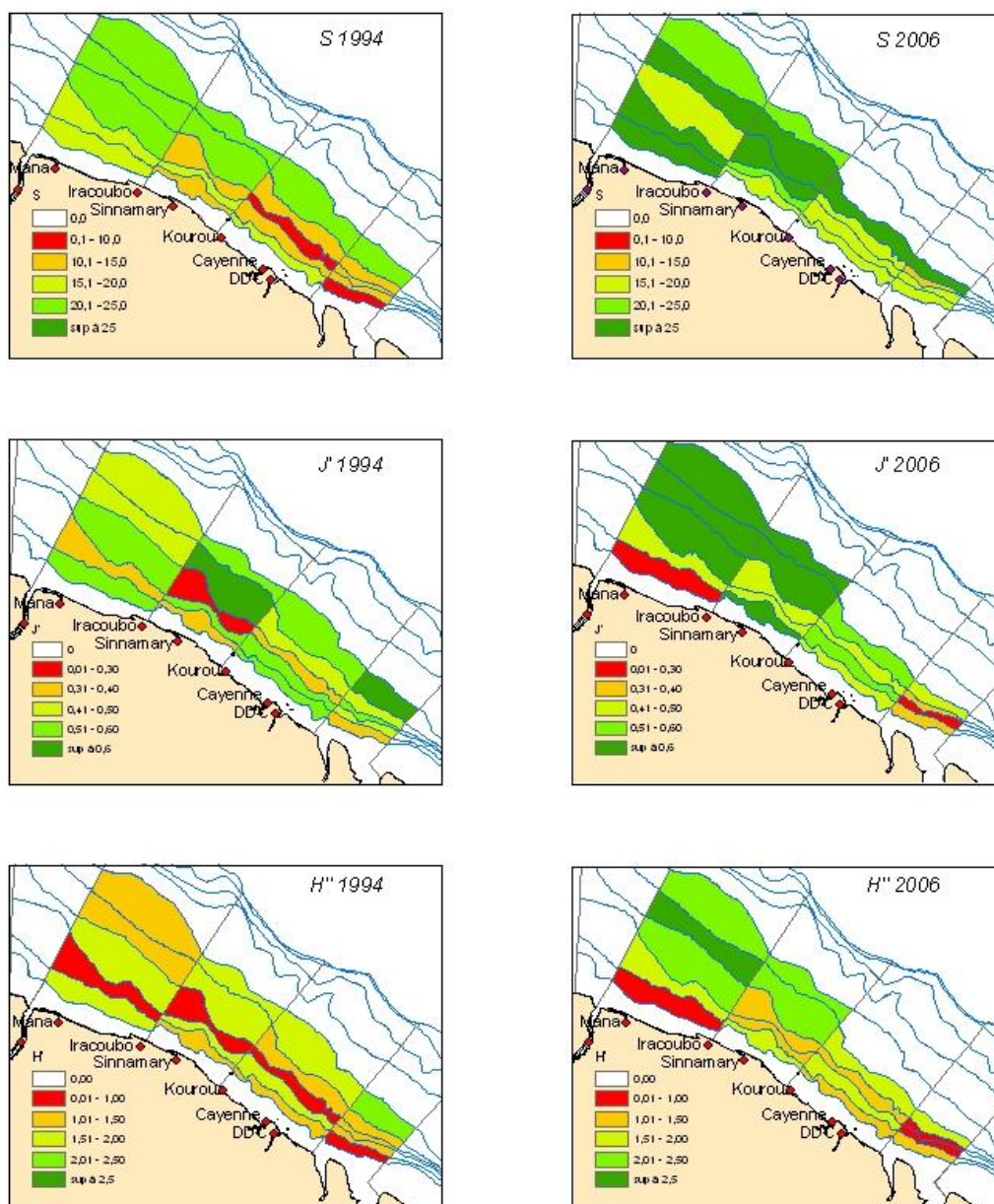
- ports
- trait de côte
- bathymétrie

**Evolution de 1994 à 2006 des indices d'abondance de la population de chondrichthyens sur le plateau continental Guyanais.**

**Ifremer**  
Source: IFREMER



## Annexe 6 : Evolution entre 1994 et 2006 des indices de diversité S, H' et J' calculés par strate-zone.



Réalisation: Antoine RIVIERRE - Laboratoire IFREMER RH Guyane

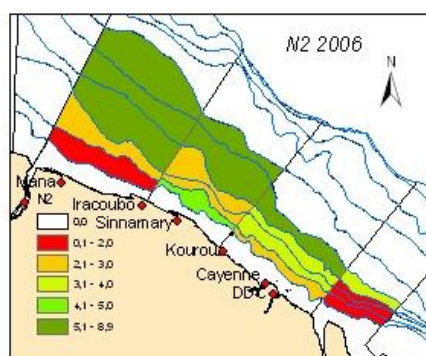
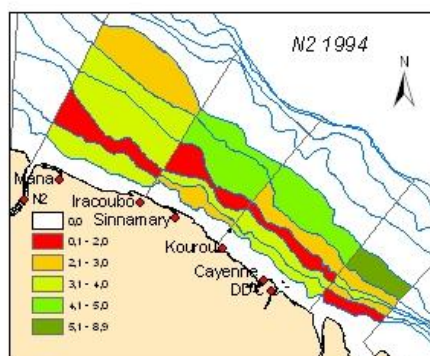
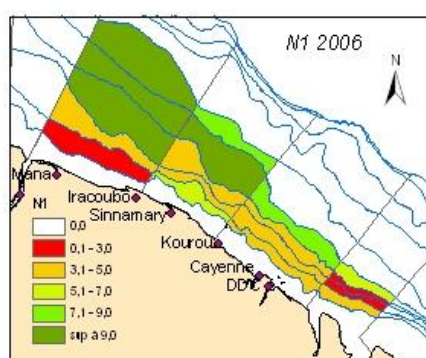
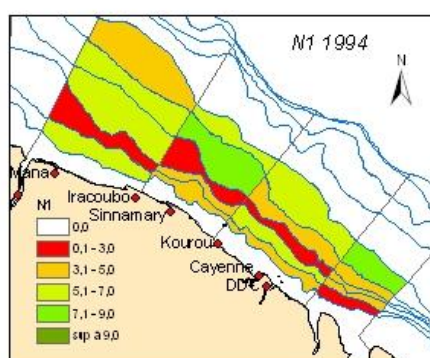
### Légende

- ports
- bathymétrie
- trait de côte

Evolution entre 1994 et 2006  
des indices de diversité S, H' et J'  
calculé par strate - zone

**Ifremer**  
source: IFREMER

## Annexe 7 : Evolution entre 1994 et 2006 des indices de diversité N1 et N2 calculés par strate-zone.



### Légende

- ♦ ports
- bathymétrie
- trait de côte

*Evolution entre 1994 et 2006  
des indices de diversité N1 et N2  
calculé par strate - zone*

**Ifremer**  
source: IFREMER

Réalisation: Antoine RIVIERRE - Laboratoire IFREMER RH Guyane

**Annexe 8 : Evolution de la densité numérique pour les espèces présentes à plus de 5% dans les échantillonnages d'octobre 1994 et 2006. H1= rejet de l'hypothèse d'égalité.**

espèces	1994	2006	Z	Décision
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	37,59	49,26	-127,97	H1
<i>Amussium papiraceum</i>	61,05	387,85	-525,17	H1
<i>Anchoa spinifer</i>	63,24	429,08	-237,19	H1
<i>Arius grandicassis</i>	65,67	161,91	-361,69	H1
<i>Arius parkeri</i>	2,96	3,31	-34,84	H1
<i>Arius proops</i>	11,31	19,62	-205,37	H1
<i>Bagre bagre</i>	97,79	10,66	998,57	H1
<i>Caranx crysos</i>	7,59	25,31	-183,56	H1
<i>Chaetodipterus faber</i>	9,39	8,77	24,75	H1
<i>Chaetodon ocellatus</i>	5,22	5,91	-26,22	H1
<i>Chilomycterus antillarum</i>	12,63	20,19	-192,51	H1
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	2354,71	873,46	447,32	H1
<i>Colomesus psittacus</i>	2,05	10,26	-529,37	H1
<i>Conodon nobilis</i>	33,88	4,34	645,33	H1
<i>Cyclopsetta chittendeni</i>	3,45	7,97	-256,21	H1
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	6,47	61,31	-209,66	H1
<i>Cynoscion similis</i>	1064,20	5707,70	-427,18	H1
<i>Cynoscion virescens</i>	17,48	168,21	-245,46	H1
<i>Dactylopterus volitans</i>	37,25	11,34	560,03	H1
<i>Dasyatis americana</i>	101,48	2,24	1343,24	H1
<i>Diplectrum formosum</i>	47,47	39,20	125,96	H1
<i>Echeneis naucrates</i>	3,27	10,14	-300,77	H1
<i>Genyatremus luteus</i>	18,74	2,67	526,05	H1
<i>Gymnura micrura</i>	29,46	48,86	-264,78	H1
<i>Haemulon steindachneri</i>	4,65	5,21	-29,36	H1
<i>Larimus breviceps</i>	1857,22	16,08	504,18	H1
<i>Loligo spp.</i>	99,87	169,47	-255,57	H1
<i>Lutjanus purpureus</i>	69,81	167,18	-309,28	H1
<i>Lutjanus synagris</i>	263,51	213,81	122,63	H1
<i>Macrodon ancylodon</i>	2007,51	721,59	543,82	H1
<i>Micropogonias furnieri</i>	103,17	2035,56	-334,84	H1
<i>Narcine brasiliensis</i>	3,43	21,89	-728,30	H1
<i>Nebris microps</i>	113,49	17,89	672,02	H1
<i>Ogcocephalus spp</i>	151,35	16,82	604,00	H1
<i>Orthopristis ruber</i>	1056,50	294,28	533,84	H1
<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	295,41	209,75	148,71	H1
<i>Paralonchurus elegans</i>	108,73	29,78	625,75	H1
<i>Penaeus subtilis</i>	1316,50	3189,48	-334,24	H1
<i>Peprilus paru</i>	20,04	63,03	-308,63	H1
<i>Polydactylus oligodon</i>	60,02	63,97	-23,49	H1
<i>Pomadourus corvinaeformis</i>	303,52	1204,47	-178,38	H1
<i>Priacanthus arenatus</i>	23,00	75,04	-238,46	H1
<i>Prionotus spp.</i>	52,75	323,72	-537,93	H1
<i>Rhinobatos percellens</i>	13,34	32,70	-307,03	H1
<i>Rhomboplites aurorubens</i>	65,50	140,06	-196,10	H1
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	12,70	18,48	-143,35	H1
<i>Scorpaena spp.</i>	6,97	12,22	-159,21	H1
<i>Selar crumenophthalmas</i>	169,08	76,62	339,75	H1
<i>Selene vomer</i>	206,16	248,30	-60,18	H1
<i>Sphyraena guachancho</i>	59,49	219,65	-438,06	H1
<i>Stellifer rastrifer</i>	2372,21	3324,79	-190,84	H1
<i>Syacium papillosum</i>	322,47	394,09	-116,87	H1
<i>Symphurus plagusia</i>	87,43	122,35	-65,06	H1
<i>Synodus foetens</i>	57,62	74,46	-164,88	H1
<i>Trichiurus lepturus</i>	23,09	65,59	-235,44	H1
<i>Upeneus parvus</i>	7808,88	19,77	970,07	H1
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	11889,98	18480,85	-183,12	H1

**Annexe 9 : Evolution de la densité pondérale (g.km<sup>2</sup>) pour les espèces présentes à plus de 5% dans les échantillonnages de 1994 et de 2006.**

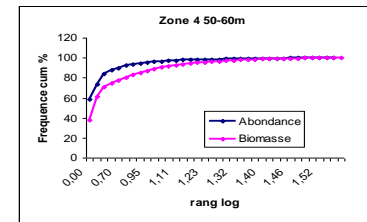
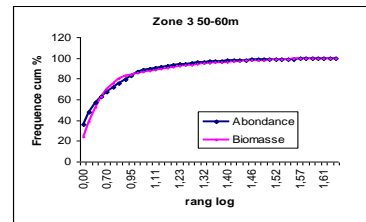
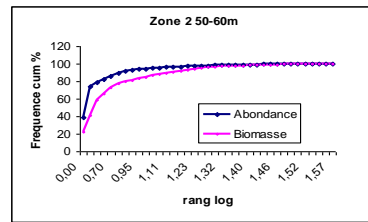
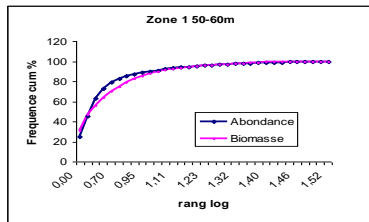
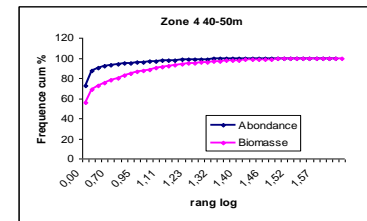
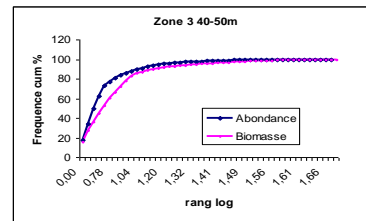
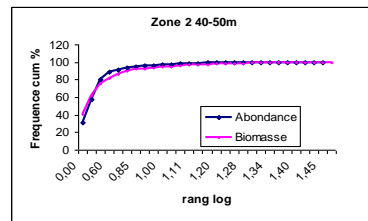
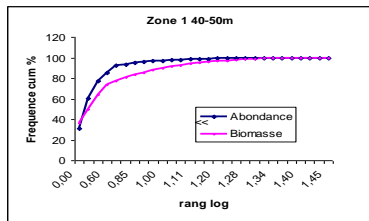
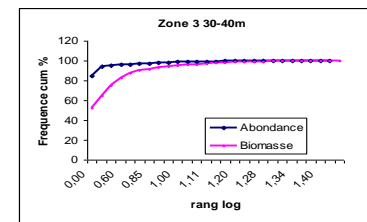
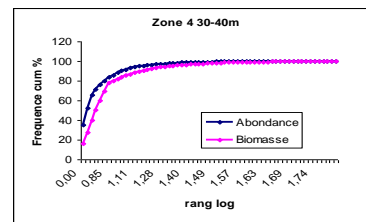
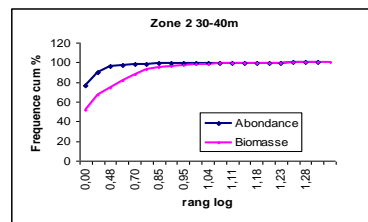
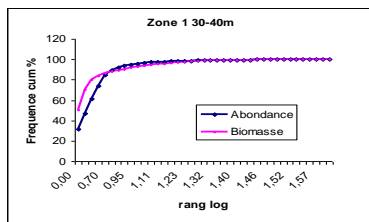
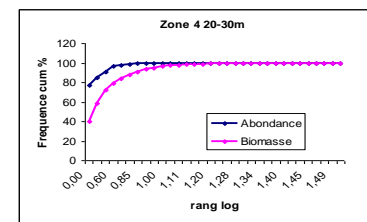
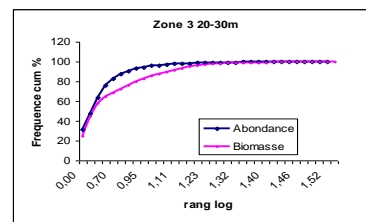
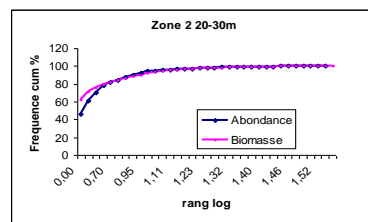
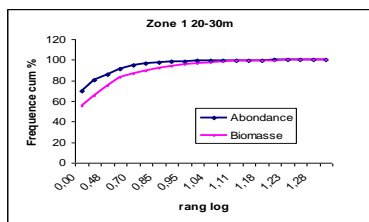
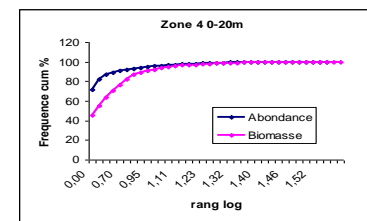
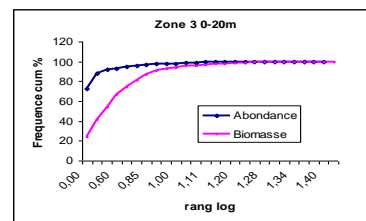
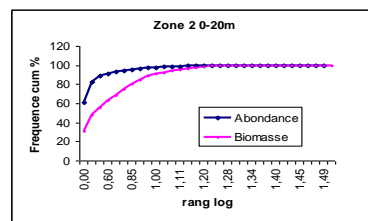
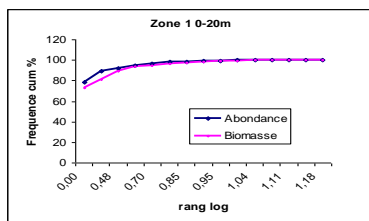
espèces	1994	2006	Z	Décision
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	5055,14	5890,93	-69,76	H1
<i>Amussium papiraceum</i>	327,08	2136,27	-509,70	H1
<i>Anchoa spinifer</i>	1788,94	799,64	327,14	H1
<i>Arius grandicassis</i>	97664,61	76799,66	73,28	H1
<i>Arius parkeri</i>	7696,11	9338,25	-54,05	H1
<i>Arius proops</i>	20758,16	23532,14	-49,48	H1
<i>Bagre bagre</i>	14082,83	2908,52	399,87	H1
<i>Caranx crysos</i>	1370,95	3491,86	-159,89	H1
<i>Chaetodipterus faber</i>	5550,25	3422,02	200,77	H1
<i>Chaetodon ocellatus</i>	410,97	195,33	190,55	H1
<i>Chilomycterus antillarum</i>	2109,69	2522,16	-72,77	H1
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	89321,12	17321,80	954,66	H1
<i>Colomesus psittacus</i>	948,30	2125,16	-250,45	H1
<i>Conodon nobilis</i>	7975,62	888,63	693,36	H1
<i>Cyclosetta chittendeni</i>	1078,26	2092,43	-210,48	H1
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	6263,78	20807,51	-166,34	H1
<i>Cynoscion similis</i>	67013,14	279927,40	-439,58	H1
<i>Cynoscion virescens</i>	10220,19	125243,49	-318,32	H1
<i>Dactylopterus volitans</i>	5430,64	1653,26	507,21	H1
<i>Dasyatis americana</i>	284118,34	71797,24	538,71	H1
<i>Diplectrum formosum</i>	3212,58	2011,14	319,42	H1
<i>Echeneis naucrates</i>	1196,33	4031,55	-284,55	H1
<i>Genyatremus luteus</i>	1736,70	268,79	386,72	H1
<i>Gymnura micrura</i>	29283,35	47803,18	-202,07	H1
<i>Haemulon steindachneri</i>	1247,05	1285,65	-8,63	H1
<i>Larimus breviceps</i>	150396,93	2755,96	529,11	H1
<i>Loligo spp.</i>	1596,20	895,60	289,51	H1
<i>Lutjanus purpureus</i>	9141,99	23990,18	-347,91	H1
<i>Lutjanus synagris</i>	91454,33	85390,06	39,28	H1
<i>Macrodon ancylodon</i>	198900,27	36252,40	566,83	H1
<i>Micropogonias furnieri</i>	28260,59	238627,69	-383,46	H1
<i>Narcine brasiliensis</i>	763,56	11717,00	-559,13	H1
<i>Nebris microps</i>	16582,74	14390,29	48,18	H1
<i>Ogcocephalus spp</i>	654,38	368,13	232,91	H1
<i>Orthopristis ruber</i>	110463,17	50027,95	304,19	H1
<i>Paralichthys brasiliensis</i>	15774,02	12162,64	139,28	H1
<i>Paralichthys elegans</i>	6037,28	5775,65	19,86	H1
<i>Pennaeus subtilis</i>	16196,22	31286,82	-238,14	H1
<i>Peprilus paru</i>	997,13	2998,22	-291,58	H1
<i>Polydactylus oligodon</i>	5243,96	7771,97	-111,95	H1
<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	33281,01	183292,44	-193,77	H1
<i>Priacanthus arenatus</i>	5004,02	13619,65	-169,45	H1
<i>Prionotus spp.</i>	9419,09	45923,86	-559,05	H1
<i>Rhinobatos percellens</i>	4569,37	12816,60	-382,96	H1
<i>Rhomboplites aurorubens</i>	11253,73	18550,34	-158,50	H1
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	4112,56	10249,69	-261,38	H1
<i>Scorpaena spp.</i>	920,59	326,69	411,11	H1
<i>Selar crumenophthalmas</i>	8812,94	6129,97	140,18	H1
<i>Selene vomer</i>	8601,53	6605,42	116,53	H1
<i>Sphyraena guachancho</i>	13558,08	28461,37	-319,11	H1
<i>Stellifer rastrifer</i>	56252,14	132782,21	-334,47	H1
<i>Syngnathus papillosum</i>	11079,79	16849,11	-285,30	H1
<i>Symphurus plagusia</i>	4072,61	2867,20	85,88	H1
<i>Synodus foetens</i>	5576,87	10064,58	-327,38	H1
<i>Trichiurus lepturus</i>	2426,29	8026,90	-291,99	H1
<i>Upeneus parvus</i>	173024,72	848,92	972,99	H1
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	71541,29	114389,98	-207,93	H1



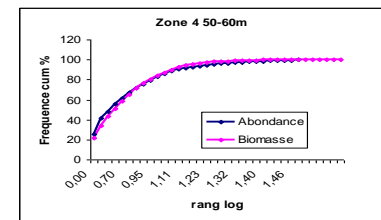
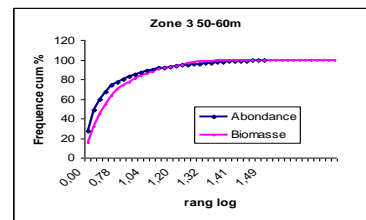
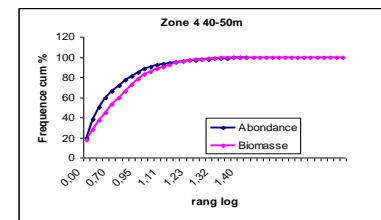
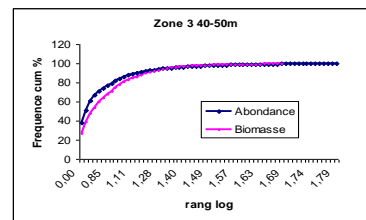
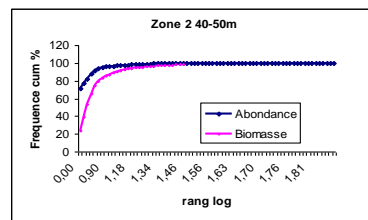
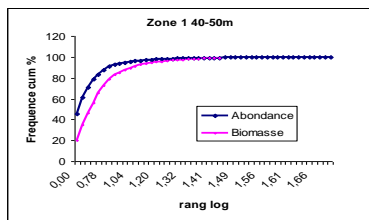
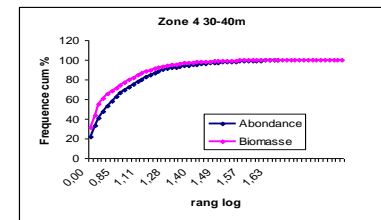
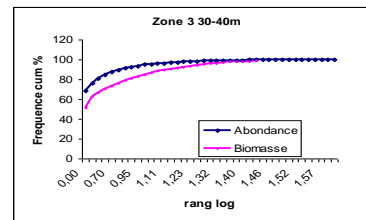
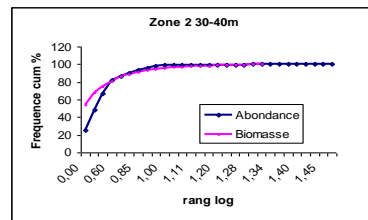
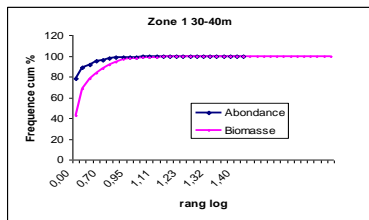
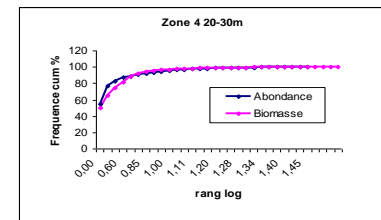
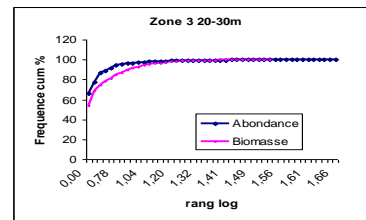
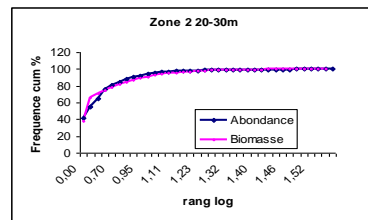
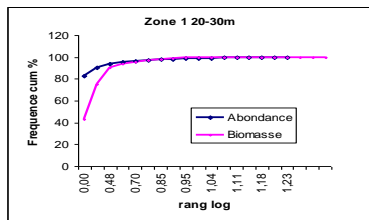
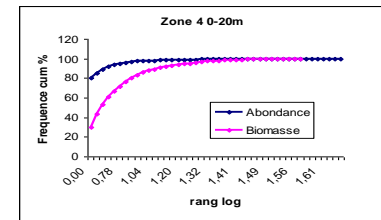
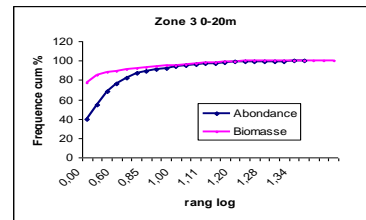
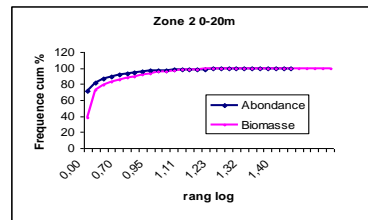
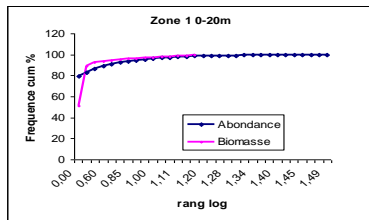
**Annexe 10 : Evolution des poids moyens entre 1994 et 2006 (g) pour les espèces présentes à plus de 5% dans les échantillonnages de 1994 et de 2006.**

espèces	1994	2006	Z	Décision
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	1320,89	873,84	342,07	H1
<i>Amussium papiraceum</i>	15,51	53,91	-457,47	H1
<i>Anchoa spinifer</i>	178,75	13,96	946,10	H1
<i>Arius grandicassis</i>	11076,50	5200,69	492,20	H1
<i>Arius parkeri</i>	5603,19	6008,35	-22,02	H1
<i>Arius proops</i>	5203,53	8152,22	-201,88	H1
<i>Bagre bagre</i>	1462,40	2062,19	-176,74	H1
<i>Caranx crysos</i>	3329,47	2307,94	133,95	H1
<i>Chaetodipterus faber</i>	130,02	57,82	256,10	H1
<i>Chaetodon ocellatus</i>	1272,53	1041,02	149,89	H1
<i>Chilomycterus antillarum</i>	573,63	182,31	1031,73	H1
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	868,81	1536,30	-224,29	H1
<i>Colomesus psittacus</i>	1025,68	592,33	292,50	H1
<i>Conodon nobilis</i>	659,57	1138,97	-160,51	H1
<i>Cyclosetta chittendeni</i>	1019,51	1399,30	-120,66	H1
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	1383,12	662,60	539,26	H1
<i>Cynoscion similis</i>	5707,64	12523,31	-366,65	H1
<i>Cynoscion virescens</i>	1024,85	672,60	202,08	H1
<i>Dactylopterus volitans</i>	32128,45	74039,00	-124,98	H1
<i>Dasyatis americana</i>	666,55	703,79	-31,38	H1
<i>Diplectrum formosum</i>	972,21	1477,80	-150,87	H1
<i>Echeneis naucrates</i>	195,25	268,11	-77,40	H1
<i>Genyatremus luteus</i>	7523,12	10099,84	-191,08	H1
<i>Gymnura micrura</i>	404,68	764,44	-154,76	H1
<i>Haemulon steindachneri</i>	449,98	477,01	-19,48	H1
<i>Larimus breviceps</i>	240,12	46,56	1226,97	H1
<i>Loligo spp.</i>	1288,99	2008,55	-252,98	H1
<i>Lutjanus purpureus</i>	4255,15	5060,60	-123,71	H1
<i>Lutjanus synagris</i>	851,52	1424,71	-254,67	H1
<i>Macrodon ancylodon</i>	4813,32	7734,58	-315,27	H1
<i>Micropogonias furnieri</i>	637,81	6589,19	-515,22	H1
<i>Narcine brasiliensis</i>	1807,61	2044,72	-55,80	H1
<i>Nebris microps</i>	43,21	207,95	-360,84	H1
<i>Ogcocephalus spp</i>	954,94	1133,35	-97,67	H1
<i>Orthopristis ruber</i>	751,27	1526,73	-487,82	H1
<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	528,94	892,24	-195,54	H1
<i>Paralonchurus elegans</i>	149,72	236,44	-235,39	H1
<i>Penaeus subtilis</i>	508,23	325,73	219,57	H1
<i>Peprilus paru</i>	470,24	380,02	117,78	H1
<i>Polydactylus oligodon</i>	514,57	649,19	-100,03	H1
<i>Pomadasy corvinaeformis</i>	833,92	889,13	-29,44	H1
<i>Priacanthus arenatus</i>	1044,90	1899,58	-462,66	H1
<i>Prionotus spp.</i>	2516,99	4543,04	-339,26	H1
<i>Rhinobatos percellens</i>	734,60	1269,05	-262,12	H1
<i>Rhomboplites aurorubens</i>	1800,83	2777,50	-187,05	H1
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	650,59	56,41	657,81	H1
<i>Scorpaena spp.</i>	803,43	466,76	384,97	H1
<i>Selar crumenophthalmas</i>	675,82	1052,25	-128,26	H1
<i>Selene vomer</i>	1997,19	1441,94	214,30	H1
<i>Sphyræna guachancho</i>	218,52	482,02	-704,39	H1
<i>Stellifer rastrifer</i>	378,28	785,55	-519,26	H1
<i>Syacium papillosum</i>	278,93	56,24	939,88	H1
<i>Symphurus plagusia</i>	651,08	1348,29	-434,75	H1
<i>Synodus foetens</i>	1254,42	1092,93	47,00	H1
<i>Trichiurus lepturus</i>	382,01	179,70	520,97	H1
<i>Upeneus parvus</i>	65,00	107,77	-424,35	H1
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	1320,89	873,84	342,07	H1

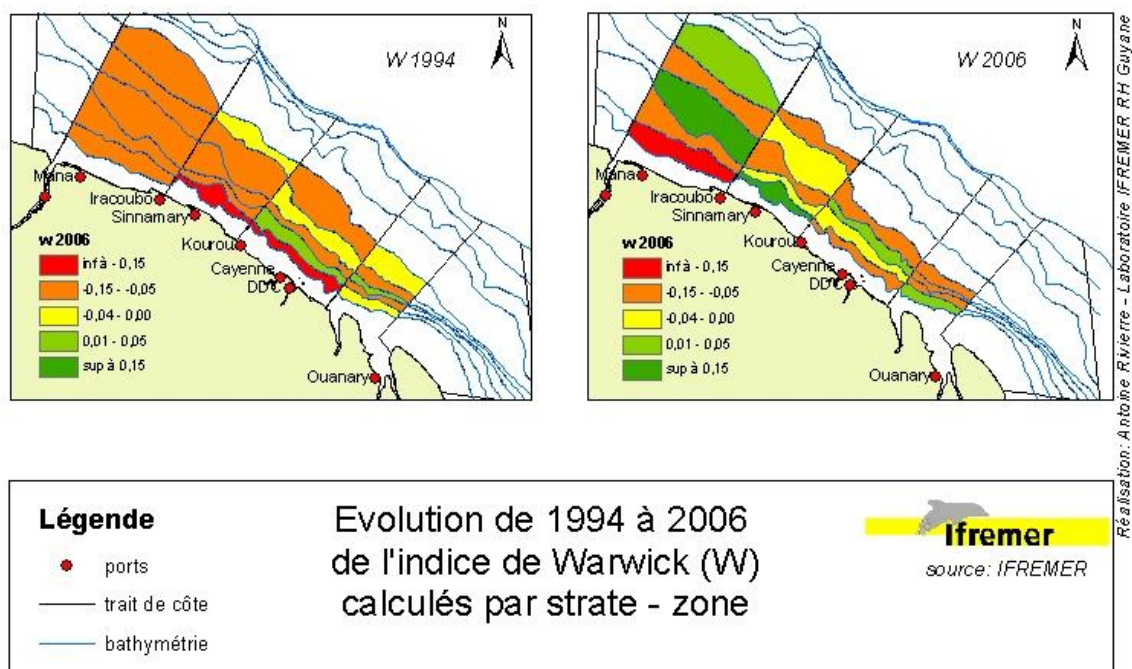
**Annexe 11 : Courbes rang-fréquence de l'abondance et de la biomasse relative cumulée pour chaque strate-zone échantillonnée lors de la campagne d'octobre 1994**



**Annexe 12 : : Courbes rang-fréquence de l'abondance et de la biomasse relative cumulée pour chaque strate-zone échantillonnée lors de la campagne de 2006.**

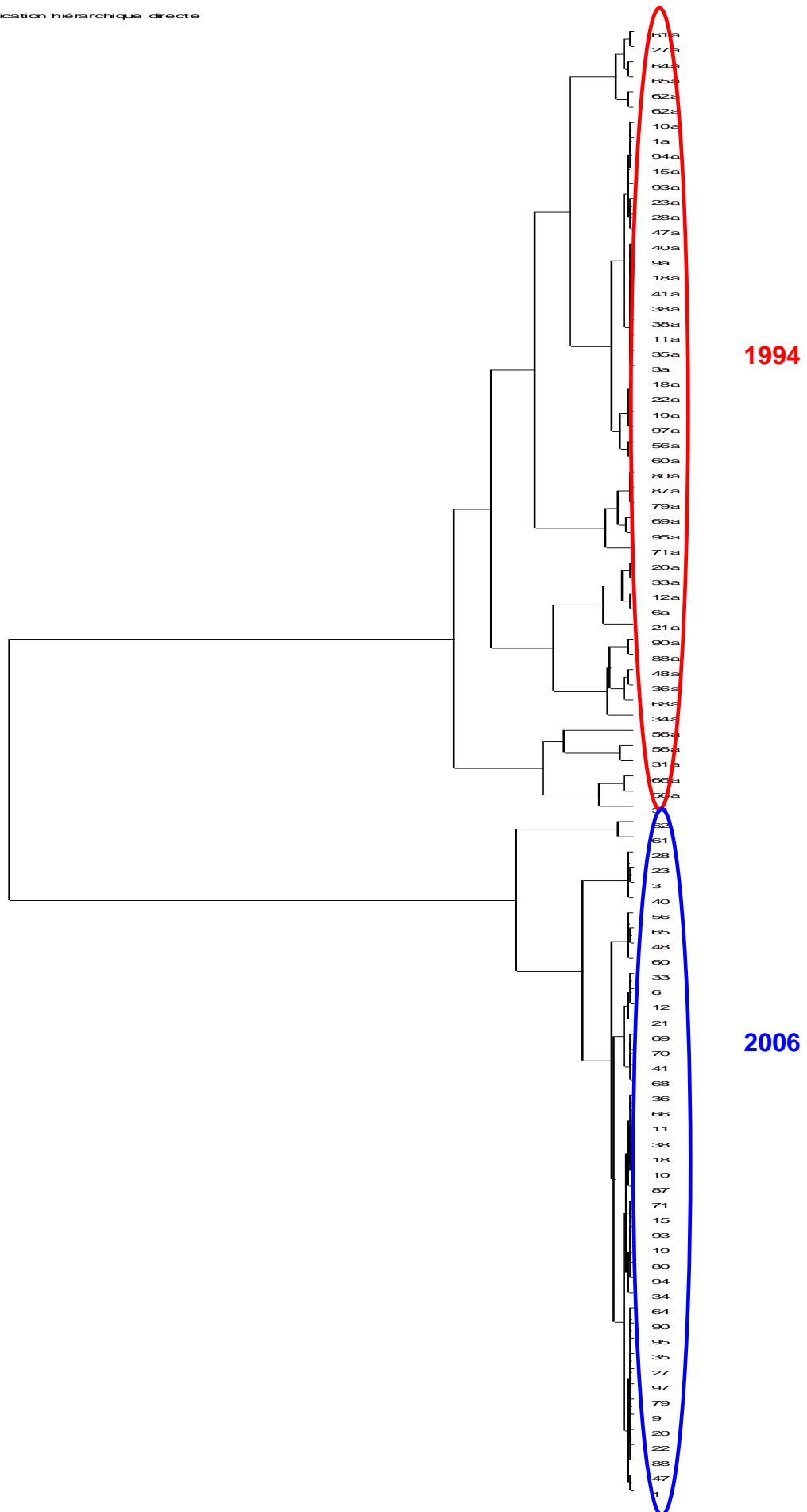


## Annexe 13 : évolution de 1994 à 2006 de l'indice de Warwick (W) calculé par strate-zone.



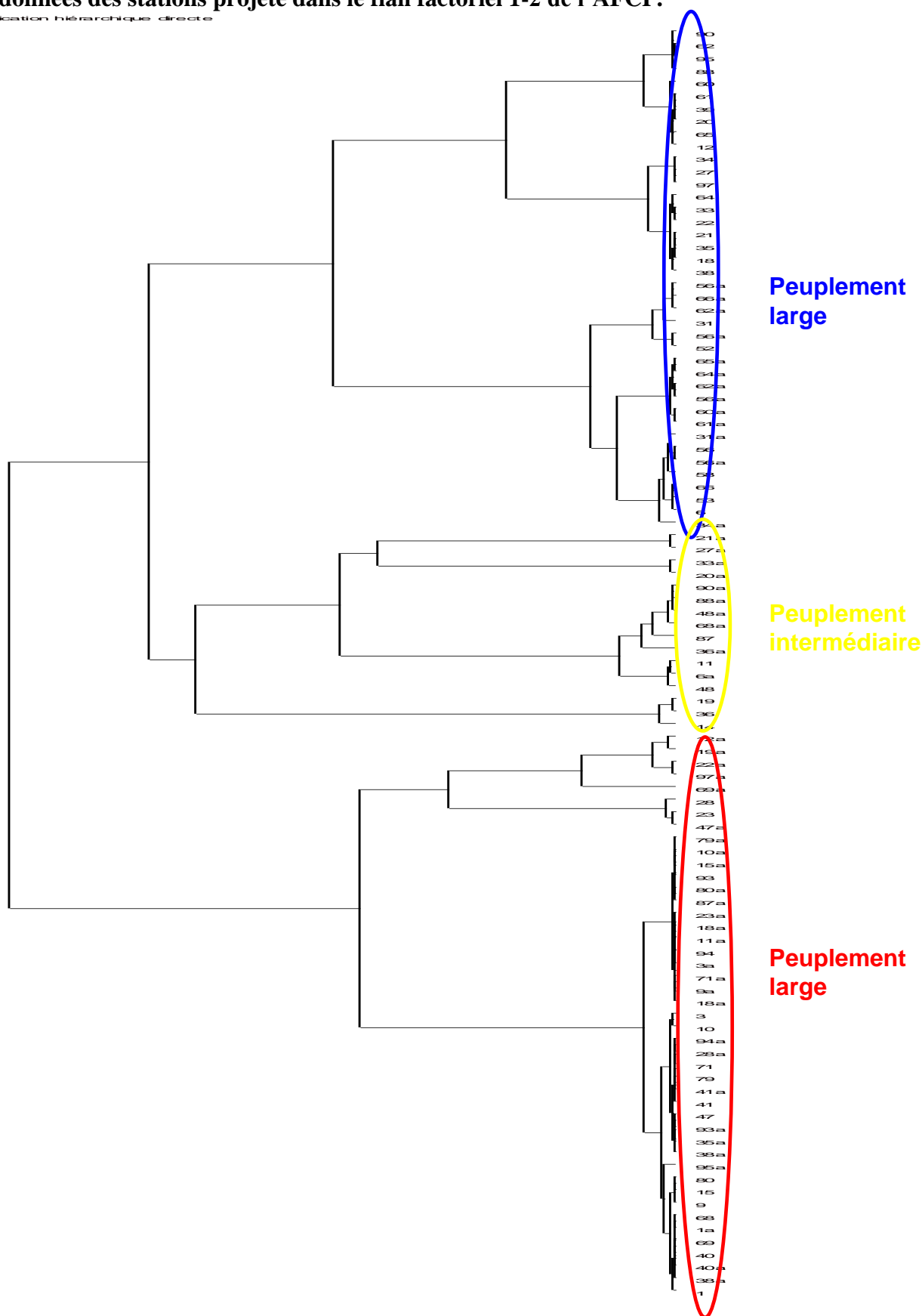
## Annexe 14 : Classification ascendante hiérarchique sur facteur réalisée à partir des coordonnées des stations projeté dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP.

Classification hiérarchique directe



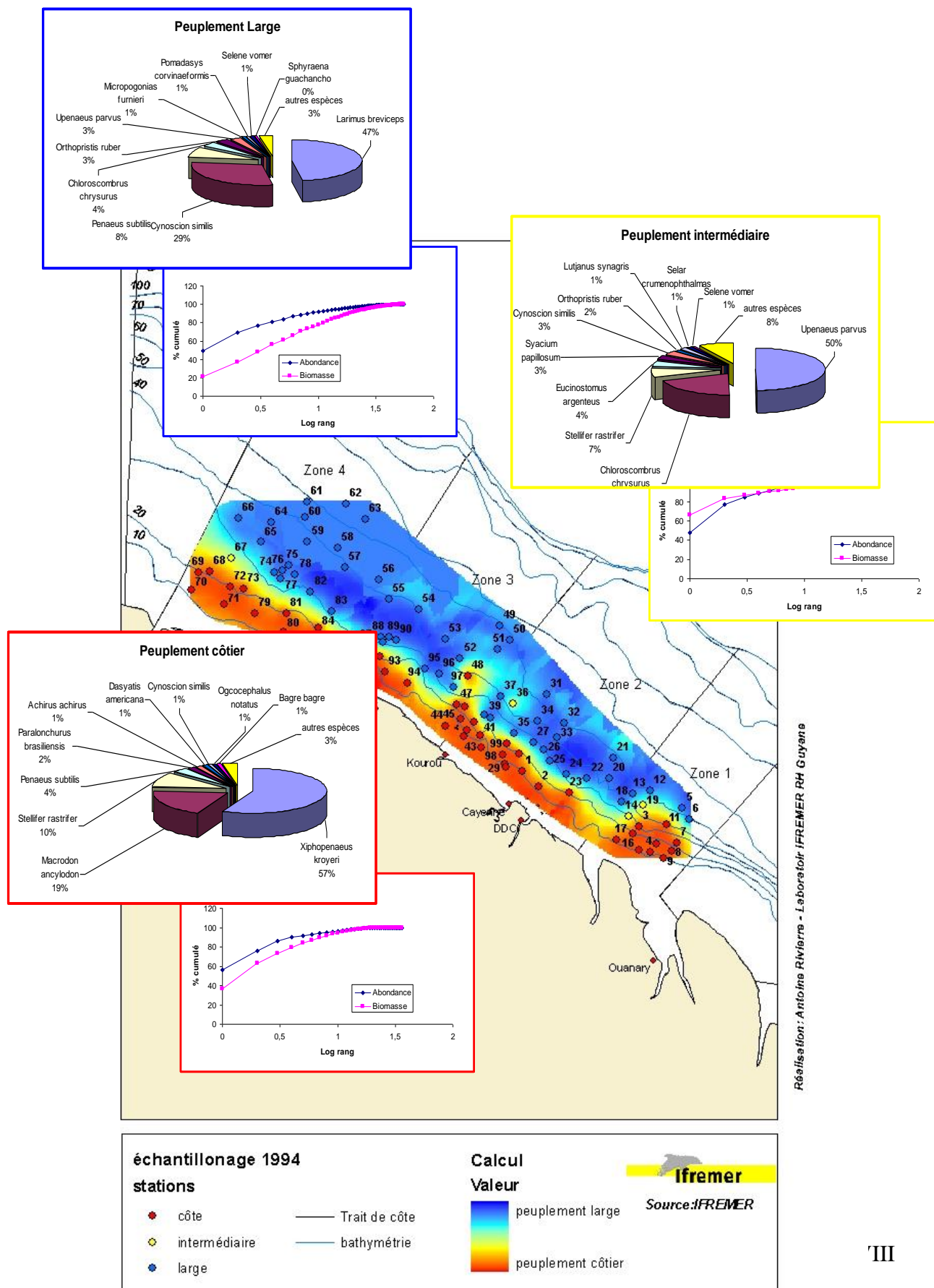
# Annexe 15 : Classification ascendante hiérarchique sur facteur réalisée à partir des coordonnées des stations projeté dans le plan factoriel 1-2 de l'AFCP.

Classification hiérarchique directe

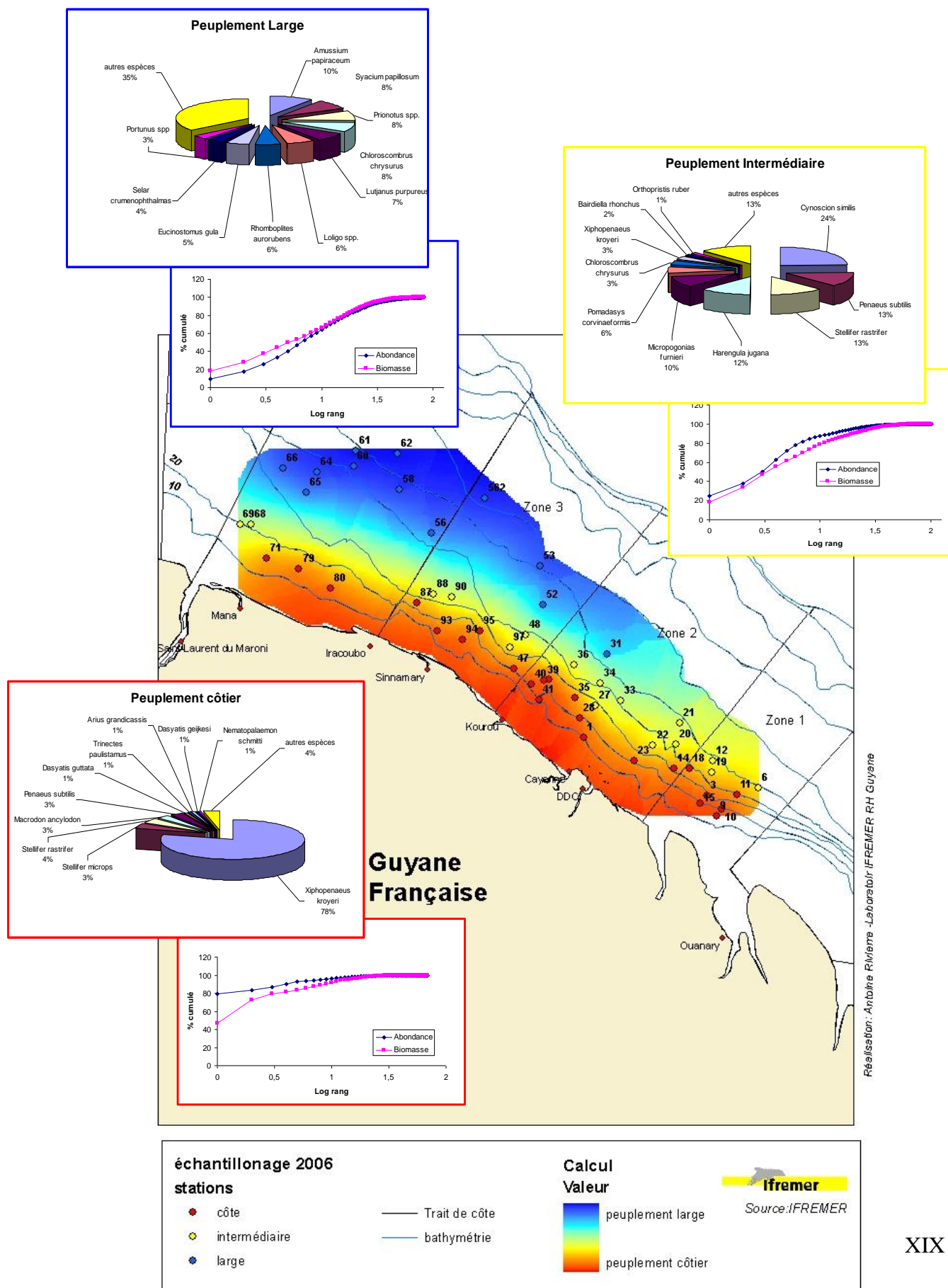




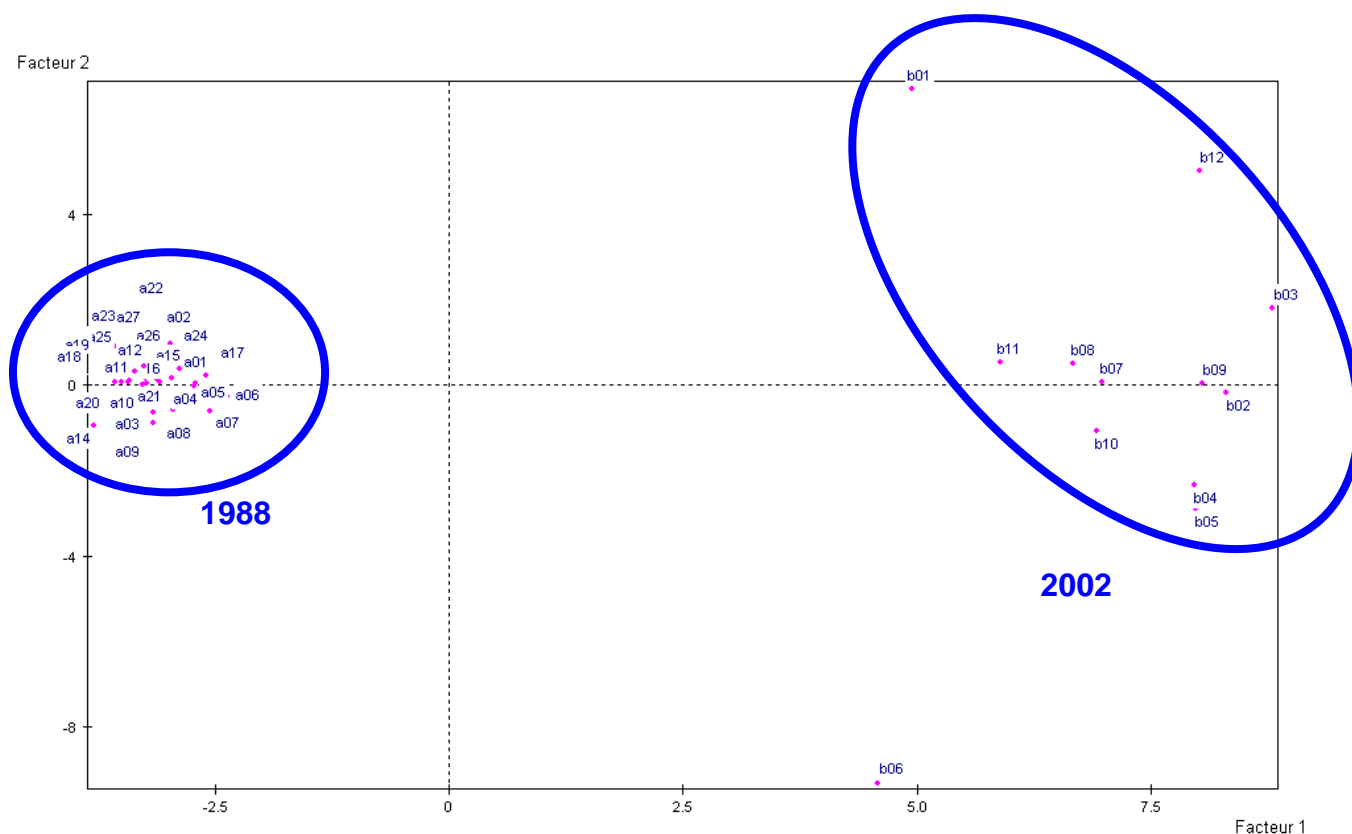
## Annexe 16 : Représentation spatiale des peuplements de 1994 identifiés par l'analyse factorielle des correspondances ainsi que la proportion relative des principales espèces les composant et les courbes de comparaison Abondance-Biomasse



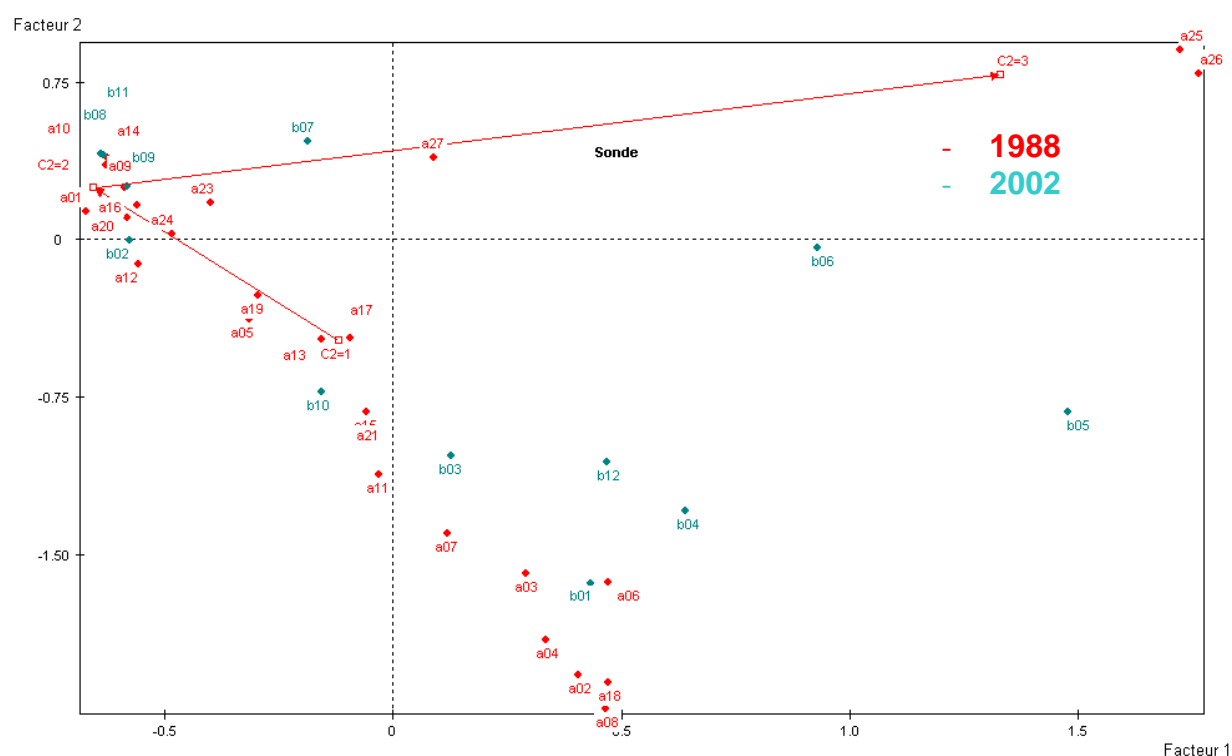
## Annexe 17 : Représentation spatiale des peuplements de 2006 identifiés par l'analyse factorielle des correspondances ainsi que la proportion relative des principales espèces les composant et les courbes de comparaison Abondance-Biomasse



**Annexe 18 :** Projection des stations dans le premier plan factoriel de l'ACP effectuée avec les stations échantillonnées en 1988 et en 2002 dans le golfe de Gascogne comme individus et l'abondance des espèces présentant une occurrence supérieure à 5% en tant que variable continue Active.

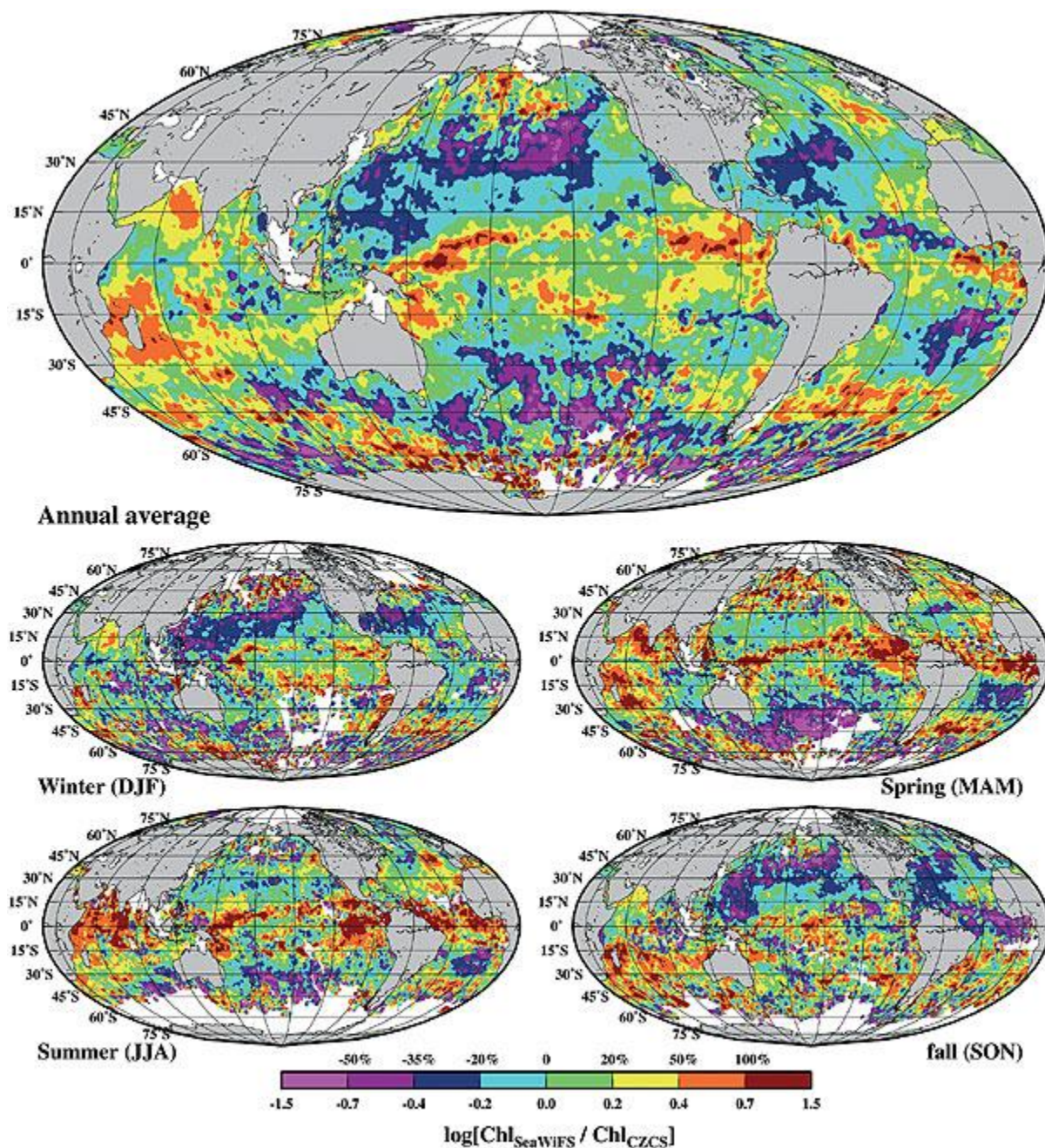


**Annexe 19:** Projection des stations dans le premier plan factoriel de AFC effectuée avec les stations échantillonnées en 1988 et en 2002 dans le golfe de Gascogne comme individus et l'abondance des espèces présentant une occurrence supérieure à 5% en tant que variable continue Active, et la bathymétrie en tant que variable nominale illustrative.





**Annexe 20** : Changement de la concentration en chlorophylle pendant les deux dernières décennies obtenu en comparant les concentrations moyennes pendant la période CZCS (1979 à 1983) et la période SeaWiFS (1998 à 2002) source : CNRS



Antoine et al., Figure 9

**Annexe 21** : Exemple de tableau de bord opérationnel permettant de déterminer l'état d'un écosystème.

