

ISSN 1198-6727



Fisheries Centre Research Reports

2009 Volume 17 Number 4

Impact de la pêche sur
l'écosystème marin de Guinée

- Modélisation EwE 1985/2005 -

Fisheries Centre, University of British Columbia, Canada

**Impact de la pêche sur l'écosystème marin de Guinée - modélisation EwE
1985/2005**

(Fishing impact on the marine Guinean ecosystem : a 1985/2005 model using EwE)

By: Didier Gascuel, Sylvie Guénette, Ibrahima Diallo and Aboubacar Sidibé

*Fisheries Centre Research Reports 17(4)
60 pages © published 2009 by*

*The Fisheries Centre,
University of British Columbia*

*2202 Main Mall
Vancouver, B.C., Canada, V6T 1Z4*

ISSN 1198-6727

Fisheries Centre Research Reports 17(4)
2009

**IMPACT DE LA PECHE SUR L'ECOSYSTEME MARIN DE GUINEE
- MODELISATION EWE 1985/2005 -**

par

**Didier Gascuel ⁽¹⁾, Sylvie Guénette ^(1,2), Ibrahima Diallo ⁽³⁾
et Aboubacar Sidibé ⁽⁴⁾**

*(1) Université Européenne de Bretagne, Pôle Halieutique / Aquatic and fisheries sciences centre,
UMR AGROCAMPUS OUEST / INRA Ecologie et Santé des Ecosystèmes – 65 Route de Saint Brieuc,
CS 84215, 35 042 Rennes cedex, France - Didier.Gascuel@agrocampus-ouest.fr*

*(2) Fisheries Centre, University of British Columbia, AERL,
2202 Main Mall, Vancouver BC V6T 1Z4, Canada – s.guenette@fisheries.ubc.ca*

(3) Centre National des Sciences Halieutiques de Boussoura (CNSHB), BP 3738/39 - Conakry - Guinée

(4) Commission Sous-Régionale des Pêches, Amitié 3, Villa 4430, BP 25485, Dakar, Sénégal -

CONTENTS

	Page
DIRECTOR'S FOREWORD	1
EXTENDED ABSTRACT	3
RESUME ETENDU	5
INTRODUCTION	7
1. MATERIEL ET METHODES	8
1.1. Zone d'étude - Liste de référence et construction des groupes fonctionnels Ecopath.....	8
1.1.1. Délimitation de la zone d'étude.....	8
1.1.2. Liste de référence des espèces.....	9
1.1.3. Structure du modèle : les groupes fonctionnels Ecopath.....	10
1.2. Reconstruction des séries d'effort de pêche et de captures par groupe.....	11
1.2.1. Effort de pêche nominal et captures totales de la pêche artisanale.....	11
1.2.2. Effort de pêche et captures totales de la pêche industrielle.....	12
1.2.3. Ventilation des captures par groupe d'espèce.....	12

1.2.4.	Efforts de pêche effectifs	13
1.3.	Estimation des abondances.....	14
1.3.1.	Les données des campagnes scientifiques	14
1.3.2.	Estimation des abondances d'après les données des campagnes scientifiques	15
1.3.3.	Prise en compte des résultats d'évaluation de stock – Estimation finale des biomasses	16
1.4.	Paramétrage et ajustement des modèles Ecopath et Ecosim.....	16
1.4.1.	Estimation des régimes alimentaires – Matrices des régimes alimentaires	16
1.4.2.	Estimation des paramètres B, P/B, Q/B et EE du modèle.....	17
1.4.3.	Ajustement.....	19
1.4.4.	Représentation graphique EcoTroph.....	20
2.	RESULTATS	21
2.1.	Evolution de l'effort de pêche et des captures	21
2.1.1.	Effort de pêche nominal et effectif.....	21
2.1.2.	Captures	22
2.2.	Evolution des biomasses	23
2.2.1.	Résultats des campagnes scientifiques - Evolution des biomasses des poissons démersaux	23
2.2.2.	Estimation des biomasses par groupe trophique – Modèles Ecopath 1985 et 2004.....	24
2.2.3.	Modèle Ecosim - Ajustement	25
2.3.	Fonctionnement de l'écosystème	28
2.3.1.	Indices de recouvrement de niche	28
2.3.2.	Indices trophiques d'impact.....	29
2.3.3.	Schéma de fonctionnement trophique.....	31
2.3.4.	Indicateurs écosystémiques	32
2.4.	Diagnostic – Impact de la pêche	33
2.4.1.	Diagramme d'exploitation écosystémique.....	33
2.4.2.	Simulations de scénarios d'évolution de l'effort de pêche	34
3.	DISCUSSION - CONCLUSION.....	37
	REMERCIEMENTS	40
	REFERENCES	40
	APPENDICES.....	43

A Research Report from the Fisheries Centre at UBC
 With the support of the EC project TrophMod MOIF-CT-2006-38767



60 pages © Fisheries Centre, University of British Columbia, 2009

FISHERIES CENTRE RESEARCH REPORTS ARE ABSTRACTED IN THE FAO AQUATIC SCIENCES AND FISHERIES ABSTRACTS (ASFA)

ISSN 1198-6727

DIRECTOR'S FOREWORD

This report constitutes a new step forward, in an already long and profitable collaboration between the following three institutes :

- the *Pôle halieutique Agrocampus Ouest* in Rennes (France),
- the *Centre National des Sciences Halieutiques de Boussoura* (CNSHB) in Conakry (Guinée), and
- the Fisheries Centre, the University of British Columbia in Vancouver (Canada).

This collaboration started in 2000, under the framework of the "Fisheries Information and Analyses System" project (FIAS-UncoDev), funded by the European Commission and devoted to the assessment of fishing impacts on marine resources and ecosystems in North Western African waters. It was especially based on a strong partnership between fisheries labs from the developed world (Europe and Canada) and fisheries research institutes from Cape Verde, Mauritania, Senegal, Gambia, Sierra Leone and Guinea.

Within the FIAS project, and in partnership with these African institutes, the UBC Fisheries Centre was in charge of developing ecosystem models. This was not an easy task, notably due to lack of data or knowledge for many compartments of the considered ecosystems. But this approach, led by the former director of the Fisheries Centre, Daniel Pauly, was a success and resulted in the first global overview of the dynamics of ecosystems in North West African waters. In this context, Guénette and Diallo (2004) published a first version of an Ecopath model for the Guinean ecosystem.

During the same FIAS project, and under the supervision of its director Didier Gascuel, the Pôle Halieutique Agrocampus Ouest was more involved in the training and sharing of knowledge with African scientists in the use of conventional stock assessment methods. For many important stocks, assessment models were used for the first time, leading to stocks status diagnoses and to estimation of time series regarding catch or biomass. This was notably the case in Guinea, where stock assessments focused on the coastal sciaenids species (Sidibé 2003) and the sparidae community (Laurans 2005)¹.

The ecosystem and single-species approaches both gave clear and convergent insights on the impacts of fishing on marine resources and ecosystems. In particular, the international symposium organised in Dakar at the end of the FIAS project clearly illustrated the urgent necessity for a more efficient regulation of North Western African Fisheries (Chavance *et al.* 2004).

Didier Gascuel was hosted at the UBC Fisheries Centre during the 2006/07 academic year. He worked mainly on the development of an ecosystem trophic level based model called EcoTroph (see FCRR17(1)) during his stay with us. He also studied specific ecosystems and started to develop a new version of the Guinean Ecopath model, incorporating all the results obtained from the FIAS and other research projects.

The present report is the result of this work, based on the collaboration between scientists from the three institutes. It proposes a completely revised and actualised version of the Guinean Ecopath model, for 1985 and 2004, as well as an Ecosim model fitted on the catch and biomass time series. The authors wanted to make a useful work for African scientists and stakeholders, who are more familiar with French than English, and thus this report was written in French. English speaking readers will find, in the following pages, an extended English abstract referring to the main graphs and results of the reports.

Of course, there is no end to science and this report is just one more step—a step towards fruitful international collaborations between fisheries institutes in Canada, France and African countries.

Rashid Sumaila
Director, UBC Fisheries Centre

¹ Note that the details of all the references listed here are given in the main report.

EXTENDED ABSTRACT

Fishing impact on the marine Guinean ecosystem: a 1985/2005 model using EwE

Fishing pressure on Guinean marine fish remained relatively low, at least for coastal species, until the mid-1980s. In less than 25 years, though, exploitation intensified and resulted in the overexploitation of several stocks, especially among those of the coastal sciaenids communities. The present report aims to analyse this evolution at the scale of the ecosystem using trophic models Ecopath with Ecosim.

Data on fishing effort and catches only started in 1995 at the “Centre de recherches halieutiques de Guinée” (Fisheries Research Centre of Guinea; CNSHB). Hence, temporal series of catch and effort were assembled for the period 1985-2004 for all exploited species, based on an extensive literature search and on simple hypotheses explained in the report. Although uncertainties are admittedly important, especially for the decade 1985-1994, such reconstruction resulted in a coherent image of the evolution of the Guinean fisheries. Between 1985 and 2005, the number of industrial vessels registered in the EEZ increased from 50 to more than 150 while the number of artisanal skiffs increased from 1000 to 3600. Given the increase in fishing power of +3% and +5% per year respectively for industrial and artisanal fisheries, we estimated that the realised fishing effort was multiplied by about 7 over the last 20 years (Fig. 2). During that time, catches tripled, reaching 130,000 tonnes in recent years and resulting mainly from the artisanal sector. Artisanal catches are dominated by ethmalosa (*Ethmalosa fimbriata*), followed by fish from the sciaenid community (bobo croaker, *Pseudotolithus pseudotolithus*; croakers, *Pseudotolithus* spp.; sea catfishes, *Arius* spp, ...). Industrial catches are dominated by sardinella (*Sardinella aurita*), horse mackerel (*Trachurus* spp), cephalopods (*Octopus vulgaris*) and demersal fish. Overall, the fisheries target a large variety of fish species while crustaceans and cephalopods landings remain moderate (Fig. 4).

Biomasses for demersal groups were estimated based on scientific surveys. For each group, bathymetric distribution and catchability coefficient were estimated based on survey data and stock assessment reports. The total biomass of demersal fish decreased from 500,000 tonnes to 200,000 tonnes between 1985 and 2005. The decline affected most groups but is especially strong for croakers, giant African threadfin (*Polydactylus quadrifilis*), and grunts (*Pomadasis* spp), and reached a 10-fold decrease for bobo croakers (Fig. 5).

Two Ecopath models of the Guinean continental shelf were built, for years 1985 and 2004. In addition, the model 1985 was adjusted using Ecosim and time series of biomass and catches for the period 1985-2004. The model functional group structure was defined from an updated list of 333 species grouped based on ecological similarities and the availability of fisheries data, and the correspondence of commercial fish categories with ecological groups. The resulting structure is composed of 35 functional groups of which 24 are fish groups (Tab. 2).

Ecopath parameters were estimated from previous models and empirical relationships proposed in the literature (Tab. 3). Diet composition published in a previous model (Guénette and Diallo 2004) and based on a compilation of literature for the region or in similar ecosystems was updated using recent data available for some species (Sidibé 2003). Biomass values for most demersal fish groups were available from the surveys, while that of other groups was estimated by the model by assigning a value for the ecotrophic efficiency EE. Productivity per unit of biomass values, P/B, was calculated as the sum of fishing and natural mortality (Allen 1971). Consumption per unit of biomass, Q/B, was estimated using the Palomares and Pauly's empirical formulae (1989), or directly by the model assuming a reasonable value for the ratio P/Q. All these parameters were corrected as necessary when balancing the model.

The 2004 model was used to characterise the present functioning of the ecosystem and the respective importance of functional groups fluxes between them (Fig. 12). We emphasize the role of detritus and benthos in the coastal ecosystem, while large pelagics (sharks, tunas, ...) constitute the apex predators. The level of diet overlap confirms that demersal fish are ecologically close in the sciaenid

community (Fig. 10). Finally, we used the mixed trophic impact analysis to emphasize species interactions and the direct and indirect effect of both fisheries (Fig. 11).

The comparison of the 1985 and 2004 models clearly show the changes that occurred in the ecosystem. We especially show that the reduction in biomass affects not only demersal fish but also most components of the ecosystem (Fig. 6). Trophic spectral analysis shows that the decrease in biomass was more accentuated for high trophic level groups (-25% for TL =3.0 and -50% for TL \geq 3.5) (Fig. 7). This is related of course with the 5 or 6 fold increase in fishing mortality over the study period and quite high for all high trophic levels (Fig. 13). In the same way, ecosystemic indices (mean trophic level, ascendancy, Finn recycling index,...) confirm the degradation of the ecosystem (Tab. 4).

The fitting of the Ecosim model to biomass and catch time series is satisfying for most groups and show that fishing mortality was sufficient to explain the observed trends (Fig. 8). However, the inclusion of environmental indices, such as river flow, did not improve the fit. Furthermore, Ecosim simulations for the period 2005-2015 under 3 scenarios of fishing pressure (stability, +20%, -20%) show that most groups are already overexploited and suggest that global biomass should decrease in the future even under a freeze of fishing effort (Fig. 14).

Overall, the present analysis suggests that results from previous stock assessments, indicating overexploitation of several stocks, can be generalized to the entire ecosystem. Hence, we conclude the necessity of implementing a fisheries management system that takes into account resource sustainability and ecosystem health.

RESUME ETENDU

La pression de pêche exercée sur les ressources halieutiques de la Guinée est restée relativement faible, au moins en ce qui concerne les espèces les plus côtières, jusqu'au milieu des années 1980. Depuis, elle s'est accrue dans des proportions considérables. En moins de 25 ans, on est ainsi passé d'une exploitation modérée à une pression de pêche intense, caractérisée par la surexploitation de nombreux stocks, notamment parmi les espèces de la communauté écologique des sciaenidés côtiers. Le présent rapport vise à analyser cette évolution de manière globale, à l'échelle de l'écosystème, en s'appuyant sur les modèles tropho-dynamiques de type Ecopath et Ecosim.

Les données statistiques d'effort de pêche et de captures ne sont enregistrées par le centre de recherches halieutiques de Guinée (le CNSHB) que depuis 1995. Dans un premier temps, on reconstruit donc ici des séries homogènes, couvrant l'ensemble de la période 1985/2005 et l'ensemble des espèces exploitées. Cette reconstruction s'appuie sur une analyse aussi exhaustive que possible de la littérature scientifique disponible, et sur quelques hypothèses simples justifiées dans le rapport. Même si elle comporte une grande part d'incertitude, surtout pour la décennie 1985/94, une telle reconstruction donne une image globale cohérente de l'évolution du système d'exploitation Guinéen. On montre ainsi qu'entre 1985 et 2005 le nombre de navires industriels enregistrés dans la ZEE est passé d'environ 50 à plus de 150 et le nombre de pirogues artisanales de 1 000 à 3 600. Compte tenu d'un accroissement des puissances de pêche très conséquent (+3% et +5% par an, en moyenne, pour la pêche industrielle et pour la pêche artisanale respectivement), on estime que l'effort de pêche effectif a été multiplié par environ 7, en l'espace de 20 ans. Dans le même temps, les captures ont été multipliées par trois, atteignant 130 000 tonnes dans les années récentes, avec une sensible prépondérance en tonnage du secteur artisanal. L'ethmalose constitue la majorité des prises de cette pêcherie, suivi par les espèces de la communauté à sciaenidés (bobo, bars, mâchoirons,...). En pêche industrielle, les groupes principaux sont : la sardinelle, le chinchard, les céphalopodes, mais également les poissons démersaux. Globalement, la pêche apparaît très diversifiée ; les captures de crustacés et céphalopodes restent modérées.

Des données de campagne de chalutages scientifiques sont disponibles pour l'ensemble de la période et permettent d'estimer les biomasses des différents groupes de poissons démersaux présents sur le plateau continental Guinéen. Des profils de répartition bathymétrique et des coefficients de capturabilité sont calculés pour chaque groupe, en croisant les données de campagne avec les résultats des évaluations de stocks disponibles dans la littérature. On montre ainsi que la biomasse totale des poissons démersaux serait passée d'environ 500 000 à 200 000 tonnes entre 1985 et 2005. La diminution d'abondance affecte quasiment tous les groupes et serait particulièrement forte pour les bars, le gros capitaine et les grondeurs ; elle atteint un facteur 10 pour le bobo.

Deux modèles Ecopath, couvrant le plateau continental de Guinée, sont construits, l'un pour 1985 et l'autre pour 2004. En complément, un modèle Ecosim, initialisé par le modèle Ecopath 1985, est ajusté aux séries 1985/2004 de captures et de biomasses. La définition des groupes fonctionnels du modèle s'appuie sur la mise à jours d'une liste de référence des espèces présentes en Guinée (333 espèces référencées). Elle prend en compte des critères de proximité écologique et de disponibilité des données halieutiques. Des grilles d'affectation des différentes catégories commerciales aux différents groupes écologiques sont en particulier définies. Le modèle comporte *in fine* 35 groupes fonctionnels, dont 24 groupes de poissons.

Les paramètres requis par le modèle Ecopath sont estimés pour chaque groupe fonctionnel, en s'appuyant sur les travaux antérieurs et sur les formules empiriques proposées dans la littérature. Les coefficients de la matrice des régimes alimentaires, proposés par Guénette et Diallo (2004) sur la base d'une compilation des données issues d'écosystèmes jugés similaires, sont corrigés grâce aux données récemment acquises en Guinée pour quelques espèces (Sidibé 2003). Les valeurs de biomasse par groupe sont issues des données de campagne pour les poissons démersaux, tandis qu'elles sont estimées par le modèle pour les autres groupes (c'est alors l'efficacité écotrophique EE qui est fixée). Les valeurs de productivités (P/B) sont estimées pour tous les groupes par la formule de Allen (1971). Les taux de consommations (Q/B) sont soit estimés par la formule de Palomares et Pauly (1989), soit estimés par le modèle Ecopath lui-même ; c'est alors le ratio P/Q qui est fixé en entrée du modèle, selon une démarche

experte. Tous ces paramètres sont mis en cohérence, et pour certains d'entre eux corrigés, lors de la phase d'équilibrage du modèle.

Le modèle Ecopath 2004 permet de caractériser le fonctionnement actuel de l'écosystème. Il met notamment en évidence l'importance respective des différents groupes et des flux trophiques entre groupes. On souligne ainsi le rôle de la chaîne détritique et du benthos, au sein de cet écosystème côtier. A l'inverse, on montre que ce sont principalement les composantes pélagiques (requins, thonidés,...) qui jouent le rôle de top prédateurs au sein de l'écosystème. Les indices de recouvrement de niche trophique confirment, quant à eux, la proximité écologique des poissons démersaux de la communauté à sciaenidés. Plus généralement, les indices d'impact trophiques mixtes montrent les interactions entre espèces et les impacts directs ou indirects de chacune des deux pêcheries.

La comparaison des deux modèles Ecopath 1985 et 2004, illustre très clairement les modifications intervenues au sein de l'écosystème. On montre ainsi que la réduction des biomasses n'affecte pas seulement les poissons démersaux, mais l'ensemble des composantes de l'écosystème. L'analyse des spectres trophiques de biomasse met en évidence une diminution plus marquée pour les niveaux trophiques élevés (-25% pour TL=3.0 et -50% au-delà de TL=3.5). Ceci est évidemment à mettre en relation avec des mortalités par pêche qui ont été globalement multipliées par 5 ou 6, et qui sont aujourd'hui élevées pour l'ensemble des hauts niveaux trophiques. Parallèlement, le calcul des indices écosystémiques (niveau trophique moyen, ascendance, recyclage de Finn, ...) confirme la dégradation de l'état de santé de l'écosystème.

L'ajustement du modèle Ecosim aux séries temporelles de captures et de biomasses est satisfaisant pour la plupart des groupes. Ceci montre que le forçage du modèle par les séries d'effort de pêche est suffisant pour expliquer les évolutions observées. A l'inverse, nous n'avons pas pu améliorer l'ajustement en prenant en compte un indice d'environnement (débit des fleuves, ...). Par ailleurs, la simulation sous Ecosim de la période 2005/2015, sous 3 hypothèses d'évolution de la pression de pêche (stabilité, +20%, -20%), montre que la plupart des groupes seraient aujourd'hui surexploités ; elle indique que l'abondance globale des ressources du plateau devrait diminuer dans les années à venir, même dans l'hypothèse d'un gel de l'effort de pêche.

L'ensemble de l'analyse, montre que les évaluations antérieures indiquant une surexploitation de certains stocks méritent d'être généralisés à l'ensemble de l'écosystème. Celui-ci apparaît fortement impacté par la pression de pêche et le rapport conclut à l'urgente nécessité de la mise en œuvre d'une gestion des pêches respectueuse de la durabilité des ressources et de l'état de santé de l'écosystème.

INTRODUCTION

Au cours des 25 dernières années, le système halieutique de la Guinée a connu de profonds bouleversements. C'est globalement un système où la pression de pêche s'est très fortement et très rapidement accrue, passant d'une situation globale de faible exploitation à une sur-exploitation sensible d'un nombre croissant de stocks (Domain 1999 ; Sidibé 2003 ; Gascuel *et al.* 2005b).

Jusqu'à l'avènement de la seconde République en 1984, les ressources de la zone côtière sont restées peu exploitées. Les accords de pêche passés avec les pays de l'Est autorisent alors la présence de quelques dizaines de chalutiers industriels ; leurs captures sont assez largement méconnues mais semblent constituées majoritairement des espèces des communautés écologiques à Sparidés et à Lutjanidés présentes sur la partie la plus profonde du plateau (au-delà de 30 ou 40 m). Bien que sans doute non négligeables, les captures des espèces plus côtières appartenant à la communauté des Sciaenidés seraient quant à elles restées limitées. La pêche artisanale de son côté est alors presque inexistante et pour l'essentiel le fait de pêcheurs migrants originaires du Ghana, du Sierra Léone et du Sénégal.

A partir de 1985 le secteur de la pêche artisanale est encouragé et le nombre de pirogues s'accroît très rapidement, passant de quelques centaines d'unités présentes sur l'ensemble du littoral à presque 4 000 dans la période récente. Parallèlement, le nombre de navires industriels augmente également, d'une cinquantaine de navires au milieu des années 80 à plus de 150 dans les années 2000. Si on tient compte des gains d'efficacité de pêche, liés au progrès technologique, nous verrons que la pression de pêche a vraisemblablement été multipliée par un facteur compris entre 5 et 7 au cours de ces 20 dernières années.

Durant cette période de très fort accroissement de la pression de pêche, des campagnes de chalutages scientifiques ont été menées conjointement par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD, France) et le Centre National des Sciences Halieutiques de Boussoura (CNSHB, Guinée). Elles permettent aujourd'hui d'estimer l'abondance des ressources démersales côtières et d'analyser les effets de la pêche. Le système de suivi statistique des captures, mis en place à partir de 1995, constitue également un outil de diagnostique extrêmement utile.

Les travaux menés jusqu'à présent sur ces données concernent principalement : la biologie et l'écologie des espèces exploitées, la description des activités de pêche et l'évaluation des principaux stocks. Une diminution très significative de l'abondance des ressources démersales a notamment été mise en évidence (Gascuel *et al.* 1997; Domain 1999; Sidibé *et al.* 2000), ainsi que des changements de la structure trophique du peuplement (Laurans *et al.* 2004; Gascuel *et al.* 2005a) et une baisse de leur diversité spécifique (Domalain *et al.* 2004). Une situation de très nette sur-exploitation a par ailleurs été diagnostiquée, pour plusieurs stocks appartenant à la communauté des Sciaenidés côtiers (Sidibé 2003; Gascuel *et al.* 2005b). Enfin, et pour s'en tenir aux principaux travaux publiés récemment, une première approche de modélisation Ecopath a été conduite par Guénette et Diallo (2004). En s'appuyant sur la construction de 2 modèles à l'état stable, représentant le fonctionnement de l'écosystème en 1985 et en 1999, cette approche met également en évidence la diminution de biomasse des espèces exploitées.

L'accroissement rapide de la pression de pêche et les indices concordant d'une dégradation récente de l'état des ressources, font du cas Guinéen un cas d'école pour analyser les impacts de la pêche à l'échelle de l'écosystème. Le présent rapport se propose de conduire cette analyse, en s'appuyant sur les outils de modélisation Ecopath et Ecosim (Polovina 1984; Christensen et Pauly 1992; Walter *et al.* 1997) et en intégrant les données disponibles les plus récentes. Dans un premier temps, des séries homogènes d'effort de pêche, de captures par groupe d'espèce et d'abondance sont estimées pour la période 1985-

1. MATERIEL ET METHODES

Le principe des modèles Ecopath et Ecosim est amplement décrit dans de nombreux documents par ailleurs (voir notamment Christensen *et al.*, 2005), et ne sera donc pas détaillé ici. En revanche, il est évidemment nécessaire de préciser les méthodes utilisées pour estimer l'ensemble des séries de données et des paramètres qui sont utilisés dans le présent modèle.

1.1. Zone d'étude - Liste de référence et construction des groupes fonctionnels Ecopath

1.1.1. Délimitation de la zone d'étude

Le modèle se réfère au **plateau continental de la Guinée**, défini comme la partie de la Zone Economique Exclusive (ZEE) comprise entre la côte et l'isobathe 200 m (Fig. 1).

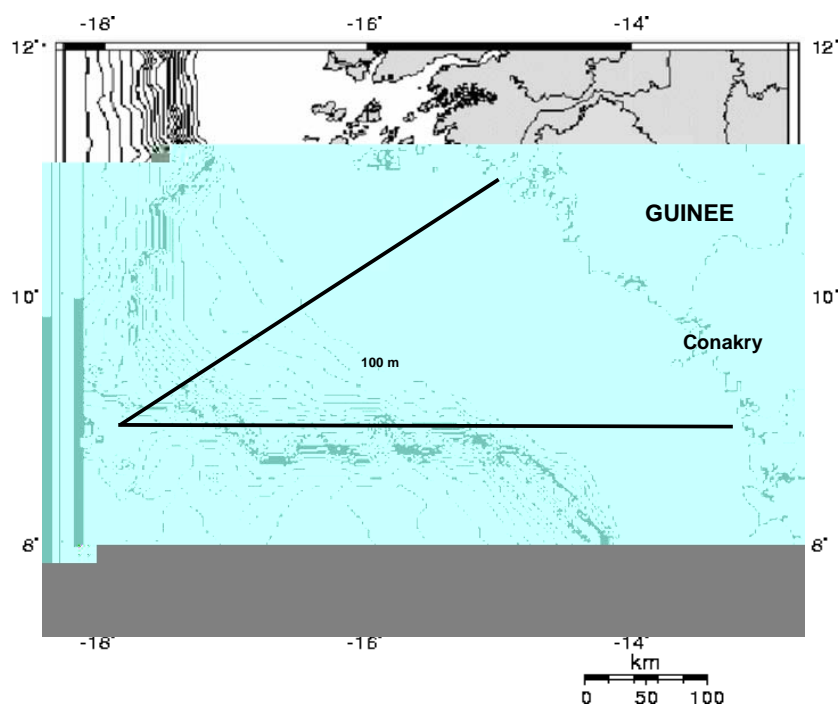


Figure 1 – Le plateau continental de la Guinée : localisation et limites

On note que la ZEE Guinéenne présente une forme triangulaire a priori assez curieuse, mais qui résulte de l'Histoire de sa création. En effet, la limite nord est issue d'un arbitrage international entre la Guinée et la Guinée Bissau, tandis que la limite sud avait été fixée antérieurement et de manière unilatérale par la Guinée ². Il est vraisemblable que cette limite sud pourrait être modifiée et fixée

² La ZEE Guinéenne a été créée de manière unilatérale en 1980 par un décret présidentiel (donc avant même la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982). Le décret fixe alors les limites nord et sud de la ZEE en suivant les deux parallèles qui correspondent aux frontières terrestres du pays, avec la Guinée Bissau au nord et le Sierra Léone au sud. Apparemment, la Guinée suit là la même logique que celle adoptée plus au nord par le Sénégal. Par la suite, la Guinée Bissau conteste la limite nord devant le Tribunal International du droit de la mer, et obtient satisfaction. Contrairement à un usage répandu et afin d'éviter un enclavement de la ZEE de Guinée entre les ZEE des deux pays adjacents, le Tribunal ne retient pas le principe d'une limite définie par une règle d'équidistance avec les deux pays. Il lui préfère une limite perpendiculaire à une tangente au trait de côte, soit une ligne orientée à 236 degrés. Cette limite est désormais reconnue par les différentes parties.

Quant à la limite Sud, elle reste fixée à la latitude de 09°03.18' nord, déterminée par le décret de 1980 qui n'a jamais été formellement remis en cause. Il ne fait pourtant guère de doute que si la Guinée demandait un arbitrage international, elle pourrait obtenir que cette limite soit modifiée et fixée elle aussi perpendiculairement à la côte. Mais la Guinée n'a pas introduit de demande en ce sens. C'est sans doute un des rares exemples au monde où un Etat ne réclame pas la ZEE à laquelle il peut prétendre !

perpendiculairement à la côte (comme la limite nord) si la Guinée le demandait. Ce qu'elle n'a pour l'instant pas fait. A défaut, c'est donc cette ZEE "en triangle" qui est actuellement reconnue en matière de gestion des pêches (notamment par la FAO) et qui est utilisée pour l'enregistrement des données statistiques de pêche comme pour l'organisation des campagnes d'observation scientifiques. Elle est retenue ici, non pas tant parce qu'elle correspondrait à une limite écologique, mais parce qu'elle définit l'espace auquel se réfère l'ensemble des données disponibles.

Le plateau continental de la Guinée est un des plus larges de l'Atlantique Centre-Est. Ainsi, la distance à la côte de l'isobathe des 200 m est d'environ 87 milles nautiques dans le sud et 104 miles au nord, contre une cinquantaine au Sénégal et moins de 30 en Mauritanie. La superficie totale de la zone est estimée à 42 969 km². La surface des différentes strates (Tab. 1) est une donnée qui sera utilisée pour le calcul des biomasses des différents groupes Ecopath.

Tableau 1 – Surface des différentes strates bathymétriques de la ZEE de Guinée (d'après Pezenec 1999 in Diallo et al. 2004 ; complété et corrigé pour la zone côtière d'après les données du SIG Guinée, in Sidibé et al., 2000)

Limite des strates bathymétriques	Surface (Km²)
0 – 5 m	4 535
5-10 m	2 165
10-15 m	2 165
15-20 m	3 025
20-30 m	10 123
30-40 m	8 011
40-100 m	10 679
100-200 m	2 267
Total	42 969

1.1.2. Liste de référence des espèces

La constitution de la liste de référence des espèces prises en compte constitue une étape préliminaire du modèle. Cette liste ne vise pas à l'exhaustivité mais regroupe les espèces significativement présentes sur le plateau continental de la Guinée. Elle est notamment utilisée pour ventiler les captures commerciales par groupe écologique ou pour estimer les indices d'abondance issus des données de campagne scientifiques, en y incluant l'essentiel des biomasses rencontrées. Cette liste inclut :

- . l'ensemble des espèces de poissons cités dans les statistiques commerciales de la Guinée, pour la pêche industrielle (d'après Morize *et al.* 1995) et pour la pêche artisanale (d'après Soumah com. pers.);
- . l'ensembles des espèces caractéristiques des communautés écologiques de Guinée, d'après Domain (1999);
- . l'ensemble des espèces importantes référencées par Laurans *et al.* (2004), d'après la base de données TrawlBase (Guitton et Gascuel 2005) qui regroupe les observations des campagnes de chalutage scientifiques effectuées sur le plateau continental Guinéen entre 1985 et 2000;
- . l'ensemble des espèces citées comme "espèces principales" (et identifiées à l'espèce et non au genre) par Guénette et Diallo (2004), à l'exception de quelques espèces des groupes bathypélagiques, uniquement présentes au-delà de 200 m de profondeur;
- . les espèces de mammifères marins et de tortues signalées comme présentes en Guinée, d'après Guénette et Diallo (2004) et Diallo *et al.* (2004).

L'ensemble des noms d'espèce a été vérifié sur FishBase (Froese and Pauly, 2000) ce qui conduit à corriger une trentaine de noms scientifiques utilisés dans les fichiers du CNSHB mais erronés ou obsolètes. La liste de référence ainsi constituée inclut 333 espèces, dont 269 poissons (cf. Annexe 1). On notera que certaines espèces signalées comme présentes en Guinée dans FishBase n'ont pas été prises en compte soit parce qu'elles sont présentes uniquement sur le talus continental, soit parce qu'elles sont considérées comme rares ou anecdotiques. Réciproquement, 33 espèces de poissons de la liste référence n'étaient pas signalées comme présentes en Guinée dans FishBase. Elles sont identifiées en Annexe 1.

1.1.3. Structure du modèle : les groupes fonctionnels Ecopath

Les espèces de la liste de référence sont agrégées en 29 groupes fonctionnels, dont 24 groupes de poissons, 2 groupes de mammifères marins (dauphins et baleines), un groupe pour les tortues, un groupe céphalopodes et un groupe crustacés. A ceci s'ajoutent (hors liste de référence) : un groupe oiseaux, 3 groupes d'invertébrés, un groupe producteurs primaires et un groupe détritus. Les modèles Ecopath et Ecosim ultérieurement construits prennent ainsi en compte 35 groupes fonctionnels (Tab.2). La construction des groupes s'appuie sur la recherche du meilleur compromis possible entre des considérations écologiques, relatives notamment aux régimes alimentaires des espèces, et la disponibilité des données liée à l'existence de catégories statistiques dans les bases de données du CNSHB.

Tableau 2 – Liste des groupes fonctionnels et dénominations (cf. liste complète des espèces en Annexe 1)

Code	Nom Ecopath	Principales espèces ou groupes	Dénomination en anglais
1	Baleines	Baleines	Whales
2	Dauphins	Dauphins	Dolphins
3	Tortues	Tortues	Turtles
4	Oiseaux	Oiseaux marins	Sea birds
5	Raies+	Raies, torpilles et assimilés	Rays+
6	Requins+	Requins, émissoles et assimilés	Sharks+
7	Grands pélagiques	Thons, espadons, tassergal,...	Large pelagics
8	Barracudas	Barracudas	Barracudas
9	Carangues	Carangues	Carangids
10	Chinchards+	Chinchards, maquereaux,...	Horse mackerels+
11	Ethmalose	Ethmalose	Ethmalosa
12	Sardinelles+	Sardinelles, anchois, rasoir	Sardinella+
13	Bobo	Bobo	Bobo croaker
14	Bars+	Autres bars	Other croakers
15	Petit capitaine	Petit capitaine	Lesser African threadfin
16	Gros capitaine	Gros capitaine	Giant African threadfin
17	Capitaine royal	Capitaine royal	Royal threadfin
18	Dorades+	Dorades, dentés, pagre, pageot,...	Seabream+
19	Mâchoirons	Mâchoirons	Sea catfish
20	Mulets+	Mulets, chirurgien,...	Mulletts+
21	Grondeurs+	Grondeurs et empereur	Grunts+
22	Soles+	Soles, sole-langue, céteau	Soles+
23	Démersaux pisc.G	Mérous, carpes rouges, turbot, ceinture,...	L. demersal piscivor
24	Démersaux pisc.MP	Beauclair, beaudroies, autres démersaux,...	SM demersal piscivor
25	Démersaux inv.GM	Balistes, ombrine, diagramme, rouget,...	ML demersal invert.eaters
26	Démersaux inv.P	Disques, pelon, grondins,...	S. demersal invert.eaters
27	Bathy-dém pisc.	Merlu, Hoplostète,...	Bathy-dem pred.eaters
28	Bathy-dem inv	Banane,...	Bathy-dem invert.eaters
29	Crustacés	Crevettes, crabes, langouste,...	Crustacea
30	Céphalopodes	Bivalves, gasteropodes, poulpe, calmars,...	Cephalopods
31	Benthos	Benthos	Benthos
32	Zooplancton grand	Zooplancton grand	Large zooplankton
33	Zooplancton petit	Zooplancton petit	Small zooplankton
34	Producteurs primaires	Producteurs primaires	Primary producers
35	Détritus	Détritus	Détritus

La classification prend ainsi en compte les groupes fonctionnels identifiés par Guénette et Diallo (2004) à partir de critères de taille, de régime alimentaire et d'habitat. Certains groupes de poissons identifiés par ces auteurs sont néanmoins scindés et les espèces d'intérêt commercial sont considérées séparément pour s'assurer de bien représenter les pêcheries. Ainsi par exemple, le bobo, les 3 différents

capitaines, les mâchoirons et l'ethmalose, constituent chacun un groupe fonctionnel. Plus généralement, toutes les catégories commerciales qui constituent de manière régulière plus de 1 % des captures de la pêche artisanale ou de la pêche industrielle sont identifiées comme des groupes fonctionnels autonomes. Réciproquement, certains groupes initialement identifiés par Guénette et Diallo et considérés écologiquement proches sont fusionnés, compte tenu de leur faible abondance et de leurs faibles captures. Notons enfin que les groupes des céphalopodes et des crustacés incluent les espèces exploitées et non-exploitées en raison du manque d'information à leur sujet.

L'ensemble des espèces de la liste de référence est ainsi affecté dans l'un ou l'autre des groupes fonctionnels. Dans un souci de lisibilité, la dénomination de chaque groupe se réfère soit à l'espèce ou au groupe d'espèces considéré (par exemples les groupes bobo, mâchoirons, grands pélagiques), soit au groupe dominant et est alors repéré par un signe '+' (par exemple le groupe 'Sardinelle+' regroupe les sardinelles et les anchois).

1.2. Reconstruction des séries d'effort de pêche et de captures par groupe

1.2.1. Effort de pêche nominal et captures totales de la pêche artisanale

Des opérations de recensement du parc piroguier de Guinée ont été conduites conjointement par l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement, France) et le CNSHB à partir de 1987 dans la préfecture de Conakry et à partir de 1989 sur l'ensemble du littoral. Ces comptages sont enregistrés dans les bases de données du CNSHB et ont été publiés par différents auteurs (notamment Chavance 1999 ; Sidibé 2003). Ils sont utilisés ici comme mesure de l'effort de pêche nominal pour la pêche artisanale.

Certaines années le recensement du parc piroguier n'a pas pu être effectué. Des valeurs estimées sont alors calculées par interpolation. De même, le nombre de pirogues des années 1985 à 1988 est estimé par interpolation, à partir d'une valeur initiale 1985 déterminée de manière empirique. Un effectif de 500 pirogues a été proposé par Sidibé (2003) mais cette valeur conduit notamment à des estimations peu compatibles avec le recensement 1987 (les 601 pirogues de la préfecture de Conakry représentent dans ce cas un pourcentage "anormalement" important de l'ensemble du parc). Une hypothèse de 1000 pirogues en 1985 est ici prise en compte. Elle semble cohérente avec la présence à cette époque de flottilles artisanales du Ghana, du Sierra Léone et du Sénégal, tel que décrit notamment par Boujou (1999), ainsi qu'avec la reconstruction des pêcheries Africaines proposée par Chavance (2004). Notons enfin que le chiffre de 1000 pirogues est déjà cité par Moal en 1961 (in Chavance 1999) ³.

Les captures de la pêche artisanale, estimées grâce à un système d'enquête au débarquement, sont enregistrées dans les bases du CNSHB depuis 1995 et sont disponibles jusqu'en 2004. Une enquête approfondie conduite en 1989 (Chavance et Domalain, 1999) permet en outre d'estimer de manière apparemment fiable les captures artisanales de cette année. En revanche, d'autres chiffres cités dans la littérature ont été jugés peu fiables et n'ont par été pris en considération ⁴. Les captures des années manquantes (1985 à 1994, sauf 1989) sont estimées d'après le nombre de pirogues et une valeur de rendement annuel par pirogue, que nous avons choisit de fixer égale à la valeur moyenne des années 1989 et 1995-2000 (soit 22.6 t/an.pirogue).

³ D'après Chavance (1999), Moal cite également un chiffre de 600 à 800 pirogues en 1930. Il apparaît ainsi que la pêche artisanale était déjà importante en Guinée dès avant la seconde guerre mondiale. L'exploitation ciblait pour l'essentiel les petits pélagiques côtiers (sardinelle, ethmalose) en utilisant les engins tournants. Réciproquement, si l'on en croit ces chiffres, l'effectif du parc piroguier aurait stagné aux environs de 1000 pirogues durant toutes les années 60 et 70, avant de connaître une forte expansion dans les années qui ont suivi la chute du régime de Sékou Touré en 1984 et la libéralisation du secteur.

⁴ En particulier, FAO 1979 (repris in Cissé, 1980) et Domalain 1989 estiment les captures à 7 000 et 35 000 tonnes en 1979 et 1987 respectivement, mais en citant un chiffre de 7 000 pirogues qui semble très sur-estimé (d'après les inventaires faits dès 1989) et qui conduit à des captures par pirogue peu réalistes. A l'inverse, la base de données Statbase2.2 (Thibault et al. 2004) indique une capture de 18 800 en 1989, très sous-estimée comparativement à l'enquête de Chavance et Domalain (1999). Enfin, le document FAO 1992 cite la valeur de 35 000 tonnes en 1990 mais sans source claire (apparemment Domalain 1989 et donc il s'agirait de l'estimation 1987 pré-citée).

En effet, les rendements annuels moyens par pirogue, calculés pour les années 1989 puis 1995-2004, fluctuent sans tendance significative entre 19 et 29 t/an. Dans d'autres pays (par exemple en Mauritanie, Gascuel *et al.* 2007b), on observe au contraire une augmentation rapide de ce rendement, lié à l'accroissement des puissances de pêche. En particulier, dans toute l'Afrique de l'Ouest, les années 80 et 90 correspondent à la période de généralisation de la motorisation et au développement des pirogues glaciaires. Il ne fait aucun doute que ce processus de progrès technologique a également affecté la Guinée. Chavance (1999) cite par exemple la fourniture d'environ 2300 moteurs, par les programmes de développement de la pêche artisanale Guinéenne conduits en 1985 et 1995. Dès lors, la stagnation des rendements annuels par pirogue ne peut s'expliquer que par un phénomène de compensation entre accroissement des puissances de pêche et diminution de l'abondance des stocks exploités. Nous verrons d'ailleurs que cette diminution est avérée. Quoi qu'il en soit, ces différentes considérations justifient d'adopter l'hypothèse d'un rendement annuel par pirogue globalement constant sur la période 1985-2000.

Naturellement, ce calcul rudimentaire a pour conséquence que l'estimation des captures de la pêche artisanale reste très imprécise pour la décennie 1985-1994. Nous verrons cependant que les valeurs obtenues conduisent à des résultats cohérents en matière de puissance de pêche et d'effort de pêche effectif. Elles constituent des ordres de grandeur acceptables.

1.2.2. Effort de pêche et captures totales de la pêche industrielle

Les statistiques officielles recensant les permis et licences de pêche industrielle débutent en 1971 mais ne sont considérées comme exhaustives que depuis 1975 (Lesnoff *et al.*, 1999). Depuis cette date, le nombre total de navires titulaires d'une licence de pêche industrielle est donc connu. Sont ici pris en compte l'ensemble des navires, à l'exception des thoniers qui ne passent généralement qu'une faible partie de l'année dans les eaux Guinéennes.

Les captures déclarées par la pêche industrielle sont quant à elles enregistrées par le CNSHB depuis 1995. Elles sont également disponibles pour les années 1993-94 d'après les travaux de Lesnoff (1999). Pour les années antérieures, nous avons adopté la même méthode que pour la pêche artisanale en considérant un rendement moyen par navire, calculé sur la période 1995-2000 (soit 321 t/navire.an), et supposé valide pour les années précédentes. La capture annuelle totale, hors captures des thoniers, est ainsi égale au produit du nombre de navires par la capture moyenne d'un navire. Ici aussi, cette estimation s'appuie sur l'hypothèse que les gains d'efficacité de pêche liés au progrès technologique sont globalement compensés par la baisse d'abondance de la ressource.

Les captures des navires thoniers opérant dans la ZEE Guinéenne ne sont disponibles dans la base du CNSHB que depuis 2003. En revanche, on dispose des estimations du "Sea Around Us Project (SAUP)" (www.saup.org) pour l'ensemble de la période 1975-2004 (en fait, depuis 1960). Ces estimations sont elles-mêmes basées sur les déclarations des thoniers collectées par l'ICCAT (International Commission for Conservation of Atlantic Tunas). Elles s'appuient sur un algorithme de ventilation des captures par carré statistique, puis d'agrégation des carrés correspondant à la ZEE de Guinée (Watson et al, 2004). Comparativement aux données du CNSHB 2003-04, ces estimations SAUP paraissent légèrement surestimées, ce qui est d'ailleurs logique car elles s'appuient sur une définition inexacte des limites de la ZEE Guinéenne (limites perpendiculaires à la côte et non en triangle). Par conséquent, on retient *in fine* des estimations de captures égales aux valeurs SAUP, corrigées du ratio CNSHB/SAUP des années 2003-04. Ces captures des navires thoniers, qui restent d'ailleurs limitées (quelques centaines de tonnes), sont additionnées aux précédentes pour former le total des captures industrielles.

1.2.3. Ventilation des captures par groupe d'espèce

Pour la période récente 1995-2004, les données de capture du CNSHB sont enregistrées par espèce ou groupes d'espèces, en distinguant 46 "catégories statistiques" principales (dont 7 groupes de mollusques ou crustacés et 39 groupes de poissons, en comptant le groupe "thonidés ICCAT" enregistré depuis 2003 seulement) et 3 catégories divers : les "autres démersaux", les "divers poissons" et la "farine" (qui regroupe des pélagiques indéterminés). Certains de ces groupes ne concernent qu'un très faible

volume de captures (quelques tonnes ou dizaines de tonnes par an) et la définition des groupes n'est clairement pas adaptée à des objectifs de modélisation écologique.

Pour chacune des deux pêcheries, industrielle et artisanale, les captures des différentes catégories statistiques principales sont donc agrégées par groupe fonctionnel Ecopath (cf. les différentes catégories statistiques et leur grille d'affectation dans les groupes fonctionnels, en Annexe 3). Pour les trois catégories "divers", des règles de répartition empirique sont adoptées, en s'appuyant sur la connaissance des experts du CNSHB. Ainsi :

- . les "autres démersaux" et la moitié des "divers poissons" sont répartis entre les groupes : mulets+ (5%), démersaux pisc.G (20%), démersaux pisc.MP (30%), démersaux inv.GM (15%), démersaux inv.P (15%), bathy-dém pisc. (8%), bathy-dem inv. (7%) ;
- . l'autre moitié des "divers poissons" est répartie entre tous les groupes de poissons, au prorata de la capture de chaque groupe ;
- . le groupe "farine" est réparti entre les groupes grand pélagiques (45%, correspondant à des captures de sapter), sardinelles+ (35%) et chinchards+ (25%).

Notons que cette opération de "ventilation" des captures, évidemment assez imprécise, ne concerne néanmoins qu'un faible volume, les trois groupes ne représentant respectivement que 0.5%, 3.0% et 0.4% des captures totales.

Enfin, les captures des navires thoniers industriels, non enregistrées dans la base CNSHB pour les années 1995-2002, sont rajoutées à la catégorie grands pélagiques en reprenant les estimations SAUP corrigées, tel que présentées ci-dessus.

En ce qui concerne les années plus anciennes 1985-1994, on ne dispose malheureusement pas de statistiques de captures par espèce ou groupe d'espèces. Les captures par groupe Ecopath sont "reconstruites" (*sensu* Zeller *et al.* 2006) de la manière suivante :

- . pour la pêche industrielle, un profil moyen des captures par groupe (i.e. pourcentage des captures de chaque groupe) est calculé pour la période 1995-97, qui correspond aux 3 premières années disponibles dans la base CNSHB. Les captures des années précédentes sont estimées en répartissant la capture totale de chaque année, au prorata du poids respectif de chaque groupe dans le profil moyen. Faute de mieux, cette estimation ne prend donc pas en compte les éventuels changements de profil de capture au cours des 10 premières années de la série.
- . pour la pêche artisanale, un premier profil des captures par groupe Ecopath peut être calculé de la même manière, en valeur moyenne des données CNSHB 1995-97. Par ailleurs, l'étude de Chavance et Domalain (1999) précédemment citée précise les captures par catégorie statistique pour l'année 1989. Une large majorité de ces captures (88%) se réfère à une catégorie qui peut être assimilée sans difficulté majeure à l'un des groupes Ecopath. Les autres peuvent être réparties entre les groupes restant, au prorata de leur importance dans le profil moyen 1995-97. En d'autres termes, le profil 1989 peut être recalculé pour 88% des captures, d'après les données de Chavance et Domalain ; il est supposé identique au profil 95-97 pour la répartition des 12% restants. Les captures annuelles de chaque groupe sont ensuite recalculées, en utilisant : le profil 1989 pour chacune des années 1985 à 1991, le profil 1995-97 pour les années 1993 et 1994, et la moyenne des deux profils pour l'année 1992.

1.2.4. Efforts de pêche effectifs

A partir des estimations de biomasse (cf. paragraphe suivant) et des captures il est possible de calculer les efforts de pêche effectifs de chacune des deux pêcheries, industrielle et artisanale. L'enchaînement des étapes de ce calcul est le suivant :

- . La biomasse de l'ensemble des groupes démersaux (somme des groupes Ecopath 5 et 13 à 26) est estimée à partir des données issues des campagnes scientifiques (cf. ci-dessous) ; elle n'est donc évidemment disponible que pour les années au cours desquelles des campagnes ont été conduites.

- . L'effort de pêche théorique s'exprime comme le ratio entre la biomasse (assimilable à une CPUE) et la capture annuelle. Il peut être calculé pour chacune des deux pêcheries et exprimé en multiplicateur de l'effort théorique de la première année connue (1985).
- . Le coefficient de puissance de pêche est égal au ratio de l'effort théorique et de l'effort nominal. Il est calculé chaque année en considérant le nombre d'embarcations comme une mesure de l'effort nominal ; il est également exprimé en valeur relative par rapport à l'année 1985. Ce coefficient mesure donc l'accroissement de l'efficacité de pêche des pirogues, d'une part, et des navires industriels, d'autre part, comparativement à 1985.
- . Les coefficients ainsi calculés ne couvrent pas toutes les années. Ils présentent en outre des variations erratiques liées, au moins pour partie, à de la variabilité d'échantillonnage. Sur ces données dites "observées", on ajuste donc un modèle empirique d'accroissement des puissances de pêche.
- . Pour la pêche artisanale, le modèle retenu correspond à un accroissement de puissance de pêche de 6.5 % par an entre 1985 et 1996 (l'ajustement aux données est hautement significatif avec une R^2 de 0.66) puis de 3% à partir de 1997 (l'ajustement concerne là un petit nombre de points et est peu significatif). On notera que ce modèle correspond à un accroissement moyen de 5 % par an, sur l'ensemble de la période, ce qui constitue une valeur très réaliste pour ce type de pêcherie en phase d'expansion. En outre, le ralentissement des gains d'efficacité semble logique, la première période correspondant à la fin de la motorisation et au développement des pirogues glaciaires, tandis que les innovations technologiques semblent de moindre importance dans les années plus récentes.
- . Pour la pêche industrielle, le modèle empirique correspond à un accroissement des puissances de pêche de chaque navire de 3 % par an (correspondant à un ajustement statistiquement significatif sur les données observées, avec un R^2 de 0.37). Là aussi cette valeur semble très réaliste pour ce type de pêcherie.
- . Enfin, pour chaque pêcherie, l'effort de pêche effectif est calculé en multipliant l'effort nominal par la puissance de pêche déduite du modèle empirique. Cet effort effectif est lui aussi exprimé en multiplicateur de l'effort de l'année 1985. Il sera notamment utilisé comme variable de forçage du modèle Ecosim.

1.3. Estimation des abondances

L'abondance des différents groupes démersaux peut être estimée de 1985 à 2006, grâce aux données des campagnes de chalutage scientifique, complétées ou corrigées par les résultats d'évaluation de stocks disponibles dans la littérature.

1.3.1. Les données des campagnes scientifiques

Dans un contexte de déficit des statistiques de pêches, des campagnes scientifiques d'évaluation directe par chalutage ont été conduites dès 1985 par l'IRD, puis conjointement par l'IRD et le CNSHB. Deux séries de campagnes sont ici prises en compte⁵ :

- . Les campagnes côtières dites « Chagui », ont été réalisées par le N/O A. Nizery entre 1985 et 1995. Deux campagnes sont en principe menées par an, l'une en saison sèche, l'autre en saison humide, mais certaines campagnes ont du être annulées pour des raisons techniques. Réciproquement, suite à un programme d'observation intensif, 7 campagnes ont été conduites en 1991 et début 1992. Dix-neuf campagnes sont ainsi disponibles (cf. Annexe 4) ; chacune comporte environ 80 traits de chalut effectués sur la partie côtière du plateau continental comprise entre 0 et 40 m de profondeurs (mais la plupart des traits se situe entre 5 et 30 m).
- . Les campagne dites « Guidem » ont été réalisées entre 1997 et 2006, successivement par les N/O Antea, El Awam et GLC. La zone échantillonnée couvre cette fois l'ensemble du plateau continental jusqu'à

⁵ L'analyse des séries chronologiques a conduit à éliminer du jeu de données les 4 campagnes « Chaid » réalisées en 1992/93. En effet, ces campagnes utilisent un protocole différent et un engin de pêche modifié (chalut à grande ouverture) ; elles conduisent à des estimations clairement incompatibles avec celles des autres séries.

200m, avec un nombre de traits de chalut par campagne qui varie entre 90 et 120. La périodicité des campagnes est ici plus irrégulière (cf. Annexe 4).

Dans les deux séries, un protocole standard de chalutage est appliqué (chalut à panneaux de 26 mètres de corde de dos, traîné à environ 3 nœuds, pendant une demi-heure) et la puissance de pêche est considérée équivalente (Domain et al, 2000). Au total, 25 campagnes démersales représentant 2080 traits de chalut sont prises en compte. Notons qu'un examen attentif de la base de données CNSHB conduit à corriger certaines données aberrantes ou à compléter des données manquantes ⁶.

1.3.2. Estimation des abondances d'après les données des campagnes scientifiques

La biomasse des différents groupes démersaux présente chaque année sur le plateau continental Guinéen est calculée de 1985 à 2006 à partir de ces données de campagnes scientifiques. Le calcul est conduit par étape :

. Les données sont d'abord agrégées par groupe Ecopath. Pour chaque trait de chalut, les captures des 308 espèces présentes dans la liste de référence (poissons, mollusques et crustacés) sont ainsi réparties entre les 29 groupes correspondants. Ces espèces représentent 99.6% de la biomasse totale capturée lors des campagnes. Néanmoins, l'estimation des biomasses ne concerne ensuite que les 15 groupes de poissons démersaux (groupe 5 et 13 à 26) ; sont ainsi éliminés du calcul les groupes dont l'abondance est de toute évidence très mal appréhendée par les campagnes de chalutage : les poissons pélagiques, les poissons bathydémersaux, les mollusques et les crustacés.

. La biomasse de chaque groupe est ensuite estimée par strate de profondeur, par an et par saison ⁷. Elle s'exprime comme suit : $Biomasses = (somme\ des\ captures) / (somme\ des\ surfaces\ chalutées) * (surfaces\ de\ la\ strate) / (capturabilité)$. Les surfaces de chaque strate sont issues du SIG Guinée (cf. Tab. 1). Par hypothèse, la capturabilité est initialement fixée à 0.5 pour l'ensemble des groupes (Sidibé et Gascuel, 1999), mais nous verrons qu'elle est ensuite modifiée (cf. § suivant). La biomasse totale de la zone couverte est évidemment obtenue en sommant les données des différentes strates bathymétriques.

. Pour chaque groupe, un facteur de standardisation entre saison sèche et saison humide est calculé. Il s'exprime comme le ratio des biomasses entre la saison considérée et la moyenne des deux saisons et est calculé en valeur moyenne pour les années où des campagnes ont été réalisées aux deux saisons. Le produit (biomasse) * (facteur de standardisation) constitue ainsi une estimation de biomasse corrigée de la variabilité saisonnière moyenne. Enfin, l'estimation de biomasse annuelle correspond à la moyenne des deux estimations saisonnières ainsi corrigées.

. Les données des campagnes Guidem 2002-06 sont utilisées pour estimer les profils moyens de répartition bathymétrique de chaque groupe. On en déduit la fraction de la biomasse non couverte par les campagnes côtières Chagui (cf. Annexe 5). Ceci permet ensuite d'extrapoler à l'ensemble du plateau les estimations issues de ces campagnes Chagui, sous l'hypothèse que les changements de répartition côtes/large peuvent être négligés.

Ces calculs conduisent à une première estimation des biomasses annuelles par groupe, estimation qui est évidemment discutable. Elle repose en particulier sur des hypothèses de répartitions bathymétriques et saisonnières globalement constantes sur la période étudiée et donc indépendantes de l'abondance des ressources elle-mêmes. Plus important sans doute, le nombre relativement limité de traits de chalut réalisés lors de chaque campagne et la très grande hétérogénéité de la répartition spatiale des ressources à échelle fine conduisent à une forte variabilité d'échantillonnage. Estimer l'abondance des ressources présentes sur l'ensemble du plateau continental, en échantillonnant à chaque campagne de

⁶ Ces corrections concernent : la position des traits (4 traits localisés à terre ou incompatibles avec la trajectoire du navire, corrigée d'après la position du trait précédent et les données d'heure, vitesse et direction), la profondeur (17 valeurs corrigées ou complétées d'après la position du trait) et la durée des traits (9 valeurs aberrantes fixées à 30 mn).

l'ordre de 0.01% de ce plateau reste évidemment une gageure, quelle que soit la méthode d'analyse utilisée ou les hypothèses mises en œuvre. Ce point ne doit jamais être perdu de vue dans l'interprétation des résultats ou dans l'ajustement d'un modèle type Ecosim. Il implique notamment que les fluctuations observées d'année en année risquent fort de n'être qu'un artefact d'estimation. Réciproquement les tendances observées sur le long terme sont de toute évidence plus robustes. Enfin, l'un des points délicats de l'estimation précédente concerne le passage d'une biomasse capturée (susceptible de constituer un indice d'abondance relatif) à une biomasse absolue présente sur le plateau, par l'intermédiaire d'un coefficient de capturabilité. Le coefficient de 0.5 précédemment cité est évidemment arbitraire. Il peut cependant être corrigé groupe par groupe en comparant les estimations de biomasse aux résultats issus des travaux d'évaluation de stock, disponibles dans la littérature.

1.3.3. Prise en compte des résultats d'évaluation de stock – Estimation finale des biomasses

Les estimations d'abondance précédemment obtenues peuvent être confrontées à deux types de données : d'une part, les estimations de biomasse publiées par Gascuel et Laurence (2003) pour la période 1985/99 et issues de modèles globaux de dynamique des populations, et d'autre part, les données de mortalité par pêche (en principe égale au ratio Capture/Biomasse) publiées par Sidibé (2003) et issues de modèles d'analyse de cohorte. Ces valeurs concernent 5 des 15 groupes considérés (bobo, bars+, petit capitaine, mâchoirons et grondeur). Dans les deux cas, elles s'appuient sur des modèles de dynamique des populations construits à l'échelle de stocks mono-spécifiques, notamment à partir des captures totales évidemment exprimées en valeurs absolues. Elles permettent ainsi de caler les estimations de biomasses sur des ordres de grandeurs réalistes en valeurs absolues.

Ce calage est mené de manière ad hoc et amène à corriger le coefficient de capturabilité de certains groupes. En particulier, les espèces les plus côtières comme le bobo, le gros capitaine et le mâchoiron semblent échapper pour partie aux campagnes scientifiques. Sidibé *et al.* (2000) montre par exemple que la majeure partie du stock de bobo (vraisemblablement plus de 75 %) se situe dans la strate la plus côtière entre 0 et 5 m, et est donc mal échantillonné par le navire océanographique. Ceci conduit à retenir un coefficient de capturabilité plus faible (0.25). Pour des raisons différentes, essentiellement comportementale, les soles et mulets échapperaient également au chalut, impliquant une faible capturabilité (fixée à 0.1 et 0.2 respectivement).

A l'inverse, les raies, le capitaine royal, le petit capitaine et le grondeur semblent particulièrement capturables et une valeur de capturabilité de 0.8 est retenue, la valeur de 0.5 conduisant à des mortalités par pêche manifestement sous-estimées.

Enfin, pour certaines séries, les estimations d'abondances même ainsi corrigées ne sont pas compatibles simultanément, d'une part, avec les captures ou estimations de biomasses issues des modèles globaux et concernant le début de la période étudiée (campagne Chagui), et d'autre part, avec les estimations de biomasse ou de mortalité concernant la période récente (campagne Guidem). Entre ces deux périodes le protocole d'observation a été modifié, avec notamment moins de prélèvements réalisés dans la strate la plus côtière, ce qui semble avoir entraîné des changements de capturabilité pour quelques groupes. On admet ainsi qu'entre les deux séries de campagnes la capturabilité a diminué pour le Bobo et le gros capitaine et qu'elle a augmenté pour les dorades, le petit capitaine et les soles. Les valeurs de capturabilité finalement retenues sont données en Annexe 6.

1.4. Paramétrage et ajustement des modèles Ecopath et Ecosim

1.4.1. Estimation des régimes alimentaires – Matrices des régimes alimentaires

La matrice des régimes alimentaires est une des entrées du modèle Ecopath. Elle définit la proportion représentée par chaque groupe proie, dans la diet (ou régime alimentaire) de chaque groupe prédateur. Elle est estimée ici en repartant des valeurs proposées par Guénette et Diallo (2004), valeurs

qui s'appuient elles-mêmes sur une synthèse de la littérature scientifique issue de travaux généralement conduits dans des écosystèmes similaires mais souvent assez éloignés. Trois types de modifications importantes sont apportés à cette première matrice.

- . Les limites des groupes ayant changées (en particuliers pour les groupes divers), les paramètres doivent être recalculés. Ainsi les régimes alimentaires sont ré-estimés par agrégation ou désagrégation (au prorata des biomasses estimées) des données antérieures.
- . Les paramètres de régime alimentaire peuvent être recalculés pour certains groupes fonctionnels, à partir des données récentes publiées en Guinée. Ainsi, les données locales sur le régime alimentaire de 9 espèces de poissons de la communauté à sciaenidés (in Sidibé, 2003) sont prises en compte. Elles permettent de recalculer le régime alimentaire des groupes Ecopath suivants : bobo, bars+ (moyenne des régimes de *Pseudotolithus senegalensis*, *P. typus* et *P. epipercus*), petit capitaine, gros capitaine, mâchoiron (régime de *Arius sp.*), grondeurs+ (moyenne du régime de *Pomadasys jubelini* et des données antérieures) et démersaux invertivores petits (moyenne du régime de *Drepane africana* et des données antérieures).
- . Enfin, la procédure d'équilibrage du modèle conduit à corriger quelque unes des valeurs de la matrice des régimes alimentaires. Un principe de parcimonie est ici appliqué, en corrigeant prioritairement les groupes dont le régime alimentaire est mal connu. Un problème typique est la prédation excessive des groupes abondants sur des proies peu abondantes ou peu productives (A titre d'exemple : le groupe abondant et très productif des "démersaux piscivores moyens ou petits", qui est particulièrement mal connu, exerçait initialement une pression trop forte sur les groupes fonctionnels bobo, bars+, grand capitaine et capitaine royal).

Deux matrices sont *in fine* construites : l'une pour le modèle Ecopath 2004 en s'appuyant sur les données récentes considérées comme les plus fiables ; l'autre pour le modèle Ecopath 1985, déduite de la première en corrigeant les régimes alimentaires, afin de tenir compte des principaux changements d'abondance des proies. Ces deux matrices font l'objet de l'Annexe 7.

1.4.2. Estimation des paramètres B, P/B, Q/B et EE du modèle

Le modèle Ecopath requière que trois parmi les cinq paramètres B, P/B, Q/B, P/Q et EE ⁸ soient fournis en entrée du modèle, pour chacun des groupes fonctionnels. Le programme calcule alors les deux paramètres manquants.

. **La biomasse B** est un paramètre fourni en entrée du modèle pour l'ensemble des poissons démersaux (groupes 5 et 13 à 26). Elle est en effet connue en 1985 et en 2004, d'après les données des campagnes de chalutages scientifiques et en suivant la procédure de calcul exposée plus haut (§ 1.3). Concernant les groupes baleines, oiseaux, benthos, producteurs primaires et détritus, les estimations de biomasse proposées par Guénette et Diallo (2004) sont conservées ici ⁹, pour initialiser les modèles Ecopath 1985 et 2004. Les deux premiers de ces groupes représentent des biomasses très limitées qui influencent donc faiblement le fonctionnement de l'écosystème ; par suite, leurs éventuels changements d'abondance sont négligés. Quant aux trois autres, ils sont réexaminés au cours de la phase d'équilibrage du modèle 2004 (l'abondance des producteurs primaires est ainsi corrigée) et sont supposés varier peu entre les deux périodes.

Pour tous les autres groupes, la biomasse est estimée par le modèle Ecopath (Tab. 3). C'est alors le paramètre d'efficacité écotrophique EE qui est fourni en entrée du modèle, en supposant notamment une efficacité de 0.95 pour les petits pélagiques (ethmalose et sardinelle+), et de 0,9 pour les autres poissons

⁸ Rappelons les notations usuelles Ecopath : B est la biomasse du groupe (exprimée en t/km²), P/B le ratio production annuelle sur biomasse (qui mesure la productivité biologique nette du groupe), Q/B le ratio consommation annuelle sur biomasse (qui mesure le taux de consommation du groupe) et EE l'efficacité écotrophique (qui mesure la part de production biologique utilisée par les prédateurs, par les pêcheurs, ou pour l'exportation hors du système ; autrement dit tout ce qui est expliqué par le modèle, le reste étant affecté à la mortalité naturelle autre que par prédation et alimentant donc la boîte détritique).

⁹ Les valeurs de Guénette et Diallo se rapportent cependant à un écosystème plus grand que la ZEE Guinéenne considérée ici ; elles ont donc été corrigées au prorata des surfaces prises en compte dans les deux études.

pélagiques et les mollusques. A l'inverse, on admet une efficacité faible pour les requins (0.4) ou les dauphins (0.15) et une efficacité intermédiaire pour les crustacés, le grand et petit zooplancton (0.8 et 0.6). Quelques-unes de ces valeurs empiriques sont corrigées au cours de l'équilibrage du modèle (voir les paramètres finaux en Annexe 12).

Tableau 3 - Origine ou méthode de calcul des paramètres d'entrée des modèles Ecopath 1985 et 2004. La notation "*Estimé*" indique que le paramètre est estimé par le modèle Ecopath.

	Biomasse B	Eff.Ecotr. EE⁽¹⁾	Prod/Biom. P/B	Fish.mort. F	Cons./Biom. Q/B	Prod/Cons. P/Q⁽¹⁾
Baleines, Oiseaux	Guénette et Diallo, 2004	<i>Estimé</i>	Guénette et Diallo, 2004		Guénette et Diallo, 2003	<i>Estimé</i>
Dauphin, Tortues	<i>Estimé</i>	Fixé	Guénette et Diallo, 2004		Guénette et Diallo, 2003	<i>Estimé</i>
Poissons pélagiques	<i>Estimé</i>	Fixé	P/B=M+F avec M d'après Sidibé (2003), sinon Guénette et Diallo (2004)	F ₈₅ =M/5 F ₀₄ =F ₈₅ .C ₀₄ /C ₈₅	<i>Estimé</i>	Fixé
Poissons démersaux	Campagnes scientifiques	<i>Estimé</i>		F=C/B	<i>Estimé</i>	Fixé
Poissons bathy.demers.	<i>Estimé</i>	Fixé	Guénette et Diallo, 2004		<i>Estimé</i>	Fixé
Crustacés	<i>Estimé</i>	Fixé	Formule empirique Gascuel <i>et al.</i> 2008		Guénette et Diallo, 2003	<i>Estimé</i>
Céphalopodes	<i>Estimé</i>	Fixé	Guénette et Diallo, 2004		Guénette et Diallo, 2003	<i>Estimé</i>
Zooplancton	<i>Estimé</i>	Fixé	Guénette et Diallo, 2004		<i>Estimé</i>	
Benthos	Guénette et Diallo, 2003	<i>Estimé</i>	Guénette et Diallo, 2004		Guénette et Diallo, 2003	<i>Estimé</i>
Prod.prim. Détritrus	Guénette et Diallo, 2003	<i>Estimé</i>	Guénette et Diallo, 2004		-	-

⁽¹⁾ Les valeurs fixées, sur la base de l'expérience ou d'une connaissance experte de l'écologie des groupes considérés, sont données en Annexe 12

. **Le paramètre P/B** est fourni en entrée du modèle pour tous les groupes. Pour les groupes de poissons (groupes 5 à 28), il est calculé en 1985 et 2004 en s'appuyant sur la formule de Allen (1971), qui montre qu'en situation d'équilibre $P/B=M+F$. La mortalité naturelle M est prioritairement tirée de la littérature scientifique (i.e. de travaux d'évaluations de stocks), en particulier de Sidibé (2003) pour ce qui concerne les poissons de la communauté à sciaenidés et de la revue de Guénette et Diallo (2004). Pour les autres espèces de poissons la mortalité M est déduite des paramètres de croissance en utilisant la formule empirique de Pauly (1980), ou à défaut la formule de Hoenig (1983) ¹⁰.

Le paramètre de mortalité par pêche F est quant à lui calculé en 1985 et en 2004. Pour tous les poissons démersaux (dont la biomasse est connue d'après les données des campagnes scientifiques), il est déduit de la relation $F=C/B$. Pour les poissons pélagiques, on admet une mortalité F faible en 1985 ($F=M/5$, sauf pour l'ethmalose où $F=M/3$, et pour les carangues où F est supposé négligeable) et qui augmente en 2004, au prorata des captures ($F_{2004}=F_{1985} \cdot C_{2004}/C_{1985}$).

¹⁰ L'équation de Pauly (1980) s'exprime : $M=K^{0.65} \cdot L_{\infty}^{-0.279} \cdot T^{0.463}$, avec K (an⁻¹) et L_∞ (cm) le coefficient de croissance et la taille asymptotique de l'équation de croissance de von Bertalanffy, et T (°C) la température annuelle moyenne de l'eau. L'équation de Hoenig (1983) s'écrit : $\ln(M)=1.44 - 0.982 \cdot \ln(\text{max age})$

Dans le cas des groupes pluri-spécifiques, la mortalité du groupe s'exprime comme la moyenne des mortalités de chacune des principales espèces composant le groupe.

Pour les crustacés, le paramètre P/B est calculé d'après la formule empirique de Gascuel *et al.* (2008), soit : $P/B = 20.19 \cdot TL^{-3.26} \cdot \exp(0.041 \cdot T)$, en admettant un niveau trophique moyen TL de 2.7 et une température moyenne de l'eau T de 28 °C. Pour les autres groupes fonctionnels, le paramètre P/B est repris de Guénette et Diallo (2004), généralement basé sur l'utilisation des formules empiriques de Pauly (1980) et Hoenig (1983).

. **Le paramètre Q/B** peut être obtenu à travers l'équation empirique de Palomares et Pauly (1989)¹¹, mais cette équation tend à surestimer le paramètre. Elle n'est utilisée ici que pour quelques groupes (cf. Tab. 3 et Annexe 12). Pour tous les autres, le paramètre Q/B est estimé par le modèle. A l'inverse, c'est alors le **ratio P/Q** qui est fixé en entrée, en admettant une valeur de 0.25 pour les poissons démersaux, de 0.2 pour le zooplancton et de 0.1 pour les poissons pélagiques, raies et requins (en raison d'une productivité plus faible pour ces derniers groupes).

1.4.3. Ajustement

La construction et l'ajustement des modèles Ecopath et Ecosim sont conduits en 3 étapes :

. Un premier modèle Ecopath est construit pour l'année 2004, dernière année pour laquelle l'ensemble des données requises est disponible (notamment les données de capture). Ce modèle représentatif de la période récente a comme avantage de s'appuyer sur les données considérées comme les plus fiables. Il permet notamment, au travers de la procédure d'équilibrage, de vérifier la cohérence globale de l'ensemble des paramètres utilisés. Cette procédure conduit notamment à corriger certaines valeurs de la matrice des régimes alimentaires (considérée comme mal connue en Guinée), ainsi que l'abondance du groupe des producteurs primaires (l'abondance initiale étant insuffisante pour supporter les groupes supérieurs).

. Un second modèle Ecopath est construit pour l'année 1985, première année des séries chronologiques disponibles. Ce modèle reprend les paramètres du modèle précédent, sauf en ce qui concerne : les captures de l'ensemble des groupes exploités, les biomasses des poissons démersaux (déduites des campagnes scientifiques), et les paramètres P/B des groupes exploités (recalculés avec les mortalités par pêche correspondantes). La procédure d'équilibrage conduit en outre à modifier la matrice des régimes alimentaires pour tenir compte des changements d'abondance, ainsi que quelques valeurs des efficacités écotrophiques EE fixées (groupes moins "utilisés" en 1985 qu'en 2004). Naturellement, ces changements de paramètres d'entrée ont des répercussions sur l'ensemble des paramètres estimés par le modèle et notamment sur les biomasses des autres groupes, ainsi que les valeurs EE ou Q/B non fixées (cf. Tab. 3).

. En utilisant ce modèle 1985 comme point de départ, un modèle Ecosim est ajusté sur les séries chronologiques d'abondance (disponibles pour les 15 groupes de poissons démersaux) et de captures (disponibles pour les 26 groupes correspondants à des espèces exploités). Le modèle est forcé par les efforts effectifs des deux pêcheries, artisanales et industrielles. L'ajustement conduit à estimer les coefficients de vulnérabilité de chaque groupe. Ces coefficients varient entre 1 et l'infini et peuvent être interprétés comme des coefficients de réaction du groupe prédateur considéré, aux variations d'abondance de ses proies (ou aux changements de pression de pêche). Ils déterminent ainsi l'ampleur des contrôles top-down qui interviennent au sein de l'écosystème. Un coefficient de 1 implique que les changements d'abondance du groupe considérés sont indépendants des variations d'abondance des prédateurs et de la pêche ; ils dépendent alors plus de la production primaire (contrôle bottom-up). A l'inverse, un coefficient élevé traduit une forte dépendance et donc une forte sensibilité du groupe.

Dans un premier temps, les routines d'ajustement automatiques du logiciel EwE sont utilisées pour estimer les coefficients de vulnérabilité. Les résultats obtenus sont cependant peu satisfaisants pour certaines espèces (mauvais ajustement aux séries chronologiques) et une procédure ad hoc de choix des vulnérabilités est alors utilisée. En particulier, la vulnérabilité des petits pélagiques est fixée proche de 1.0,

¹¹ L'équation de Palomares et Pauly (1989) s'exprime comme suit : $Q/B = 10^{6.37} \cdot 0.0313^{(1/K)} \cdot W_{\infty}^{-0.168} \cdot 1.38$, avec K la température moyenne de l'eau exprimée en degré kelvin ($^{\circ}C+273.15$), et W_{∞} le poids asymptotique. Notons qu'une autre équation est souvent utilisée (Palomares et Pauly, 1998) : $\log_{10}(Q/B) = 7.964 - 0.204 \cdot \log_{10}(W_{\infty}) - 1.965 \cdot T' + 0.083 \cdot A + 0.532 \cdot h + 0.398 \cdot d$, où : W_{∞} est le poids asymptotique (en g), T' est une variable de température ($T'=1/(^{\circ}C+273.15)$), A est le ratio de forme de la nageoire caudale ($A=h\text{auteur}^2/\text{surface}$), h vaut 1 pour les herbivores 0 sinon, d vaut 1 pour les détritivores 0 sinon.

en considérant notamment que les efforts de pêche utilisés dans le modèle mesurent mal la pression exercée sur ces stocks.

Notons que les tentatives d'introduire une variable environnementale dans le modèle (en particulier les débits moyens des fleuves, susceptibles de modifier les apports terrigènes et donc la productivité du système) se sont révélées vaines. Ceci ne signifie évidemment pas l'absence d'effets de l'environnement, mais simplement que nous n'avons pas pu les identifier comme facteurs explicatifs des dynamiques observées en terme d'abondance des différents groupes et de capture.

1.4.4. Représentation graphique EcoTroph

Le modèle EcoTroph (Gascuel 2005, Gascuel *et al.* 2009) est un modèle écosystémique simplifié, qui fournit une représentation synthétique de l'écosystème et de son fonctionnement. Ce modèle n'est pas utilisé ici, mais on reprend le même type de représentations graphiques pour illustrer les changements de biomasse et de captures intervenus en Guinée entre 1985 et 2005. Chaque grandeur est ainsi représentée sous forme d'un "spectre trophique", qui indique la distribution de la biomasse totale présente dans l'écosystème, ou de la capture totale annuelle, en fonction de son niveau trophique.

Le logiciel Ecopath fournit, en sortie du modèle, une estimation du niveau trophique moyen de chaque groupe (naturellement dépendante des régimes alimentaires donnés en entrée). Tous les individus présents dans le groupe n'ont évidemment pas un niveau trophique égal à la valeur moyenne du groupe et il faut donc tenir compte de la variabilité intra-groupe. La biomasse du groupe est ainsi distribuée sur une plage de niveaux trophiques. Conventionnellement, cette distribution se fait selon une loi de distribution supposée de forme Lognormale, dont la moyenne est le niveau trophique moyen du groupe et dont la variance augmente avec le niveau trophique (par définition, les niveaux trophiques 2 se nourrissent exclusivement sur le niveau 1 et présentent donc une variabilité intra-groupe nulle ; à l'inverse, les prédateurs supérieurs sont susceptibles d'être très omnivores et donc de présenter une forte variance intra-groupe¹²). La somme des distributions des biomasses (ou des captures) de chaque groupe constitue le spectre trophique de biomasse (ou de captures).

Le spectre trophique dépend naturellement des fonctions de distribution utilisées et donc de la variabilité intra-groupe des niveaux trophiques. On doit cependant noter que le spectre est utilisé ici essentiellement dans un but d'illustration et de comparaisons. Celles-ci ont une valeur relative et ne dépendent donc que très peu du modèle de distribution, dès lors que c'est toujours le même modèle qui est utilisé (ici le modèle empirique proposé par défaut dans le logiciel EcoTroph, avec un paramètre de lissage fixé par défaut égale à 0.07 ; Cf. Gascuel *et al.* 2009).

¹² Notons cependant que l'omnivorie n'est pas une mesure directe de la variabilité des niveaux trophiques au sein d'un groupe Ecopath. Il mesure en effet la variabilité des proies d'un groupe donnée et non la variabilité intra-groupe (i.e. entre les prédateurs). Il est ainsi possible d'imaginer un groupe constitué d'individus qui présenteraient tous le même régime alimentaire très omnivore ; la variabilité intra-groupe serait alors nulle. A l'inverse, un groupe pourrait être constitué d'individus peu omnivores, mais chacun spécialisé sur un régime alimentaire différent ; la variabilité intra-groupe serait alors élevée et l'omnivorie faible. Il reste cependant vrai que c'est au sein des groupes écologiques à large spectre alimentaire que peut le mieux s'exprimer la variabilité inter-individus. Souvent, les deux grandeurs sont donc liées.

2. RÉSULTATS

2.1. Evolution de l'effort de pêche et des captures

2.1.1. Effort de pêche nominal et effectif

Le nombre d'embarcations de pêche a considérablement augmenté en Guinée, au cours des dernières décennies (Fig. 2 et Annexe 9). Les effectifs de la flottille industrielle sont ainsi passés de quelques unités au milieu des années 70 à une cinquantaine au cours de la décennie 80, et à environ 160 dans les années 2000. Jusqu'au milieu des années 80, il s'agit pour l'essentiel de navires issus des pays du bloc de l'Est (URSS, Chine, RDA, Pologne, Corée). La libéralisation du régime qui suit la mort du président Sékou Tourré et l'avènement de la seconde république en 1984, se traduit par une diversification des pays d'origine de ces navires (Portugal, Espagne, France, ...) et par un accroissement progressif de l'effort de pêche.

Pour une part, la pêche industrielle concerne les espèces pélagiques. La présence d'une flottille industrielle de grands chalutiers pélagiques semble ainsi très ancienne en Guinée (Lesnoff *et al.* 1999). Jusqu'en 1991, la proportion de ces navires reste cependant inconnue (les statistiques regroupent pélagiques et démersaux dans une catégorie "licences poissonnières"). On sait en revanche qu'elle est en déclin depuis le début des années 1990 (11 licences en 1991) et ne représente plus que quelques unités dans les années récentes.

Dans toute la période considérée, c'est donc la pêche démersale qui domine, en particulier la pêche dite "poissonnière" au chalut de fond. La pêche céphalopodière et la pêche crevettière se développent également dès le début des années 1980 (respectivement de l'ordre 25 et 10 unités entre 1985 et 1995). Les trois segments, poissons, céphalopodes et crevettes, sont en forte augmentation dans les années récentes ; ils représentent respectivement de l'ordre de 70, 50 et 40 licences dans les années 2000. Notons qu'à ces effectifs s'ajoutent quelques dizaines de licences concernant les thoniers (lesquels ne passent qu'une faible partie de l'année dans la ZEE Guinéenne). On signale enfin l'existence entre 1978 et 1992 d'une flottille palangrière, dont l'importance est cependant restée relativement marginale (Lesnoff *et al.* 1999).

En ce qui concerne la flotte artisanale, le nombre d'embarcations augmente également très rapidement. Là aussi les effets de la libéralisation du secteur sont spectaculaires. On passe de 1 000 pirogues (valeur estimée) en 1985 à plus de 2 000 au début des années 1990 et à 3 600 en 2005 (données des recensements).

Parallèlement à l'accroissement du nombre d'embarcations, on assiste à une augmentation des puissances de pêche. Pour la flottille industrielle, cet accroissement est estimé à 3 % par an, soit un quasi doublement sur la période. L'effort de pêche effectif est ainsi multiplié par 5 entre 1985 et 2004. Pour la

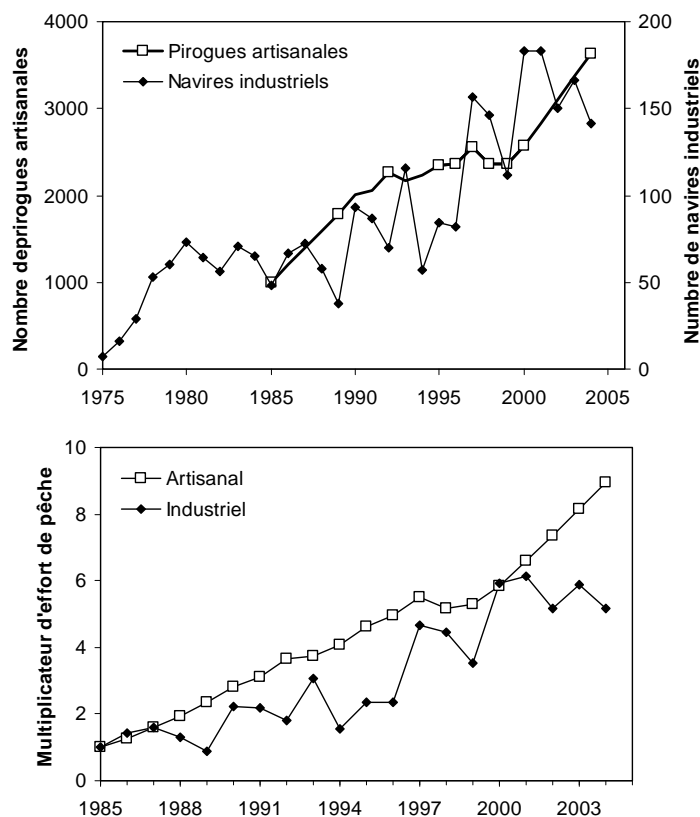


Figure 2 – Evolution de l'effort de pêche : nombre d'embarcations (haut) et effort effectif (bas ; base 1 en 1985), pour chacun des deux pêcheries, industrielle et artisanale.

flottille artisanale, l'accroissement des puissances de pêche est encore plus fort. Il atteint 6.5 % par an entre 1985 et 1995, période marquée par la généralisation de la motorisation, l'accroissement de la taille des pirogues et le développement des pirogues glaciaires qui permettent aux pêcheurs de partir pour plusieurs jours et d'accroître leur rayon d'action. Dans les années plus récentes, l'accroissement des puissances de pêche semble se ralentir et est estimé à 3 % par an. Sur l'ensemble de la période, l'effort effectif de la pêche artisanale est ainsi multiplié par 9.

Globalement, la pression de pêche exercée sur les ressources et l'écosystème de Guinée est donc multipliée par environ 7 en l'espace de 20 ans. Parmi les accroissements d'effort de pêche observés dans le monde au cours des dernières décennies, c'est vraisemblablement l'un des plus élevés. Dans les autres pays d'Afrique de l'ouest, l'effort de pêche s'est également accru mais en partant d'une situation initiale d'exploitation déjà plus intense. Seul certains pays de l'Asie du sud-est semblent avoir connu une telle intensification de pêche dans une période aussi courte.

On peut naturellement s'interroger sur ce qui s'est passé dans la période antérieure. La courbe d'évolution de l'effort de pêche peut laisser croire que le début des années 80 correspond à une situation proche de l'état vierge. C'est d'ailleurs ce qu'indique Domain (1999) et cette affirmation a souvent été reprise par les auteurs, selon un processus de citations en cascade. Elle mérite néanmoins d'être nuancée fortement. En effet, Domain (1999) ne se réfère qu'à la seule communauté côtière des Sciaenidés et pas à l'ensemble des ressources du plateau continental. Il est vrai que les espèces les plus côtières ont longtemps échappées assez largement aux chalutiers industriels de fort tirant d'eau. Sidibé *et al.* (2000) montre par exemple que la majorité du stock de bobo se localise dans les fonds de moins de 5m. Cependant, même pour cette communauté côtière, nous avons vu que l'effectif de 500 pirogues, parfois cité en référence à l'année 1985, apparaît sous-estimé. Il est plus réaliste de retenir un chiffre qui, partant de 600 à 800 pirogues dans l'entre deux guerres (Le Moal 1961), aurait stagné aux environs de 1 000 pirogues au cours des années 50 à 70. Même faible, la pression exercée sur la ressource côtière était ainsi loin d'être négligeable. Quant aux communautés du large, aucune statistique n'est malheureusement disponible antérieurement à 1975. A cette époque, le nombre de permis et licences de pêche officiellement enregistré apparaît faible. Moal (1961) indique néanmoins que les premiers essais de pêche chalutière ont débuté en Guinée dans les années 1950. Il est probable que dès les années 60 un nombre conséquent de navires industriels opérait déjà dans la zone, comme d'ailleurs sur toute la côte de l'Afrique de l'Ouest. Un décret de 1969 définit par exemple la pêche "hauturière", réservé aux navires de plus de 50 Tjb, qui doivent pêcher au-delà des 50 milles nautiques de la côte (FAO 1982 in Lesnoff *et al.* 1999).

On retiendra donc que le modèle écosystémique 1985-2005 couvre incontestablement une période de très fort accroissement de la pression de pêche ... mais que la situation initiale est elle-même le résultat d'une histoire antérieure, au cours de laquelle la pêche était déjà bel et bien présente.

2.1.2. Captures

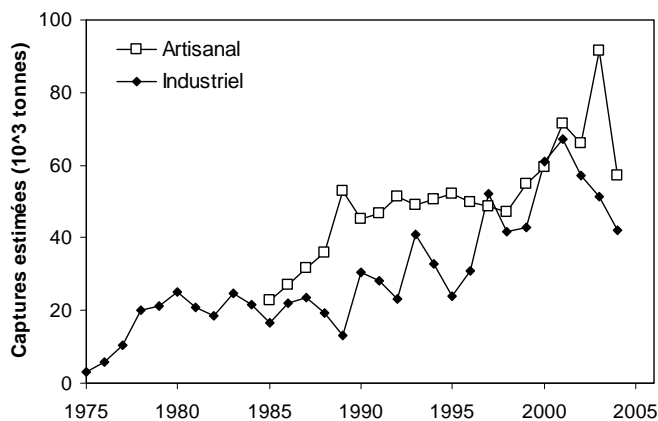
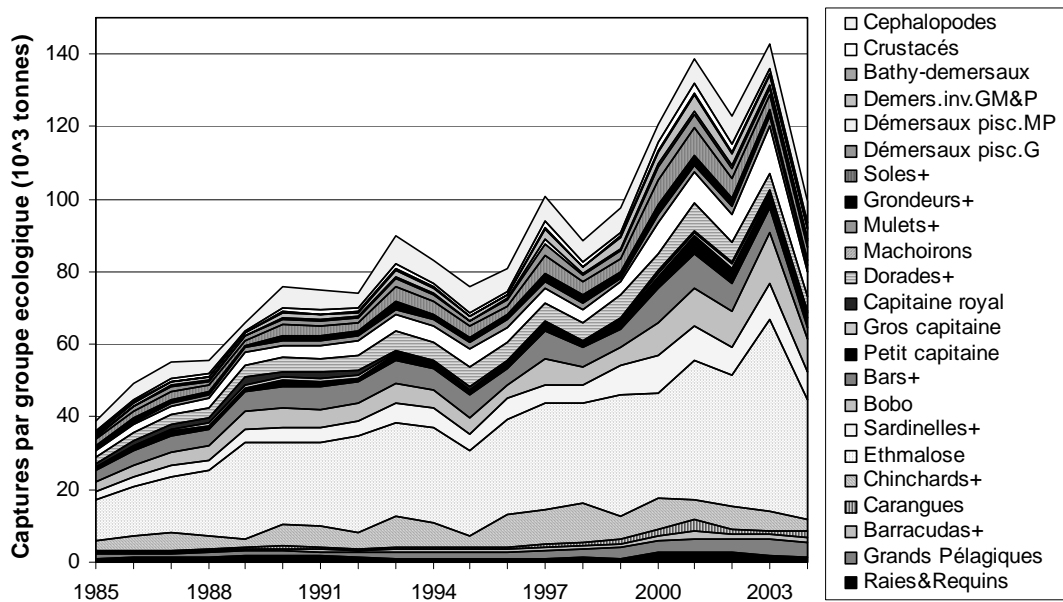


Figure 3 – Evolution des captures totales par pêcherie

Corrélativement à l'accroissement de l'effort de pêche, on assiste au cours des dernières décennies à une forte augmentation des débarquements (Fig.3 et Annexe 10). Les captures de la pêche industrielle sont ainsi estimées à environ 20 000 tonnes dans les années 80 et atteignent plus de 60 000 tonnes au début des années 2000. Quant aux captures de la pêche artisanale, elles passent de 20 000 en 1985 à plus de 80 000 en 2003. Globalement, on note que la pêche artisanale est assez nettement le premier des 2 secteurs. Cette prépondérance sur la pêche industrielle est d'ailleurs une des spécificités de la Guinée comparativement à d'autres pays d'Afrique de l'Ouest.

Entre 1985 et 2004, la capture totale est ainsi multipliée par trois et atteint de l'ordre de 130 000 tonnes ¹³ (Fig.4). Au sein de ces captures, le groupe dominant est celui des petits pélagiques et en particulier de l'ethmalose, exclusivement capturée par la pêche artisanale et qui représente à elle seule 30 % des captures totales. Tous les autres groupes représentent moins de 10 %. Parmi les plus importants, on peut citer : d'une part, les groupes chinchard+, sardinelles+ et céphalopodes qui sont surtout importants pour la pêche industrielle, et d'autre part, le bobo, les bars+ et les mâchoirons, essentiellement capturés par la pêche artisanale.



Figures 4 – Evolution des captures annuelles en Guinée, par groupe fonctionnel Ecopath.

On note une assez forte stabilité de l'importance relative des différents groupes écologiques, au sein des captures. Pour la période 1985/95, cette stabilité peut être un artefact lié à une prise en compte partielle des changements de composition spécifique lors de la "reconstruction" des captures (cf. § 1.2.3). Sur la période 1995/2004, elle est en revanche directement issue des données statistiques du CNSHB et donc moins sujette à caution. La stabilité n'est d'ailleurs pas totale. Quelques groupes voient leur importance relative augmenter ; c'est notamment le cas de l'ensemble des pélagiques (à l'exception du groupe chinchard+), ainsi que des mâchoirons et du bobo. A l'inverse, d'autres groupes sont en diminution relative : les bars+, les requins+, les dorades+, le capitaine royal ... Globalement, la place des crustacés et des céphalopodes reste modeste.

2.2. Evolution des biomasses

2.2.1. Résultats des campagnes scientifiques - Evolution des biomasses des poissons démersaux

Les données des campagnes de chalutage scientifique mettent en évidence une très nette diminution des biomasses des principaux groupes de poissons démersaux entre 1985 et 2006 (Fig. 5). La biomasse totale de ces groupes, au sein de l'écosystème Guinéen, passe ainsi d'environ 500 000 tonnes en 1985, à moins de 200 000 en 1995, soit une perte moyenne de 30 000 tonnes par an. Cette biomasse

¹³ On observe cependant une baisse sensible en 2004, mais qui pourrait n'être qu'un artefact des statistiques de pêche, considérées peu fiables pour la dernière année connue. C'est la raison pour laquelle le modèle Ecopath 2004 est ajusté sur des captures moyennes 2002/04.

semble ensuite se stabiliser, avec une légère hausse entre 1998 et 2002 ¹⁴, puis à nouveau des valeurs proches de 200 000 tonnes pour les dernières années.

La diminution d'abondance affecte tous les groupes de poissons démersaux, à l'exception des soles+ et des divers petits démersaux invertivores dans la biomasse augmente de 10 à 20 % (ratio 2004-06 sur 1985-86). A l'inverse, les groupes les plus affectés sont les bars+, le gros capitaine et les grondeurs+, avec des biomasses globalement divisées par 4 sur la période, et surtout le bobo dont la biomasse est divisée par 10. En une vingtaine d'années, on assiste ainsi à un profond bouleversement des peuplements ichtyologiques démersaux de Guinée.

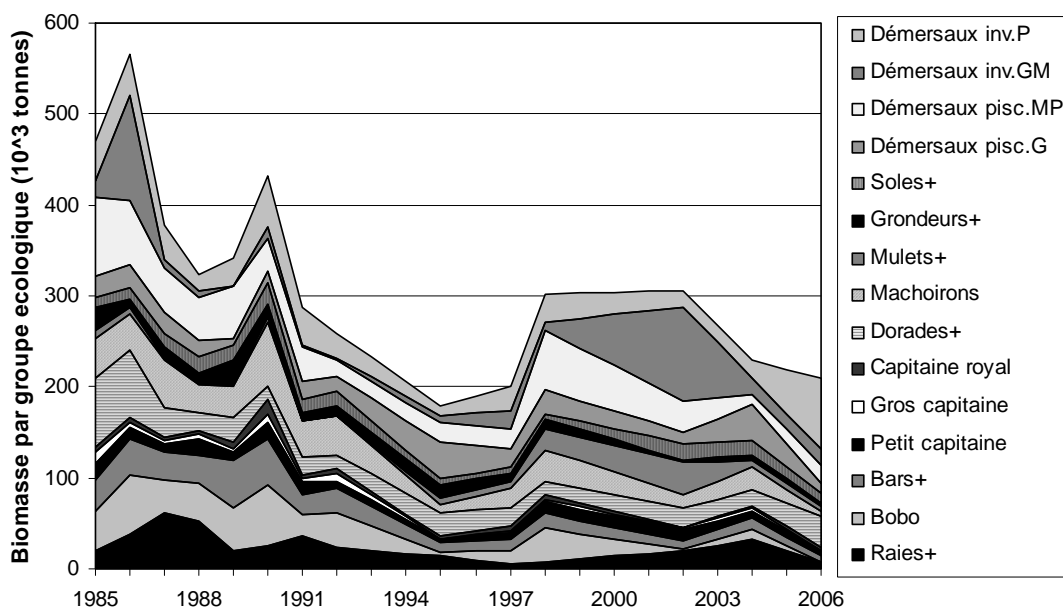


Figure 5 – Evolution des biomasses des groupes de poissons démersaux, d'après les données des campagnes scientifiques.

2.2.2. Estimation des biomasses par groupe trophique – Modèles Ecopath 1985 et 2004

L'ajustement des modèles Ecopath 1985 et 2004 permet d'estimer les biomasses de chacun des 35 groupes fonctionnels et donc de compléter le panorama offert par les seules données des campagnes (Fig. 6 et Annexe 12). Assez logiquement une part essentielle de la biomasse animale de l'écosystème est constituée par les groupes benthos et zooplancton (respectivement 63 et 21 % de la biomasse totale hors producteurs primaires et détritus, d'après le modèle 1985). En 1985, les poissons démersaux représentent de l'ordre de 8 % de cette biomasse, les poissons pélagiques de l'ordre de 5 % (principalement les petits pélagiques) et le groupe crustacés environ 3 %. On observe ainsi une nette dominance des groupes trophiques benthiques et démersaux, comparativement aux composantes pélagiques de l'écosystème.

Entre 1985 et 2004, on assiste à une diminution d'abondance de la quasi-totalité des groupes trophiques. C'est le cas de presque tous les poissons démersaux (-45 % en moyenne ; cf. ci-dessus), mais également des petits pélagiques et ethmaloses (-30 % environ), des grands pélagiques et des requins (-24 et 33 % respectivement), et du groupe crustacés (-27 %). Le modèle indique également une baisse d'abondance des groupes grands et petits zooplancton (-23 et -9 %), mais cette estimation peut être pour

¹⁴ On peut se demander si cette hausse temporaire n'est pas pour partie liée au changement de navire de recherche et de protocole d'échantillonnage entre 1995 (campagnes Chagui) et 1997 (campagnes Guidem). Notons cependant que la hausse principale intervient en 1998, au sein donc des campagnes Guidem.

partie liée aux hypothèses de construction de modèle¹⁵. De même, l'abondance du benthos est fixée et supposée constante dans le modèle. Seuls quelques groupes de faible abondance voient leur biomasse augmenter (barracudas+, carangues et soles+). Globalement, la biomasse animale de l'écosystème baisserait ainsi de 8 % (et de 22 % hors groupe benthos).

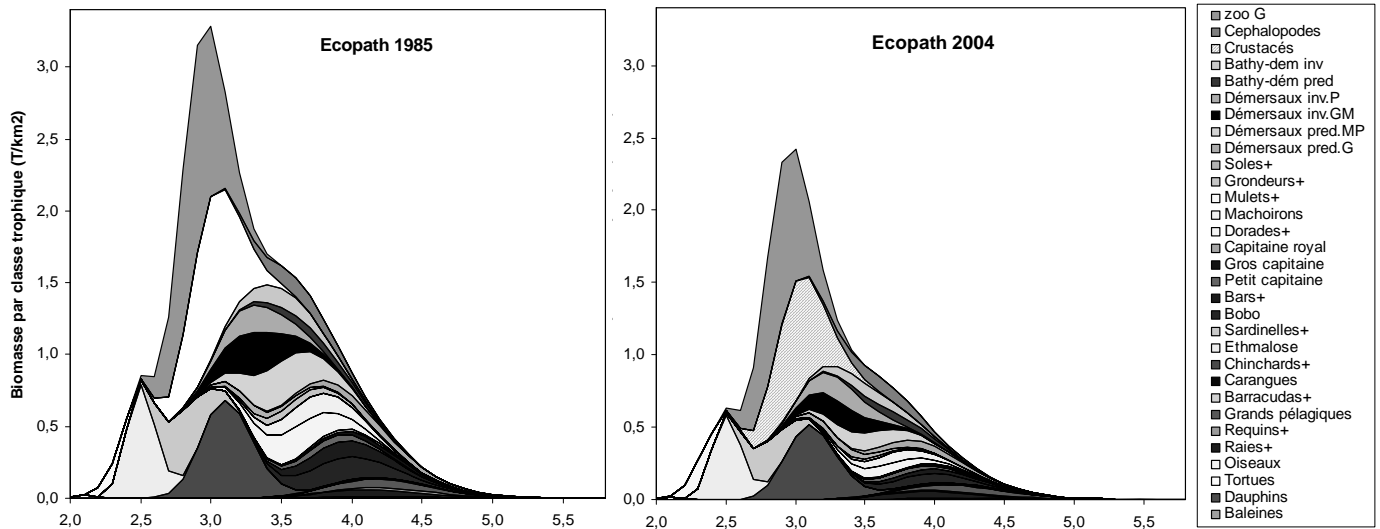


Figure 6 – Spectres trophiques de biomasse issus des deux modèles Ecopath 1985 (droite) et 2004 (gauche). Les groupes producteurs primaires, détritus et zooplancton petit ne sont pas représentés ici (pour des raisons de clarté du graphique)

Le ratio des biomasses B_{2004}/B_{1985} exprimé en fonction du niveau trophique (Fig. 7), confirme que la baisse d'abondance atteint tous les niveaux. Seuls font exception les niveaux trophiques 2.1 à 2.4, correspondant presque exclusivement au benthos et donc supposés d'abondance constante, par construction du modèle. En outre, on montre que la baisse est plus forte pour les niveaux trophiques élevés. Elle atteint -25 % entre 2.5 et 3.0, et -50 % environ à partir de TL=3.5. Les changements quantitatifs s'accompagnent ainsi de modifications qualitatives concernant le fonctionnement de l'écosystème. On assiste à une baisse (faible mais) significative du niveau trophique moyen des biomasses de l'écosystème (de 3.35 à 3.27, hors benthos et plancton).

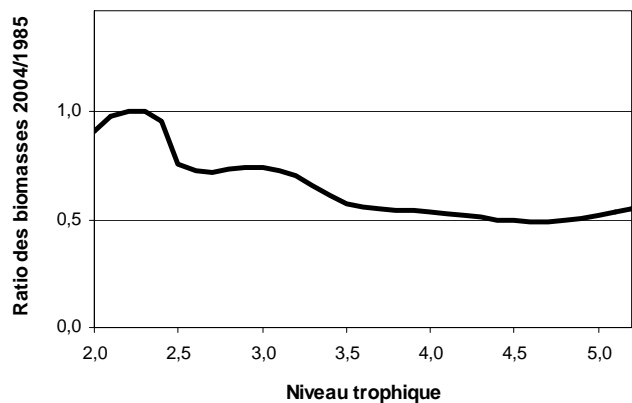


Figure 7 – Ratio des biomasses 2004/1985, en fonction du niveau trophique.

2.2.3. Modèle Ecosim - Ajustement

Le modèle Ecosim ajusté sur les séries chronologiques d'abondance (15 groupes démersaux) et de captures (26 groupes exploités) fournit une estimation des abondances pour l'ensemble des groupes. Le modèle prédit correctement les biomasses et débarquements pour les principales espèces démersales comme les

¹⁵ Pour ces groupes, les paramètres P/B, P/Q et EE sont fixés en entrée du modèle et supposés identiques en 1985 et 2004. Dès lors, l'estimation de la biomasse du zooplancton découle directement de l'abondance et de la composition alimentaire des groupes zooplanctonophages. Lorsque ceux-ci diminuent, la consommation de zooplancton baisse, ce que le modèle traduit (pour une EE fixe) par une baisse de biomasse du plancton. Au moins pour partie, celle-ci peut donc n'être qu'un artefact de modélisation.

bars+, grondeurs+, mâchoirons, petit capitaines et dorades+ (Fig.8a). Pour ces groupes, la pêche a été un facteur déterminant dans le déclin de leur abondance pendant la période à l'étude.

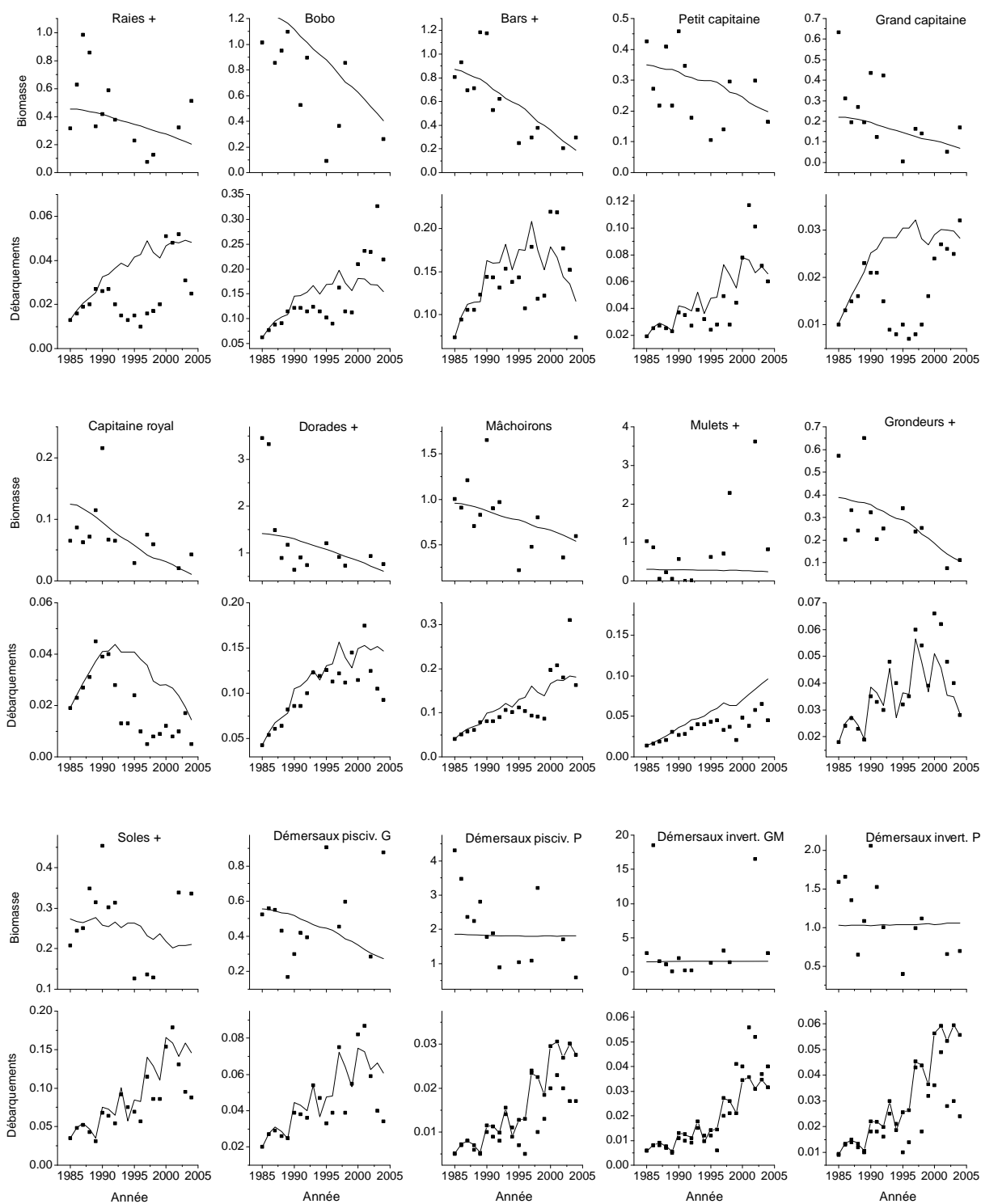


Figure 8a – Biomasses et débarquements observés (points) et prédits (ligne continue) pour les groupes trophiques pour lesquels les deux types d'information étaient disponibles, obtenus à partir du modèle pour la période 1985-2004 (Pour chaque groupe : biomasses en haut en t/km² ; captures en bas en t/km².an).

De même, le modèle rend correctement compte de l'accroissement des captures des différents groupes de poissons pélagiques, ainsi que des bathydémersaux, du groupe crustacés et des céphalopodes (Fig. 8b). En revanche, le modèle n'est pas en mesure de prédire adéquatement les captures des raies et requins (Fig. 8a et b). Pour ces espèces, l'évolution des captures n'est que partiellement dépendante des changements globaux de l'effort nominal des deux flottilles, l'intérêt qui leur est porté étant largement lié à l'ouverture de marchés spécialisés. On note également, des écarts entre les captures observées et prédites pour certaines espèces comme le capitaine royal dont les captures ont diminué abruptement à partir de 1990 alors que le modèle prédit une diminution plus graduelle. Enfin, les diminutions de biomasse des petits poissons démersaux ne sont pas bien prédites par le modèle, ce qui peut s'expliquer par le grand nombre d'espèces qu'elles regroupent mais surtout par le fait que les captures représentent une très faible proportion de la biomasse estimée. La mortalité par la pêche n'est donc pas déterminant dans leur cas et les variations de biomasses observées sont causées principalement par la prédation et d'autres facteurs qui sont mal pris en compte dans le modèle Ecosim.

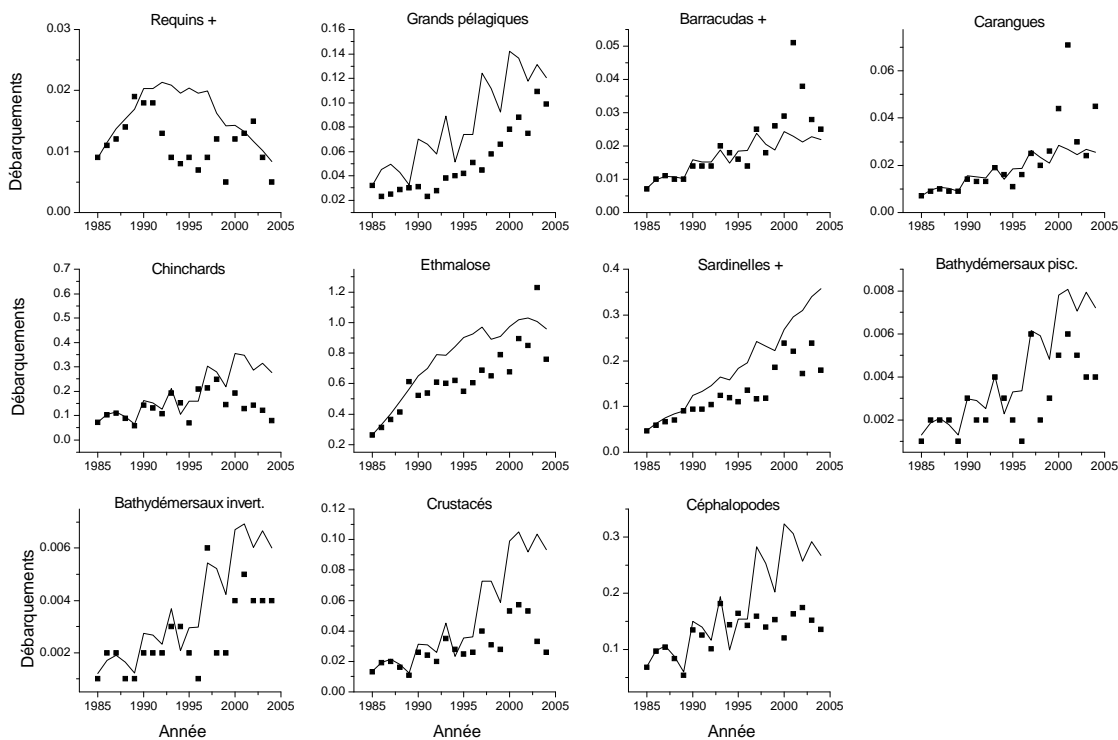
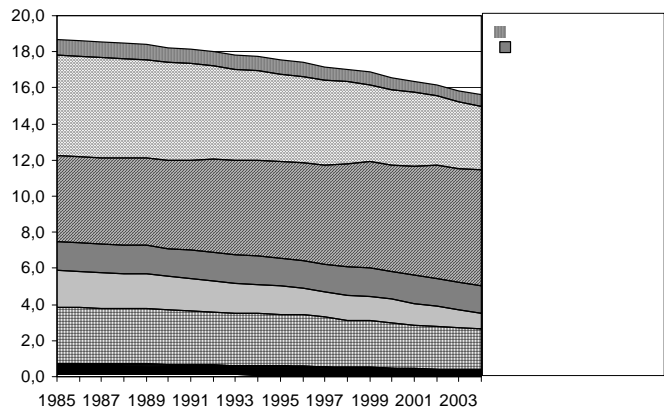
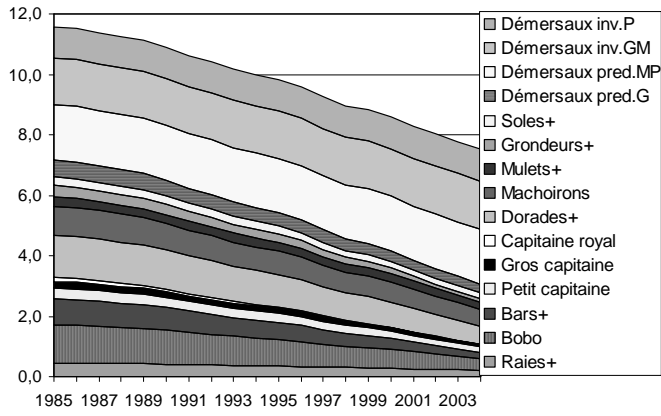


Figure 8b - Débarquements observés (points) et prédits (ligne continue) pour les groupes trophiques pour lesquels aucune donnée de biomasse n'est disponible, estimés à partir du modèle Ecosim pour la période 1985-2004 (en t/Km².an).

Globalement, le modèle confirme cependant la baisse d'abondance des biomasses de l'écosystème (Fig.9). On retrouve ici une division par environ 2 des abondances des différents groupes démersaux (ce qui est logique dans la mesure où le modèle est calé sur les séries de biomasses observées lors des campagnes scientifiques). Concernant les groupes pélagiques (Fig.9 droite), le modèle Ecosim conduit à des estimations de biomasse en forte diminution pour les différents poissons pélagiques (grands et petits pélagiques) ainsi que pour le zooplancton. L'abondance du groupe crustacés est ici en hausse, mais ne suffit pas à compenser les baisses précédentes. Globalement, la biomasse des composantes pélagiques baisserait d'environ 15 %, soit une estimation du même ordre de grandeur que celle issue de la comparaison des modèles Ecopath 1985 et 2004.

Enfin, on note que la diminution d'abondance est régulière sur l'ensemble de la période. Elle semble s'accélérer au cours des dernières années prises en compte.



Concernant les groupes démersaux, on montre (assez logiquement) que les groupes bobo et bars+ occupe quasiment la même niche trophique. Ils sont également proches des petits et grands capitaines, à la fois en terme de proies et de prédateurs, et du capitaine royal, essentiellement en terme de prédateurs. A un degré moindre, on observe également un recouvrement de niche trophique entre les bars et bobo, d'une part, et les grondeurs et mâchoirons, d'autre part.

Concernant les groupes pélagiques, les indices illustrent la proximité du rôle trophique des petits poissons pélagiques : sardinelle, chinchard et ethmalose. On note également que les barracudas, carangues et raies partagent très largement les mêmes proies.

2.3.2. Indices trophiques d'impact

Le modèle Ecopath (2004) permet également d'estimer des "indices d'impact trophiques mixtes" (Ulanowicz and Puccia 1990), qui mesurent l'impact positif ou négatif de chaque groupe écologique et de chacune des pêcheries, sur chacun des autres groupes (Fig. 11). Ces indices prennent en compte non seulement les effets directs, liés à la capture ou à la prédation du groupe impacté, mais également les effets indirects liés aux changements d'abondance de leurs proies ou prédateurs.

Assez logiquement, le modèle indique que les deux pêcheries ont un impact négatif sur l'ensemble des groupes exploités et un impact faible ou nul sur les autres groupes (à l'exception d'un impact estimé positif sur les dauphins, en liaison principalement avec un fort impact négatif de la pêche sur l'un des groupes prédateur des dauphins, le groupe des requins). La pêche artisanale impacte principalement les raies, l'ethmalose, le bobo, les bars, le grand capitaine et les mâchoirons. La pêche industrielle quant à elle a des répercussions principalement sur l'abondance des raies et requins, des grands poissons pélagiques, du petit capitaine, des grondeurs et des soles. L'impact des deux pêcheries sur les chinchards+ et les sardinelles+ est limité compte tenu, d'une part, d'un taux d'exploitation qui reste modéré, et d'autre part, de la baisse d'abondance de certains des prédateurs de ces deux groupes (grands pélagiques, ...).

Réciproquement (et selon une lecture "en colonne" de la figure 11), les changements de capture totale de la pêche artisanale dépendent fortement des variations d'abondance de l'ethmalose (qui constitue à elle seule plus de 50 % de ces captures), mais également de la production primaire, dont les ethmaloses dépendent elles-mêmes largement. Comparativement, la pêche industrielle a des captures plus diversifiées et apparaît moins dépendante d'un groupe unique. Elle est positivement (mais faiblement) influencée par les changements d'abondance de ses principaux groupes cibles (chinchards+, sardinelle+, céphalopodes,...) et semble peu dépendante des modifications de la production primaire ou secondaire.

Concernant les espèces emblématiques, on notera que la pêche ne semble pas avoir d'effet indirect, via les réseaux trophiques, sur l'abondance des groupes baleines, tortues et oiseaux marins (En revanche, faute de données disponibles, le modèle n'intègre pas d'éventuels effets de la pêche, liés à de possibles captures accidentelles de ces groupes écologiques ; c'est d'ailleurs également le cas concernant les dauphins, évoqués plus haut).

En dehors de la pêche, les principaux groupes qui impactent négativement les différentes composantes de l'écosystème sont les requins+ et les grands pélagiques. Ce sont ces grands prédateurs qui sont les plus susceptibles de jouer un rôle de contrôle top-down au sein de l'écosystème.

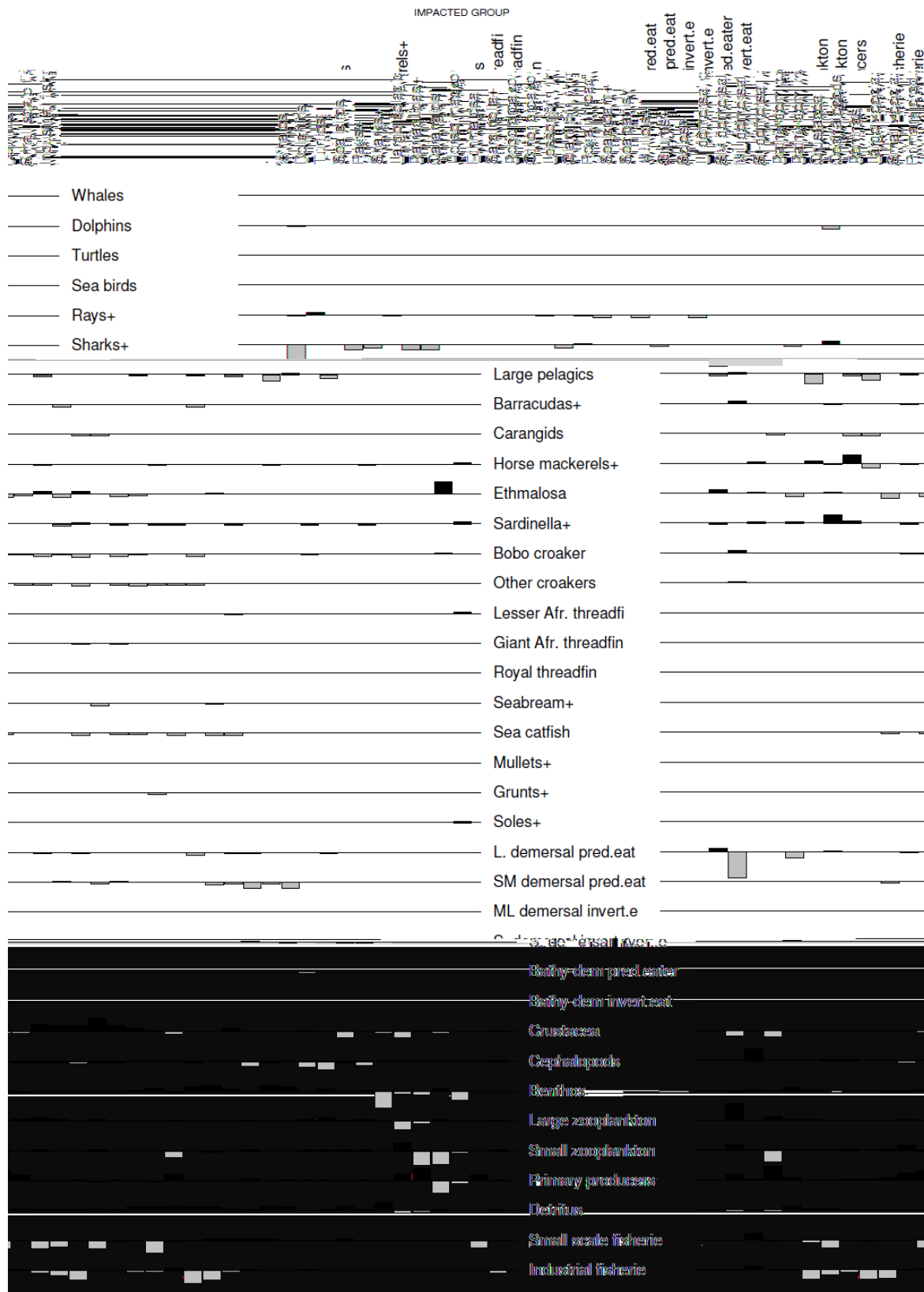


Figure 11 – Indices d'impact trophic, d'après le modèle Ecopath 2004 ; l'indice mesure l'impact positif (en noir) ou négatif (en gris), de chaque groupe (en ligne) sur chaque groupe (en colonne).

2.3.3. Schéma de fonctionnement trophique

Les indices de recouvrement trophique et les indices trophiques mixtes sont utilisés pour regrouper graphiquement les groupes Ecopath proches et proposer une représentation simplifiée du fonctionnement trophique de l'écosystème (Fig.12).

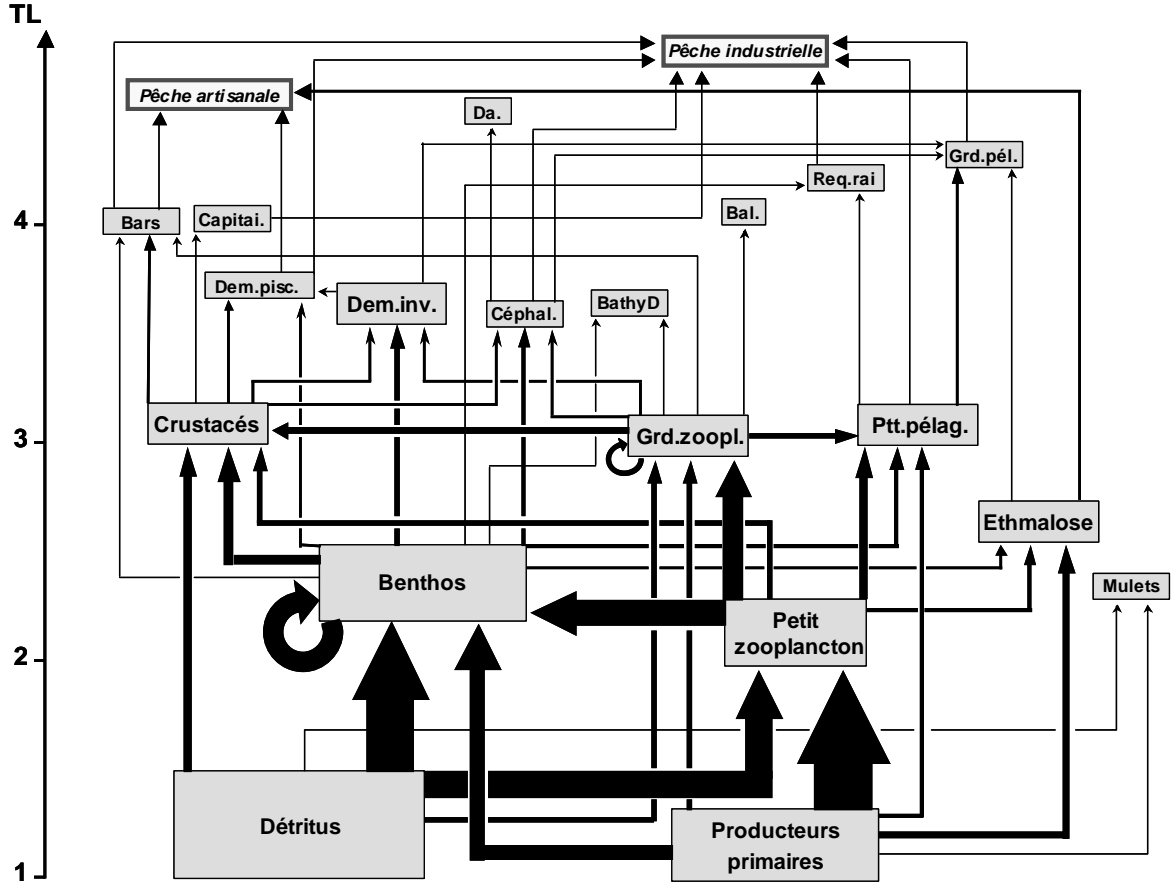


Figure 12 – Schéma simplifié du fonctionnement trophique de l'écosystème de Guinée (modèle Ecopath 2004). Dans cette représentation graphique, la taille des flèches illustre l'importance des flux de prédation, et la taille des boîtes illustre la biomasse de chaque groupe. Pour des raisons de clarté, seuls les principaux flux sont représentés et certains groupes sont fusionnés : Bars=bars+bobo ; Capitai.=3 espèces de capitaines ; Dem.pisc.=grondeurs+mâchoirons+dorades+démersaux.pisc.G ; Dem.inv.=sole+autres divers démersaux ; Da=Daupnins ; Grd.pél.=grands pélagiques+barracudas+ carangues ; Req.rai= requins+raies ; Bal.=baleines ; Ptt.pél.=sardinelles+chinchards

Ce schéma de fonc602.f14 0 11odèle Ecopa

Les raies et requins présentent, quant à eux, un régime alimentaire très omnivore, issu autant des composantes pélagiques que démersales de l'écosystème. Enfin, le groupe céphalopodes est un groupe très hétérogène, dont l'alimentation dépend à la fois du benthos et du plancton et qui ne supporte aucun groupe de manière très significative (en dehors des dauphins).

Plus généralement, on note dans ce schéma, l'importance des inputs de biomasse liés au recyclage des détritiques et à la boîte benthos. L'écosystème marin de Guinée est ainsi caractérisé par une forte composante benthique et démersale, bien évidemment liée à l'importance des petits fonds et à la très grande extension de la zone de mangrove le long des côtes.

2.3.4. Indicateurs écosystémiques

Les indicateurs écosystémiques calculés par Ecopath s'appuient sur la théorie de l'analyse des réseaux trophiques (Network Analysis, Ulanowicz et Norden 1990) et permettent de préciser l'évolution du fonctionnement trophique de l'écosystème de Guinée entre 1985 et 2004, ainsi que ses caractéristiques de maturité (sensus Odum 1969), stabilité ou résilience (Tab. 4).

Tableau 4 – Principaux indicateurs écosystémiques issus des modèles Ecopath 1985 et 2004

	Ecopath 1985	Ecopath 2004	Unit	Remarques (d'après notice Ecopath)
Cons by Pred	8 626	8 031	t.km ² .year ⁻¹	
Export	1 419	1 679	t.km ² .year ⁻¹	
Flow to Det	3 977	4 175	t.km ² .year ⁻¹	
Total throughput	18 407	18 009	t.km ² .year ⁻¹	
TL	3,31	3,23		
Catch	0,91	2,83	t.km ² .year ⁻¹	
PPR(PP)	106,0	260,0	t.km ² .year ⁻¹	
PPR(Detr.)	31,8	83,0	t.km ² .year ⁻¹	
PPR	137,8	343,0	t.km ² .year ⁻¹	
PPR/Catch	151,51	121,19		
PPR/TotPP	1,41			

En liaison avec l'accroissement des captures (de 0.9 à 2.8 t/km²/an), on assiste à un accroissement de la production primaire requise par l'exploitation, qui passe de 1.41 à 3.44 % de la production primaire totale (Production primaire native et recyclage des détritiques). Parallèlement, le ratio PPR/capture diminue suite à la diminution du niveau trophique moyen des captures. Cette double évolution traduit le processus d'intensification de la pression de pêche à l'échelle de l'écosystème. Elle s'accompagne d'une diminution des flux de biomasse consommés par les prédateurs (liée à leur diminution d'abondance), et par un accroissement des flux dirigés vers les détritiques et l'exportation.

Les indices liés à la maturité de l'écosystème, et donc à ses caractéristiques de résilience et de stabilité (Christensen, 1995), sont en diminution entre 1985 et 2004. C'est en particulier le cas : des flux totaux ("total throughput") et du ratio ascendance/flux totaux (considérés l'un et l'autre comme un indice de maturité de l'écosystème), de l'ascendance (qui est une mesure de la complexité et de l'organisation de l'écosystème), de l'indice de recyclage de Finn (qui mesure la proportion des flux totaux recyclée dans l'écosystème), ou de l'indice de longueur des chaînes trophiques ("Finn's path length" index, qui mesure le nombre moyen de groupes traversés par un flux). A l'inverse, l'indice de redondance ("Overhead on internal flow" qui est une mesure de la stabilité de l'écosystème) augmente. Globalement néanmoins, l'évolution des indices écosystémiques traduit une dégradation de l'état de santé de l'écosystème.

2.4. Diagnostic – Impact de la pêche

2.4.1. Diagramme d'exploitation écosystémique

La présentation sous forme de spectres trophiques met bien en évidence le schéma d'exploitation mise en œuvre à l'échelle de l'écosystème, par chacune des deux pêcheries, ainsi que les changements intervenus depuis 20 ans (Fig. 13).

En 1985, les taux d'exploitation sont extrêmement faibles avec des mortalités par pêche inférieures à 0.05 pour quasiment tous les niveaux trophiques. La pêche artisanale exploite, d'une part, des niveaux faibles (correspondant à l'ethmalose), et d'autre part, des prédateurs supérieurs (poissons démersaux principalement). La pêche industrielle vise, quant à elle, les niveaux intermédiaires (chinchards+, sardinelle+, soles+,...) et supérieurs (grands pélagiques et poissons démersaux). Globalement, les niveaux trophiques supérieurs à 3.5 sont ainsi exploités par les 2 flottilles.

En 2004, les captures ont été multipliées par plus de 3, mais le diagramme d'exploitation reste qualitativement le même. Autrement dit, la pression de pêche s'est accrue mais avec un ciblage des espèces et groupes trophiques peu modifié.

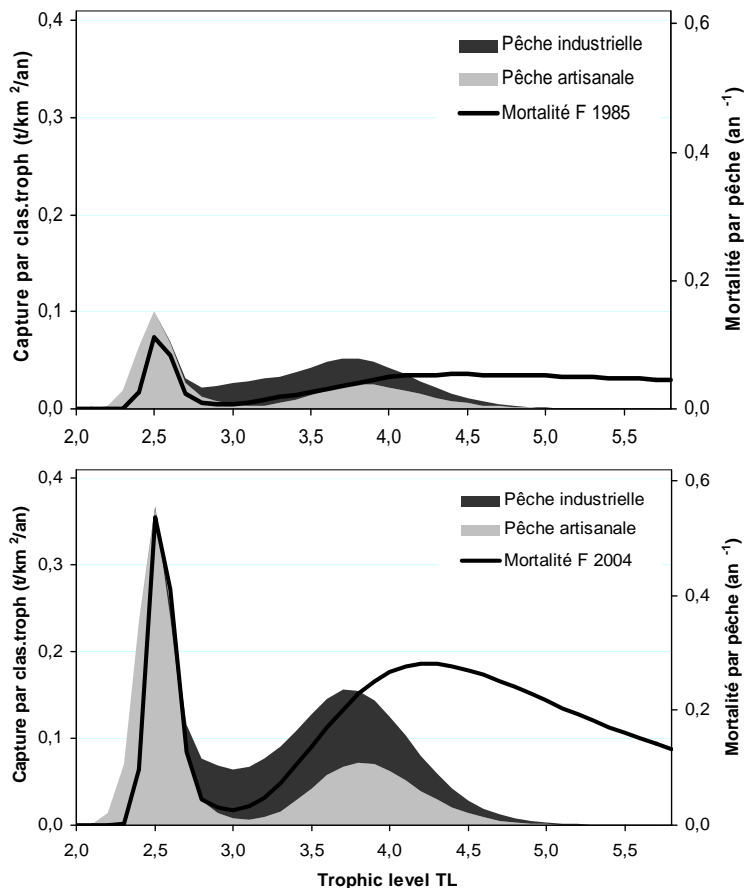


Figure 13 – Spectres trophique des captures des 2 pêcheries et diagramme d'exploitation écosystémique, d'après les modèles Ecopath 1985 (haut) et 2004 (bas).

La mortalité par pêche dépasse 0.35 an^{-1} pour le groupe ethmalose. Cette exploitation significative des bas niveaux trophiques (au alentour de $TL=2.5$) est une particularité de l'écosystème de Guinée, liée à l'abondance de ce poisson, elle-même résultant de l'extension exceptionnelle des zones de mangrove sur le littoral guinéen (dans de nombreux écosystèmes, ces niveaux trophiques bas sont très majoritairement occupés par des espèces non exploitables : zooplancton, micronecton, ...). L'ethmalose occupe ainsi une place importante, à la fois dans le fonctionnement trophique de l'écosystème guinéen (elle assure le transfert d'une partie de la production primaire vers les niveaux supérieurs) et dans la dynamique du système d'exploitation. Compte tenu de la biologie de l'espèce ($K=0.25$ et $M=0.45$, d'après FishBase), on peut penser qu'une mortalité par pêche de 0.35 an^{-1} constitue déjà un niveau d'exploitation important. A l'inverse, la pression de pêche exercée sur les niveaux intermédiaires (notamment sur les groupes sardinelles et chinchards) reste modérée ($F < 0.1$ pour TL proche de 3.0). Enfin, la mortalité par pêche est à nouveau élevée pour les niveaux trophiques supérieurs à 4.0 ce qui traduit une exploitation intense de l'ensemble des poissons prédateurs.

Entre 1985 et 2004, la mortalité par pêche est multipliée par 5 ou 6, ce qui est globalement cohérents avec les estimations d'accroissement de l'effort de pêche précitées (cf. §2.1.1). Il ne fait guère de doute que c'est cet accroissement de la pression de pêche qui est responsable, au moins très majoritairement, de la baisse des biomasses intervenue sur la période. En particulier, on note que les baisses les plus fortes sont enregistrées pour les niveaux trophiques supérieurs qui subissent un fort taux d'exploitation.

2.4.2. Simulations de scénarios d'évolution de l'effort de pêche

Afin de préciser l'impact de l'exploitation, trois scénarios théoriques d'évolution de l'effort de pêche au cours des années 2005 à 2015 sont simulés, à l'aide du modèle Ecosim : maintien de l'effort de pêche au niveau 2004, accroissement de l'effort de 20 % pour les deux pêcheries, diminution de l'effort de 20 % pour les deux pêcheries (Fig. 14 a et b).

Le scénario d'un maintien de l'effort de pêche montre que le modèle Ecosim 2004 n'est pas dans une situation d'équilibre. En effet, suite à l'accroissement de la pression de pêche dans les années antérieures, l'abondance des différents groupes est en diminution et la simulation indique que cette diminution se poursuivrait, même si l'effort de pêche n'augmentait plus. Entre 2004 et 2015, la biomasse des principaux groupes exploités diminue fortement ; c'est en particulier vrai pour les raies et requins, pour l'ethmalose, pour les espèces de la communauté à sciaenidés (bobo, bar, grand capitaine et capitaine royal,...), pour les grondeurs et les dorades. Globalement, l'abondance des poissons démersaux (hors groupes divers) chuterait ainsi de 38 % (Seul le groupe des soles fait à nouveau exception). Pour tous ces groupes, les captures diminueraient dans les mêmes proportions. A l'inverse, ce scénario à effort constant conduirait à des biomasses et des captures 2005-2015 relativement stables pour les grands et les petits pélagiques (sauf ethmalose), pour les mullets, pour les groupes de divers poissons démersaux (qui sont peu exploités) et pour le groupe des crustacés. Seuls les céphalopodes seraient en forte augmentation, mais l'ajustement du modèle est peu satisfaisant pour ce groupe.

Un changement de l'effort de pêche de 20% en 15 ans (à la hausse ou à la baisse) n'aurait que peu d'effet sur l'abondance des espèces ou groupes faiblement exploités (divers poissons démersaux et bathydémersaux, chinchards, crustacés et, dans une moindre mesure, sardinelle et thonidés). Les captures augmentent ou diminuent alors au prorata de l'effort de pêche. Pour les autres groupes, un accroissement de l'effort de pêche amplifie la baisse des biomasses. L'évolution des captures traduit, dans ce cas, le statut global du groupe considéré : la capture baisse pour les groupes globalement surexploités (notamment pour les raies, pour l'ethmalose et pour la plupart des poissons de la communauté à sciaenidés) ; à l'inverse, dans le cas des groupes encore sous-exploités, les captures augmentent en même temps que l'effort de pêche. Cela semble être le cas pour la sardinelle, les mullets et les thonidés.

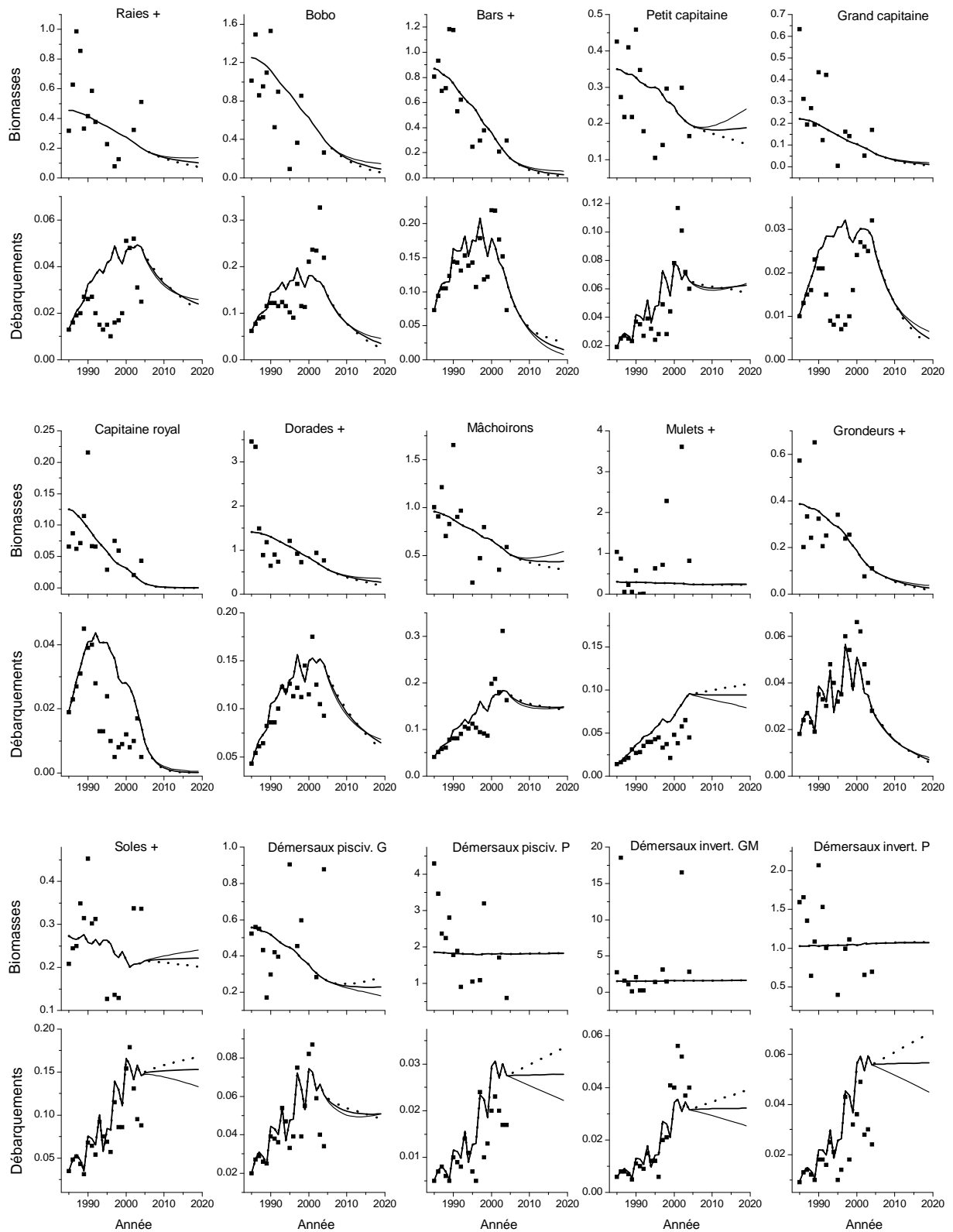


Figure 14a – Ecosim - simulation. Biomasses et débarquements observés (points) et prédits pour les trois scénarios de gestion : 1. maintien de l'effort 2004 (ligne grasse continue), 2. augmentation de l'effort de 20% en 15 ans (ligne pointillée) et 3. diminution de l'effort de 20% en 15 ans (ligne fine).

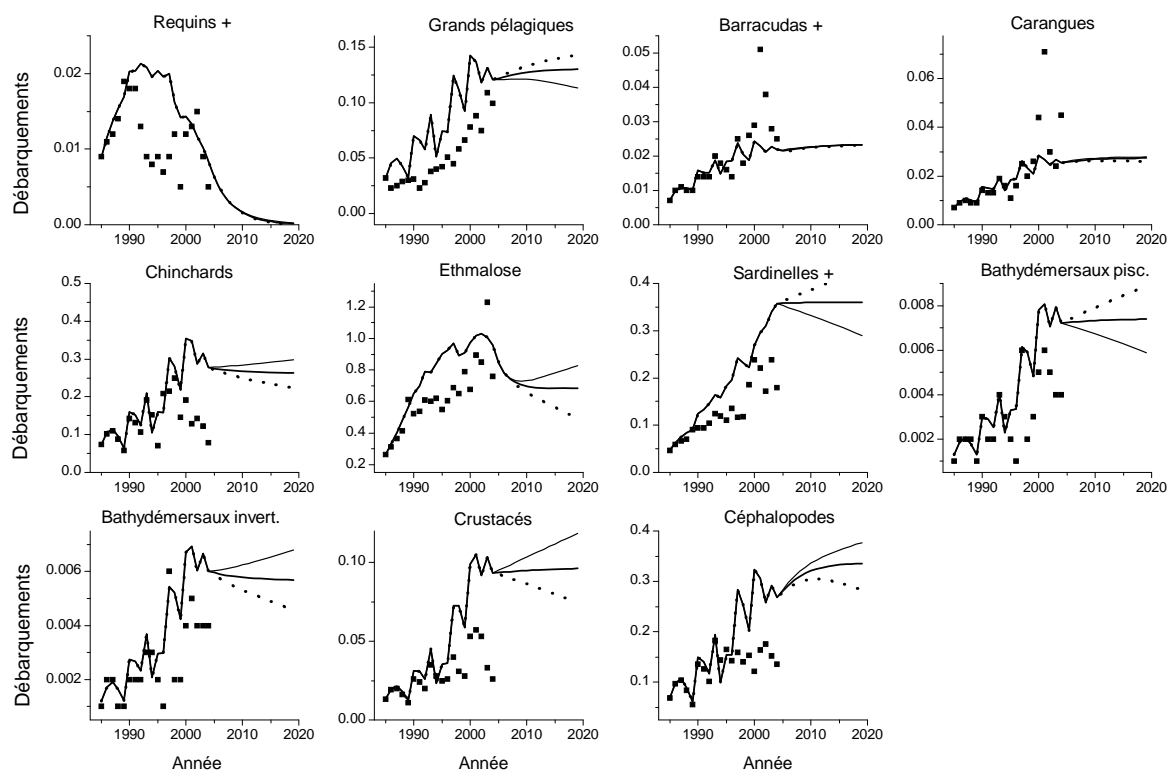


Figure 14b - Débarquements observés (points) et prédits pour les trois scénarios de gestion: 1. maintien de l'effort observé en 2004 (ligne grasse continue), 2. augmentation de l'effort de 20% en 15 ans (ligne pointillée) et 3. diminution de l'effort de 20% en 15 ans (ligne fine).

Enfin, le scénario d'une diminution globale de l'effort ne permet qu'une timide reconstruction des biomasses les plus dégradées ; les débarquements correspondants restent alors stagnants (poissons démersaux). Ceci est d'autant plus vrai que les principales espèces concernées sont des espèces à croissance lente. Par suite, on doit s'attendre à une reconstruction lente (à moins que plusieurs années de fort recrutement n'interviennent pour accélérer le processus). Les seules espèces qui montrent une réaction marquée aux changements d'effort sont ainsi les espèces dotées de capacités de production plus élevées (ex. petits pélagiques) et les espèces peu exploitées, qui n'étaient pas bien représentées dans le modèle au départ. Dans leur cas, les débarquements observés n'étant pas limités par la biomasse, les captures peuvent être augmentées avec l'effort de pêche.

3. DISCUSSION - CONCLUSION

La construction d'un modèle écosystémique de type "Ecopath with Ecosim" implique toujours un inventaire, une mise à plat, une mise en cohérence de l'ensemble des données disponibles et des connaissances acquises sur le système étudié. Le modèle de Guinée n'échappe pas à la règle et c'est sans doute là son premier intérêt. En particulier, la liste de référence des espèces présentes en Guinée est ainsi corrigée et complétée. Et surtout, pour la première fois à notre connaissance, des estimations exhaustives pourtant sur les 20 dernières années sont présentées, concernant l'effort de pêche par flottille (pêche artisanale et industrielle), les captures par groupe d'espèce et par flottille et les indices d'abondance des différents groupes démersaux.

Bien sur, ces estimations sont discutables. En particulier, les reconstructions d'effort de pêche et de captures antérieures à 1995 restent entachées d'une grande incertitude. La décomposition des prises par groupe d'espèces ou le calcul d'un effort de pêche effectif relève plus d'une démarche experte, basée sur le bon-sens et le croisement des informations éparses disponibles, que sur un calcul statistique parfaitement rigoureux. De même, les estimations de biomasse en valeur absolue s'appuient sur des coefficients de capturabilité eux-même très empiriques. On note enfin, et peut-être surtout, que les données de pêche n'incluent ni statistiques concernant les rejets (importants dans certaines pêcheries), ni observations concernant les pêches illégales ou non déclarées (elles aussi potentiellement importantes en Guinée, où opèrent les flottilles de nombreux pays étrangers). Il reste cependant vrai que les séries statistiques qui sont présentées ici constituent, à ce jour, la meilleure information disponible et une base de connaissances d'autant plus précieuse, qu'elle couvre l'ensemble du système étudié et en donne une image globale.

Au-delà des incertitudes, les enseignements que l'on peut tirer de cette mise à plat des données, sur une période relativement longue, sont sans ambiguïté. On confirme ainsi la très forte augmentation de la pression de pêche, qui aurait été multipliée par 6 ou 7 entre 1985 et 2005. On montre que, dans le même temps, les captures ont été multipliées par 3 (atteignant 130 000 tonnes dans les années récentes) et la biomasse des espèces démersales divisée par 2.5 (avec une division par 4, voire plus, pour les espèces les plus touchées). On précise, par ailleurs, le profil des captures spécifiques de chaque flottille. En particulier, le regroupement des catégories statistiques initiales par groupe fonctionnel Ecopath donne de la pêcherie une image plus synthétique et cohérente. On note, par exemple, la place importante de l'ethmalose en pêche artisanale, celle des petits pélagiques en pêche industrielle, et le ciblage des poissons prédateurs démersaux par les deux pêcheries.

La construction du modèle écosystémique proprement dit est ensuite une tâche particulièrement délicate. Ici aussi, la difficulté principale réside dans l'absence ou la faible fiabilité de certaines données. Ceci concerne les données de capture ou de biomasse, précédemment évoquées, mais également les paramètres écologiques de chaque groupe trophique et singulièrement les données de régime alimentaire. A part pour quelques sciaenidés côtiers (Sidibé 2003), ces données sont quasiment inexistantes en Guinée et le modèle a été construit avec les données d'écosystèmes similaires rassemblées par Guénette et Diallo (2004). C'est incontestablement là un des principaux points de fragilité du présent travail¹⁶. On note également que l'ajustement du modèle Ecosim n'est guère satisfaisant pour quelques groupes, vraisemblablement parce que les variables forçantes utilisées (efforts effectifs) sont insuffisantes pour expliquer "l'histoire" de ces groupes. Sur ce point, le modèle pourrait sans doute être amélioré, en estimant des séries d'efforts de pêche par métier (ou par type de licence, dans le cas de la pêche industrielle).

¹⁶ La matrice des régimes alimentaires pourrait être améliorée à l'avenir, en conduisant des études de contenus stomacaux (un aspect clés de l'approche écosystémique !). A l'inverse, on peut être également inquiet quant à la fiabilité des paramètres de productivité (P/B) ou de consommation (Q/B) utilisés ici. Mais le modèle de Guinée ne diffère guère sur ce point de la plupart des modèles Ecopath construits dans le monde ...et on voit mal comment l'améliorer très significativement. Généralement, ces paramètres sont déduits de relations empiriques. Ils ne deviennent fiables que par un jeu de contraintes, imposé par les autres paramètres (diets, Biomasses, Captures, ...) ...à condition que ceux-ci sont eux-même fiables. C'est alors la phase d'équilibrage du modèle Ecopath, ou (mieux) la phase d'ajustement du modèle Ecosim aux séries chronologiques, qui "valide" en quelque sorte les valeurs empiriques de ces paramètres.

Les sorties des différents modèles (Ecopath1985 et 2004, Ecosim) doivent donc être considérées comme de premières estimations et analysées avec prudence. Sur de nombreux points, cependant, elles semblent à la fois cohérentes et relativement robustes. Le modèle permet ainsi une première caractérisation du fonctionnement trophique de l'écosystème marin de Guinée. Il illustre par exemple la proximité de niche trophique des principales espèces de la communauté côtière à sciaenidés. Il montre l'importance de la chaîne détritique et du benthos dans le fonctionnement trophique global de l'écosystème, ce qui est naturellement à relier à l'importance des apports terrigènes et à l'extension des zones côtières de mangrove dans cet écosystème (Domain 1999). Le modèle met aussi en évidence l'importance, à la fois écologique et halieutique, de l'éthmalose. Il montre le rôle potentiel des requins et grands pélagiques (thonidés,...) sur la dynamique de leurs proies (selon un processus de contrôle top-down).

Bien évidemment, le résultat principal de la modélisation écosystémique réside dans l'analyse de l'évolution du fonctionnement trophique de l'écosystème, au cours de la période. Tant la comparaison des deux modèles Ecopath (1985 et 2004), que le modèle Ecosim, indiquent un changement très significatif de ce fonctionnement. On montre ainsi que l'ensemble des biomasses de l'écosystème est modifié, avec des réductions d'abondance qui ne touchent pas seulement les espèces démersales exploités (principalement les poissons de la communauté à sciaenidés), mais aussi les petits et les grand pélagiques. Par suite, les flux trophiques sont modifiés, avec une réduction des flux totaux et un accroissement des flux vers les détritiques.

Cette modification des caractéristiques et du fonctionnement trophique de l'écosystème est, de manière triviale, une conséquence directe de l'accroissement de la pression de pêche. Naturellement, des effets de l'environnement peuvent également jouer, mais le fait que nous n'ayons pas réussi à les identifier semble indiquer qu'ils sont relativement marginaux, au moins comparativement à l'impact de l'exploitation. A l'inverse, tous les indicateurs relatifs à la pêche "sont au rouge" : la mortalité par pêche est multipliée par 5 pour l'ensemble des niveaux trophiques ; la baisse des biomasses indique une situation de surexploitation, au moins pour les groupes les plus recherchés¹⁷ ; les simulations Ecosim confirment qu'un accroissement de la pression de pêche conduirait, pour la majorité des groupes exploités, à une baisse des captures...déjà observée pour certains groupes ; les niveaux trophiques moyens, des captures et de l'écosystème, sont en diminution. Parallèlement, les indices écosystémiques révèlent une perturbation globale de l'écosystème, avec notamment une diminution des indices de maturité. Les simulations conduites sous Ecosim pour la période 2005/2015 indiquent que, même dans l'hypothèse d'un effort de pêche maintenu constant l'abondance de la plupart des groupes devrait continuer à chuter.

Ces résultats ne sont guère surprenants. D'une part, les travaux scientifiques antérieures avaient déjà mis en évidence la baisse d'abondance des ressources démersales et la surexploitation de certains stocks (i.e. Domain 1999 ; Sidibé 2003 ; Gascuel *et al.* 2005b). De ce point de vue, la présente approche de modélisation a comme intérêt principal qu'elle permet de généraliser, à l'échelle globale de l'écosystème, un diagnostic jusqu'ici établis uniquement à l'échelle locale de quelques espèces. D'autre part, la Guinée ne fait malheureusement pas exception au sein des pays de la sous-Région. Une situation assez semblable est, par exemple, observée en Mauritanie et au Sénégal (cf. par exemple Laurans 2005 ; Gascuel *et al.* 2005b et 2007a)¹⁸.

Dans les eaux européennes (et dans de nombreux endroits de la planète), l'accroissement de la pression de pêche et la surexploitation des ressources halieutiques sont des phénomènes relativement anciens. Les acteurs du monde maritime se sont alors "accoutumés", en quelque sorte, à une situation de

¹⁷ Rappelons que dans les modèles mono-spécifiques usuels en dynamique des populations, la pleine exploitation (ou limite de suexploitation) est atteinte lorsque la biomasse est divisée par 2 ou 3 (2.7 dans le modèle de Fox), comparativement à l'état vierge. Compte tenu du fait que 1985 ne correspond déjà plus à l'état vierge, il ne fait guère de doute que ce seuil est atteint enuin

ressources et d'écosystèmes dégradés... en oubliant que les difficultés économiques du secteur des pêches avaient, avant tout, des causes écologiques. Et cet oubli est d'autant plus profonds que des mécanismes de subventions peuvent masquer, au moins pour partie et sans doute temporairement, les difficultés économiques du secteur.

A l'inverse, dans nombre de pays en développement, et singulièrement dans les différents pays de l'Afrique de l'Ouest, le développement des pêches s'est essentiellement fait au cours des 30 ou 40 dernières années. Dans un premier temps, lorsque la surexploitation des ressources survient, les états peuvent répondre aux difficultés du secteur des pêches artisanales en diminuant les droits d'accès des flottilles industrielles étrangères. C'est par exemple ce qui a été fait dans les années 90 et début 2000 au Sénégal ou au Maroc. Mais cela se paie d'une diminution des ressources budgétaires de l'état, liée à la diminution des ventes de droits de pêche. Et surtout, cette régulation est temporaire. Elle ne suffit généralement pas à éviter l'accroissement de la pression de pêche, fusse-t-elle exercée par la seule pêche artisanale.

Il est peu probable que la Guinée puisse envisager sereinement de faire face à la dégradation de ses ressources halieutiques. Ici, sans doute encore plus qu'ailleurs, le développement économique passe par la gestion durable des ressources naturelles et la prise en compte de l'état de santé des écosystèmes. La présente étude en confirme l'urgente nécessité.

- Domalain G., Jouffre D., Thiam D., Traoré S., Wang C.L., 2004 – Evolution de la diversité spécifique et des dominances dans les campagnes de chalutage démersal du Sénégal et de la Guinée. *In* : Chavance P. et al. (eds.), Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi siècle de changement. Coll. Rap. Actes du Symposium international DAKAR Juin 2002. Office des publications officielles des communautés Européennes, ACP-UE 15, pp. 299-310.
- FAO, 1992 – Groupe de travail COPACE sur les ressources démersales du plateau et du talus continental de la Guinée et de la Sierra Leone (Conakry, 4-9 février 1991). Rome, COPACE/PACE/Sér., 91/54, 205 p.
- Finn, J. T. 1976. Measures of ecosystem structure and function derived from analysis of flows. *J. Theor. Biol.*, **56**:363-380.
- Froese R. & Pauly, D., 2000 - FishBase 2000: concepts, design and data sources. ICLARM, Los Baños, Laguna, Philippines, 344 pp.
- Gascuel D., Barry M., Laurans M., et Sidibé A., (éds.), 2003 – Evaluations des stocks démersaux en Afrique du Nord-Ouest, travaux du groupe "Analyses mono-spécifiques" du projet SIAP. COPACE / PACE Serie, N° 03/65, Rome, FAO, 108 p
- Gascuel D., Bozec Y.-M. Chassot E., Colomb A., Laurans M., 2005a – The trophic spectrum : theory and application as an ecosystem indicator. *ICES Journal of marine science*, **62**, 443-452.
- Gascuel D., Domain F., Chavance P., 1997 – L'exploitation de la communauté à sciaenidés de Guinée : un premier diagnostic sur l'état des stocks, par modélisation linéaire de l'abondance (1985-92). Troisième Forum Halieutique "La surexploitation", Association Française d'Halieumétrie, Montpellier, 1-3 juillet 1997. 6 p.
- Gascuel D., Labrosse P., Meissa B., Taleib Sidi MO, Guénette S. 2007a - The decline of demersal resources in North-West Africa: an analysis of Mauritanian trawl survey data over the last 25 years. *African Journal of Marine Sciences*, **29**: 331-345.
- Gascuel D. et Laurans M., 2003 - Evaluation des stocks par l'approche globale et évolutions d'abondance. Synthèse du groupe de travail "Analyses monospécifiques" de Mindelo (Octobre 2001). *In* : Gascuel D., et al. (eds.), 2003, Evaluations des stocks démersaux en Afrique du Nord-Ouest, travaux du groupe "Analyses mono-spécifiques" du projet SIAP. COPACE / PACE Serie, N° 03/65, Rome, FAO.
- Gascuel D., Laurans M., Sidibé A., et Barry M.D., 2005b - Diagnostic comparatif de l'état des stocks et évolutions d'abondance des ressources démersales, dans les pays de la CSR. *In* : Chavance P. et al (Eds), Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi siècle de changement. Edition Office des Communautés Européennes, Collection des rapports de recherche halieutique ACP-UE n° 15, Luxembourg, pp. 205-222.
- Gascuel D., Morissette L., Palomares D., Christensen V., 2008 – Trophic flow kinetics in marine ecosystems: toward a theoretical approach to ecosystem functioning. *Ecological Modelling*, **217**: 33-47.
- Gascuel D., Tremblay-Boyer L., Pauly D., 2009 - EcoTroph (ET): a trophic-level based software for assessing the impacts of fishing on aquatic ecosystems. *Fisheries Centre Research Reports*, **17**(1), University of British Columbia [ISSN 1198-6727], 83 p.
- Gascuel D., Zeller D., Taleib Sidi MO., Pauly D. 2007b – Reconstructed catches in the Mauritanian EEZ. *In*: Zeller et Pauly (ed.), Reconstruction of marine fisheries catches for key countries and regions (1950-2005). *Fisheries Centre Research Reports*, 15(2), 105-119. University of British Columbia [ISSN 1198-6727].
- Guénette S., et Diallo I., 2004 - Exploration d'un modèle préliminaire de l'écosystème marin de Guinée *In* : Reconstituer nos écosystèmes marins pour préserver l'avenir. *In* : Chavance P. et al (Eds), Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi siècle de changement. Edition Office des Communautés Européennes, Collection des rapports de recherche halieutique ACP-UE n° 15, Luxembourg, pp. 329-346.
- Guénette S., Christensen V., Pauly D., (éds.) 2001 – Fisheries impact on North Atlantic Ecosystems: models and analyses. *Fisheries Centre Research Reports* **9**(4), University of British Columbia, Vancouver BC, Canada.
- Hoening J.M., 1983 - Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.* **82**(1):898-905.
- Laurans M. 2005 - Ressources et exploitations démersales en Afrique de l'Ouest : évaluation des stocks, dynamique des populations et approche écosystémique. Thèse de Doctorat Halieutique, Agrocampus Rennes, 260p. + ann.
- Laurans M., Gascuel D., Chassot E., Thiam D., 2004 - Changes in the trophic structure of fish demersal communities in West Africa in the three last decades. *Aquatic Living Resource*, **17**: 163-174.
- Lesnoff M., Morize E., Traoré S., 1999 – La pêche industrielle en Guinée : état et bilan des données disponibles. *In* : Domain F. et al. (éds.), 1999 – La pêche côtière en Guinée : ressources et exploitation. IRD édition, Paris, Collection colloques et séminaire, pp. 175-198.
- Moal., 1961 – Rapport de mission : mission d'assistance technique en matière de pêche maritime. 85 p. mutigr.
- Odum, E. P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*, **104**:262-270.
- Pauly D., 1980 –On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES J. Mar. Sci.* **39**, 175-192.
- Pauly D., Palomares D., Vakily J.M., (éds.) 2002 – Mass-balance trophic models of West African Marine Ecosystems. Siap, document technique, vol. SIAP/EP/DT/03.
- Pezennec O., 1999 - Environnement hydro-climatique de la Guinée. *In* : Domain F. et al. (éds.), 1999 – La pêche côtière en Guinée : ressources et exploitation. IRD édition, Paris, Collection colloques et séminaire, pp 7-27.
- Polovina, J.J. 1984. Model of a coral reef ecosystem. The ECOPATH model and its application to French Frigate Shoals. *Coral Reefs* **3**: 1-11.

- Sidibé A., 2003 - Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée : exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés. Thèse de Doctorat Halieutique, Ensa-Rennes, 320 p.
- Sidibé A., Gascuel D., et Domain F., 2005 - Evaluation et diagnostic de quatre stocks de poissons démersaux côtiers de Guinée. In : Chavance P. et al (éds), Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi siècle de changement. Edition Office des Communautés Européennes, Collection des rapports de recherche halieutique ACP-UE n° 15, Luxembourg, pp. 387-392.
- Sidibé A., Gascuel D., Domain F., Chavance P., 2000 - Estimation d'abondance et changement de répartition spatiale : le cas du bobo (*Pseudotolithus elongatus*) en Guinée. In : Gascuel et al. (ed.), Les espaces de l'halieutique, 4ème Forum Halieumétrique, juillet 99, IRD Edition, collection "Colloques et Séminaires" Paris, pp. 75-98.
- Sidibé A., Laurans M., Gascuel D. et Domain F., 2005 - Evolution comparative de l'abondance des ressources halieutiques démersales en Guinée entre 1985 et 1998. In : Chavance P. et al (éds), Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi siècle de changement. Edition Office des Communautés Européennes, Collection des rapports de recherche halieutique ACP-UE n° 15, Luxembourg, pp. 393-398.
- Stewart, D.A., Agnew, D., Boyd, R., Briggs, R., Toland, P., 1993. The derivation of changes in Nephrops per unit effort values for the Northern Ireland fishing fleet. *Fish. Res.* **17**, 273-292.
- Thibaut L., Chavance P. and Damiano A., 2004 - Statbase, une approche générique pour la gestion de statistiques de pêche d'origines multiples. p. 11-24 In Chavance, P., Ba, M., Gascuel, D., Vakily, J.M. and Pauly, D., (eds.), Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi siècle de changement. Coll. Rap. Actes du Symposium international DAKAR Juin 2002, Office des publications officielles des communautés Européennes, XXXVI, collection des rapports de recherche halieutique ACP-UE 15.
- Ulanowicz, R. E., 1986. Growth and Development: Ecosystem Phenomenology. Springer Verlag (reprinted by iUniverse, 2000), New York. 203 pp.
- Ulanowicz, R. E., 1995. Ecosystem Trophic Foundations: Lindeman Exonerata. In: Chapter 21 p. 549-560 In: B.C. Patten and S.E. Jørgensen (eds.) Complex ecology: the part-whole relation in ecosystems, Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- Ulanowicz, R. E., and Puccia, C. J. 1990. Mixed trophic impacts in ecosystems. *Coenoses*, **5**:7-16.
- Watson, R., Kitchingman, A., Gelchu, A. and Pauly, D. (2004) Mapping global fisheries: sharpening our focus. *Fish and Fisheries* **5**: 168-177.
- Walters, C., Christensen, V., Pauly, D., 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **7**, 139-172.
- Zeller, D., Booth, S., Craig, P. and Pauly, D. (2006) Reconstruction of coral reef fisheries catches in American Samoa. *Coral Reefs* **25**: 144-152.

APPENDICES

Annexe 1 – Liste de référence des espèces prises en compte : groupe fonctionnel Ecopath, noms scientifique et commun, catégorie statistique correspondante dans les bases de données CNSHB (d'après Morize et al. 1995) et communauté écologique d'appartenance (d'après Domain, 2000)

Groupe fonctionnel	Nom scientifique	Nom commun	Catégorie statistique	Communauté écologique
1 Baleines	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Rorqual commun		
1 Baleines	<i>Balaenoptera borealis</i>	Rorqual de rudolphi		
1 Baleines	<i>Balaenoptera edeni</i>	Baleine de Bride		
1 Baleines	<i>Balaenoptera musculus</i>	Rorqual bleu		
1 Baleines	<i>Balaenoptera phydalus</i>	Petit rorqual		
1 Baleines	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Megaptère		
2 Dauphins	<i>Delphinus delphis</i>	Dauphin commun		
2 Dauphins	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Globicéphale tropical		
2 Dauphins	<i>Globicephala melas</i>	Globicéphale noir		
2 Dauphins	<i>Grampeus griseus</i>	Dauphin de Risso		
2 Dauphins	<i>Hyperoodon ampallatus</i>	Hyperoodon arctique		
2 Dauphins	<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalot		
2 Dauphins	<i>Sousa teuszii</i>	Dauphin à bosse de l'Atlantique		
2 Dauphins	<i>Stenella attenuata</i>	Dauphin tacheté pantropical		
2 Dauphins	<i>Stenella clymene</i>	Dauphin clymene		
2 Dauphins	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Dauphin bleu et blanc		
2 Dauphins	<i>Stenella frontalis</i>	Dauphin tacheté de l'Atlantique		
2 Dauphins	<i>Stenella longirostris</i>	Dauphin à long bec		
2 Dauphins	<i>Steno bredanensis</i>	Sténo		
2 Dauphins	<i>Tursiops truncatus</i>	Grand dauphin		
2 Dauphins	<i>Ziphius cavirostris</i>	Baleine à bec de cuvier		
3 Tortues	<i>Caretta caretta</i>			
3 Tortues	<i>Chelonia mydas</i>			
3 Tortues	<i>Dermodochelys coriacea</i>			
3 Tortues	<i>Eretmodochelys imbricata</i>			
3 Tortues	<i>Lepidochelys olivacea</i>			
5 Raies+	<i>Dasyatis centroura</i>	Pastenague des îles	Raies	Sciaenid.estuaires
5 Raies+	<i>Dasyatis margarita</i>	Pastenague marguerite	Raies	Sciaenid.estuaires
5 Raies+	<i>Dasyatis pastinaca</i>	Pastenague commun	Raies	Sciaenid.estuaires
5 Raies+	<i>Dipturus dotrei</i>	Raie violette		
5 Raies+	<i>Etmopterus polli</i>	Sagre à menton lisse		
5 Raies+	<i>Gymnura micrura</i>		Raies	
5 Raies+	<i>Mobula mobular (1)</i>	Rajiforme		
5 Raies+	<i>Mobula rochebrunei</i>			
5 Raies+	<i>Raja clavata</i>	Raie bouclée		
5 Raies+	<i>Raja miraletus</i>	Raie miroir	Raies	sans groupe
5 Raies+	<i>Raja straelini (1)</i>	Raie tachetée		
5 Raies+	<i>Rhinobatos albomaculatus</i>	(1)	Raies	
5 Raies+	<i>Rhinobatos cemiculus</i>	Poisson-guitare fousseur	Raies	
5 Raies+	<i>Rhinobatos rhinobatos</i>	Poisson-guitare commun	Raies	
5 Raies+	<i>Rhinoptera bonasus</i>	Mourine américaine		
5 Raies+	<i>Rhinoptera marginata (1)</i>	Mourine (Raie)	Raies	
5 Raies+	<i>Rhynchobatus luebberti</i>	Poisson-paille africain	Raies	
5 Raies+	<i>Squatina oculata</i>	Ange de mer ocellé		
5 Raies+	<i>Torpedo marmorata</i>	Torpille marbrée		
5 Raies+	<i>Torpedo torpedo</i>	Torpille ocellée		
5 Raies+	<i>Urogymnus asperrimus</i>			
5 Raies+	<i>Zanobatus schoenleinii</i>		Raies	
6 Requins+	<i>Alopias superciliosus</i>	Renard à gros yeux	requins	
6 Requins+	<i>Alopias vulpinus</i>	Renard	requins	
6 Requins+	<i>Carcharhinus altimus</i>	Requin babosse	requins	
6 Requins+	<i>Carcharhinus falciformis</i>	Requin soyeux	requins	
6 Requins+	<i>Carcharhinus leucas</i>	Requin bouledogue	requins	
6 Requins+	<i>Carcharhinus limbatus</i>	Requin bordé	requins	
6 Requins+	<i>Carcharhinus longimanus</i>	Requin océanique	requins	
6 Requins+	<i>Centrophorus granulosus(1)</i>	Squale-chagrin commun	requins	pente continentale
6 Requins+	<i>Galeocerdo cuvier</i>	Requin tigre commun	requins	
6 Requins+	<i>Galeus polli</i>	Chien râpe		pente continentale

6	Requins+	Ginglymostoma cirratum	Requin nourrice	requins	
6	Requins+	Leptocharias smithii	Emissole barbue	requins	
6	Requins+	Mustelus mustelus	Émissole lisse	requins	sans groupe
6	Requins+	Paragaleus pectoralis	Milandre jaune		sans groupe
6	Requins+	Prionace glauca	Peau bleue	requins	
6	Requins+	Pristis pectinata	Poisson-scie tident		
6	Requins+	Pteromylaeus bovinus	Aigle-vachette		
6	Requins+	Rhizoprionodon acutus	Requin à museau pointu	requins	sans groupe
6	Requins+	Sphyrna lewini	Requin-marteau halicorne	requins	
6	Requins+	Sphyrna mokarran (1)	Grand requin-marteau	requins	
6	Requins+	Sphyrna zygaena	Requin-marteau commun	requins	
6	Requins+	Squalus blainville	Aiguillat coq	requins	
6	Requins+	Squalus megalops (1)	Aiguillat nez court		
7	Grands Pélagiques	Ablennes hians	Orphie plate		
7	Grands Pélagiques	Acanthocybium solandri (1)	Thazard-bâtard	thons mineurs	
7	Grands Pélagiques	Albula vulpes	Banane de mer	banane de mer	
7	Grands Pélagiques	Alectis ciliaris	Cordonnier fil		
7	Grands Pélagiques	Auxis rochei rochei	Bonitou		
7	Grands Pélagiques	Auxis thazard thazard	Auxide	thons mineurs	
7	Grands Pélagiques	Chloroscombrus chrysurus	Sapater	sapater	
7	Grands Pélagiques	Coryphaena hippurus	Coryphène commune		
7	Grands Pélagiques	Elops lacerta	Guinée copace	banane de mer	
7	Grands Pélagiques	Euthynnus alletteratus	Thonine commune	thons mineurs	
7	Grands Pélagiques	Istiophorus albicans	Voilier de l'Atlantique	Espadons makaires	
7	Grands Pélagiques	Katsuwonus pelamis	Bonite à ventre rayé	thons majeurs	
7	Grands Pélagiques	Makaira indica	Makaire noir	Espadons makaires	
7	Grands Pélagiques	Makaira nigricans	Makaire bleu de l'Atlantique	Espadons makaires	
7	Grands Pélagiques	Megalops atlanticus	Tarpon argenté		
7	Grands Pélagiques	Mola mola	Poisson-lune		
7	Grands Pélagiques	Orcynopsis unicolor (1)	Palomette	thons mineurs	
7	Grands Pélagiques	Pomatomus saltatrix	Tassergal	tassergal	
7	Grands Pélagiques	Sarda sarda	Bonite à dos rayé	thons mineurs	
7	Grands Pélagiques	Scomberomorus tritor	Thazard blanc	thons mineurs	
7	Grands Pélagiques	Strongylura senegalensis	Aiguillette sénégalaise		
7	Grands Pélagiques	Thunnus alalunga	Germon	thons majeurs	
7	Grands Pélagiques	Thunnus albacares	Albacore	thons majeurs	
7	Grands Pélagiques	Thunnus obesus	Thon obèse	thons majeurs	
7	Grands Pélagiques	Xiphias gladius	Espadon	Espadons makaires	
8	Barracudas+	Sphyrna fra	Bécune guinéenne	barracudas	
8	Barracudas+	Sphyrna barracuda (1)		barracudas	
8	Barracudas+	Sphyrna guachancho	Bécune guachanche	barracudas	
8	Barracudas+	Sphyrna sphyraena (1)	Bécune européenne	barracudas	
9	Carangues	Alectis alexandrinus	Cordonnier bossu	carangues	
9	Carangues	Caranx crysos	Carangue coubali	carangues	
9	Carangues	Caranx hippos	Carangue crevalle	carangues	
9	Carangues	Caranx senegallus	Carangue du Sénégal	carangues	
9	Carangues	Hemicaranx bicolor (1)		carangues	
9	Carangues	Lichia amia	Liche	carangues	
9	Carangues	Selene dorsalis	Musso africain	carangues	
9	Carangues	Seriola carpenteri	Sériole guinéenne	carangues	
9	Carangues	Seriola dumerili (1)	Sériole couronnée	carangues	
9	Carangues	Trachinotus maxillosus		carangues	
9	Carangues	Trachinotus ovatus	Palomine	carangues	
9	Carangues	Trachinotus teraia	Pompaneau né-bé	carangues	
9	Carangues	Uraspis secunda	Carangue coton	carangues	
10	Chinchards+	Decapterus macarellus (1)			
10	Chinchards+	Decapterus punctatus	Comète quiaquia	chinchards	
10	Chinchards+	Decapterus rhonchus (1)		chinchards	
10	Chinchards+	Scomber japonicus	Maquereau espagnol	maquereau	
10	Chinchards+	Selar crumenophthalmus	Selar coulisou	chinchards	
10	Chinchards+	Trachurus trachurus (1)	Chincard commun	chinchards	
10	Chinchards+	Trachurus trecae	Chinchard du Cunène	chinchards	
11	Ethmalose	Ethmalosa fimbriata	Ethmalose d'Afrique	ethmalose	
12	Sardinelles+	Engraulis encrasicolus	Anchois	autres pelagiques	
12	Sardinelles+	Ilisha africana	Alose rasoir	rasoir	Sciaenid.estuaires
12	Sardinelles+	Sardinella aurita	Allache	Sardinelles divers	
12	Sardinelles+	Sardinella maderensis	Grande allache	Sardinelles divers	
13	Bobo	Pseudolithus elongatus	Otolithe bobo	bobos	Sciaenid.estuaires
14	Bars+	Pseudolithus epipercus	Otolithe guinéen	carpes noires	Sciaenid.estuaires
14	Bars+	Pseudolithus moorii	Otolithe camerouonais	carpes noires	Sciaenid.estuaires

14	Bars+	<i>Pseudolithus senegalensis</i>	Otolithe sénégalais	bars divers	Sciaenides côtiers
14	Bars+	<i>Pseudolithus senegallus</i>	Otolithe gabo	bars divers	Sciaenides côtiers
14	Bars+	<i>Pseudolithus typus</i>	Otolithe nanka	bars divers	Sciaenid.estuaires
15	Petit capitaine	<i>Galeoides decadactylus</i>	Petit capitaine	petit capitaine	Sciaenides côtiers
16	Gros capitaine	<i>Polydactylus quadrifilis</i>	Gros capitaine	gros capitaine	Sciaenid.estuaires
17	Capitaine royal	<i>Pentanemus quiqui(s)</i> -1406(Capi)]TJ27.0677 0 TD-.0003 Tc-.0003 Tw[(tain)-11(e ro)-10.1(yal)-8248.1(capitaine ro)-1			
18	Dorades+	<i>Dentex maroccanus</i>	Denté du Maroc	Dentes	
18	Dorades+	<i>Pagellus bellottii bellottii</i>	Pageot à tache rouge	doras diverses	Sparidés euryther.
18	Dorades+	<i>Pagrus auriga</i>	Pagre rayé		
18	Dorades+	<i>Pagrus caeruleostictus</i>	Pagre à points bleus	dorades diverses	Sparidés euryther.
18	Dorades+	<i>Sparus auratus</i> (1)	Dorade		
18	Dorades+	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Dorade grise	dorades diverses	
19	Machoirons	<i>Arius gigas</i>	Mâchoiron géant	Machoirons	
19	Machoirons	<i>Arius heudelotii</i>	Mâchoiron banderille	Machoirons	Sciaenides côtiers

23	Démersaux pisc.G	Ophichthus ophis	Serpenton tacheté		
23	Démersaux pisc.G	Pachymetodon blochii (1)	Hottento		
23	Démersaux pisc.G	Paraconger notialis	Congre de Guinée		
23	Démersaux pisc.G	Psettodes belcheri	Turbot épineux tacheté	turbot	
23	Démersaux pisc.G	Rachycentron canadum		autres demersaux	
23	Démersaux pisc.G	Trichiurus lepturus	Poisson sabre commun/ceinture	ceinture	sans groupe
23	Démersaux pisc.G	Zenopsis conchifer	Saint Pierre argenté		Sparides typiques
23	Démersaux pisc.G	Zeus faber	Saint Pierre	autres demersaux	Sparides typiques
24	Démersaux pisc.MP	Antennarius pardalis			
24	Démersaux pisc.MP	Anthias anthias	Barbier-hirondelle		
24	Démersaux pisc.MP	Apogon imberbis	Coq		
24	Démersaux pisc.MP	Arnoglossus imperialis	Arnoglosse impérial		
24	Démersaux pisc.MP	Aulopus cadenati	Limbert guinéen		
24	Démersaux pisc.MP	Aulopus filamentosus (1)			
24	Démersaux pisc.MP	Batrachoides liberiensis	Crapaud poilu		
24	Démersaux pisc.MP	Bembrops greyi	Platête de Guinée		
24	Démersaux pisc.MP	Bembrops heterurus	Platête commun		Sparides typiques
24	Démersaux pisc.MP	Bodianus speciosus			
24	Démersaux pisc.MP	Chlorophthalmus agassizi	Verdocil nez court		Sparides typiques
24	Démersaux pisc.MP	Citharus linguatula	Feuille		
24	Démersaux pisc.MP	Eucinostomus melanopterus	Blanche drapeau	autres demersaux	Sciaenides côtiers
24	Démersaux pisc.MP	Gymnothorax mareei	Murène cobra		
24	Démersaux pisc.MP	Halobatrachus didactylus	Crapaud		
24	Démersaux pisc.MP	Lophiodes kempfi	Baudroie épineuse		
24	Démersaux pisc.MP	Lophius vaillanti	Baudroie africaine		
24	Démersaux pisc.MP	Naucrates ductor	Poisson pilote		
24	Démersaux pisc.MP	Pontinus accraensis			
24	Démersaux pisc.MP	Priacanthus arenatus	Beauclaire soleil	beauclaire	Sparides typiques
24	Démersaux pisc.MP	Pteroscion peli	Courbine pélin	autres demersaux	Sciaenid.estuaires
24	Démersaux pisc.MP	Rypticus saponaceus	Grand savon		
24	Démersaux pisc.MP	Scorpaena angolensis	Rascasse d'Angola		
24	Démersaux pisc.MP	Scorpaena elongata	Rascasse rose	autres demersaux	
24	Démersaux pisc.MP	Scorpaena scrofa (1)	Truie		
24	Démersaux pisc.MP	Scorpaena stephanica	Rascasse à nageoires tachetées	autres demersaux	
24	Démersaux pisc.MP	Serranus accraensis			Sparides typiques
24	Démersaux pisc.MP	Serranus cabrilla	Serran chèvre		
24	Démersaux pisc.MP	Solitas gruveli	Platycephale de Guinée		
24	Démersaux pisc.MP	Sphoeroides pachygaster	Compère émoussé		
24	Démersaux pisc.MP	Stromateus fiatola			
24	Démersaux pisc.MP	Synodus saurus	Poisson-lézard de l'Atlantique		
24	Démersaux pisc.MP	Synodus synodus (1)	Anoli commun		
24	Démersaux pisc.MP	Trachinocephalus myops	Anoli serpent		
24	Démersaux pisc.MP	Trachinus armatus	Vive guinéenne		
24	Démersaux pisc.MP	Uranoscopus cadenati (1)			
24	Démersaux pisc.MP	Uranoscopus polli		autres demersaux	Sparides typiques
25	Démersaux inv.GM	Balistes carolinensis		balistes	Sparidés euryther.
25	Démersaux inv.GM	Balistes punctatus	Baliste à taches bleues	balistes	Lutjanides
25	Démersaux inv.GM	Balistes vetula	Baliste royal	balistes	Sparidés euryther.
25	Démersaux inv.GM	Boops boops	Bogue		Sparides typiques
25	Démersaux inv.GM	Bothus podas	Rombou podas		
25	Démersaux inv.GM	Chelidonichthys gabonensis		autres demersaux	
25	Démersaux inv.GM	Chelidonichthys lastoviza	Grondin camard	autres demersaux	
25	Démersaux inv.GM	Dactylopterus volitans	poule de mer	poule de mer	Sparidés euryther.
25	Démersaux inv.GM	Diodon hystrix			
25	Démersaux inv.GM	Diplodus puntazzo	Sar à museau pointu		
25	Démersaux inv.GM	Echeneis naucrates	Rémora commun		
25	Démersaux inv.GM	Lepidotrigla cadmani	Grondin écailleux		Sparides typiques
25	Démersaux inv.GM	Peristedion cataphractum			Sparides typiques
25	Démersaux inv.GM	Plectorhinchus macrolepis	Diagramme à grosse lèvres	Diagramme	
25	Démersaux inv.GM	Plectorhinchus mediterrann.	(1) Diagramme gris		Sparidés euryther.
25	Démersaux inv.GM	Pseudupeneus prayensis	Rouget du Sénégal	rouget	Sparidés euryther.
25	Démersaux inv.GM	Umbrina canariensis	Ombrine bronze		
25	Démersaux inv.GM	Umbrina ronchus	Ombrine fusca		
25	Démersaux inv.GM	Xyrichtys novacula	Donzelle lame		
26	Démersaux inv.P	Abudefduf saxatilis			
26	Démersaux inv.P	Antigonia capros	Sanglier chevette		Sparides typiques
26	Démersaux inv.P	Ariomma bondi	Ariomme grise		Sparides typiques
26	Démersaux inv.P	Brachydeuterus auritus	Lippu pelon	pelon	Sciaenides côtiers
26	Démersaux inv.P	Chaetodipterus goreensis	(1) Chèvre de mer	disques divers	
26	Démersaux inv.P	Chaetodipterus lippei	Chèvre de Mer Noire	disques divers	

26	Démersaux inv.P	Chaetodon hoeferi	Papillon à quatre bandes	Lutjanides
26	Démersaux inv.P	Chilomycterus spinosus mauretanicus	Porc-épic de Guinée	
26	Démersaux inv.P	Chromis chromis	Castagnole	
26	Démersaux inv.P	Drepane africana	Forgeron ailé	disques divers Sciaenides côtiers
26	Démersaux inv.P	Gerres nigri	Friture rayée	
26	Démersaux inv.P	Lepidotrigla carolae	Grondin de carole	Sparides typiques
26	Démersaux inv.P	Oblada melanura	Oblade	
26	Démersaux inv.P	Sphoeroides spengleri		
26	Démersaux inv.P	Spicara alta	Picarel à gros yeux	autres demersaux Sparides typiques
26	Démersaux inv.P	Stephanolepis hispidus		
26	Démersaux inv.P	Syacium micrurum (1)	Rombou de canal	Sparides typiques
26	Démersaux inv.P	Synagrops microlepis	Maconde lèvres mince	Sparides typiques
26	Démersaux inv.P	Synchiropus phaeton		
27	Bathy-dém pisc.	Epigonus telescopus (1)		pente continentale
27	Bathy-dém pisc.	Gephyroberyx darwinii	Hoplostète de Darwin	pente continentale
27	Bathy-dém pisc.	Hoplostethus mediterraneus mediterr.	Hoplostète argenté	pente continentale
27	Bathy-dém pisc.	Merluccius polli	Merlu d'Afrique tropicale	pente continentale
27	Bathy-dém pisc.	Merluccius senegalensis	Merlu du Sénégal	
27	Bathy-dém pisc.	Pontinus kuhlii	Rascasse du large	
28	Bathy-dem inv.	Caelorhynchus caelorhynchus caelorhynchus (1)		pente continentale
28	Bathy-dem inv.	Chascanopsetta lugubris		pente continentale
28	Bathy-dem inv.	Chounax pictus (1)		pente continentale
28	Bathy-dem inv.	Dibranchius atlanticus		
28	Bathy-dem inv.	Pterothrissus belloci	Banane gisu	
28	Bathy-dem inv.	Setarches guentheri (1)		pente continentale
28	Bathy-dem inv.	Synagrops bellus		pente continentale
28	Bathy-dem inv.	Trigla lyra	Grondin lyre	autres demersaux pente continentale
29	Crustacés	Aristeus antennatus		crevettes
29	Crustacés	Aristeus varidens		crevettes
29	Crustacés	Calappa rubroguttata		crabe
29	Crustacés	Callanthias ruber		crabe
29	Crustacés	Callinectes amnicola		crabe
29	Crustacés	Callinectes pallidus		crabe
29	Crustacés	Cronius ruber		crabe
29	Crustacés	Geryon maritae	Geryon	crabes pente continentale
29	Crustacés	Heterocarpus laevigatus		crevettes pente continentale
29	Crustacés	Metapenaeus monoceros		crevettes
29	Crustacés	Nematocarcinus africanus		crabe
29	Crustacés	Palinurus regius		Langoustes, cigales
29	Crustacés	Parapenaeopsis atlantica		
29	Crustacés	Parapenaeus atlanticus		crevettes Sciaenid.estuaires
29	Crustacés	Parapenaeus longirostris		crevettes
29	Crustacés	Penaeus japonicus		crevettes
29	Crustacés	Penaeus kerathurus		crevettes
29	Crustacés	Penaeus notialis		crevettes sans groupe
29	Crustacés	Plesiopenaeus edwardsianus		crevettes
29	Crustacés	Portunus validus		crabes
29	Crustacés	Scyllarides herklostii		Langoustes, cigales
30	Cephalopodes	Arca	Bivalve	Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Charonia lampas rubicunda	Gastéropode	Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Cymbium pepo		Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Haliotis	Ormeaux	Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Illex coindetii		Calmars
30	Cephalopodes	Murex	Gasteropode	Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Octopus vulgaris		Poulpes
30	Cephalopodes	Ommastrephes bartramii		Calmars
30	Cephalopodes	Paphies australis	Bivalve	Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Ruditapes decussatus	Palourde	Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Sepia officinalis		seiches sans groupe
30	Cephalopodes	Tapes pullastra	Pallourde	Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Teuthida		Calmars
30	Cephalopodes	Todarodes sagittatus		Calmars
30	Cephalopodes	Todaropsis eblanae	Calmar	Calmars
30	Cephalopodes	Veneridae		Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Zidona dufresnei	Gastéropode	Bivalves et gasteropodes
30	Cephalopodes	Zygochlamys patagonica	Pétoncle	Bivalves et gasteropodes

(1) Espèces antérieurement non signalées comme présentes en Guinée dans FishBase

Annexe 2 – Liste des corrections de noms d'espèces prise en compte dans les fichiers CNSHB (noms mal enregistrés ou noms obsolètes)

Noms erronés	Noms valides
Aluterus punctulatus	Aluterus schoepfii
ARIUS HEUDELOTI	Arius heudelotii
Auxis thazard	Auxis thazard thazard
Baliste capriscus	Balistes carolinensis
Balistes apriscus	Balistes carolinensis
BALISTES CAPRISCUS	Balistes carolinensis
Cephalacanthus volitans	Chaetodipterus goreensis
Chelidonichthys lastiviza	Chelidonichthys lastoviza
CHLOROPHTHALMUS ATLANTICUS	Chlorophthalmus agassizi
DICOLOGLOSSA CUNEATA	Dicologlossa cuneata
Epinephelus alexandrinus	Epinephelus fasciatus
EPINEPHELUS GUAZA	Epinephelus marginatus
Hypoclidonia bella	Synagrops bellus
Merluccius cadenati	Merluccius polli
Neanthias accraensis	Serranus accraensis
PAGELLUS BELLOTTII	Pagellus bellottii bellottii
Pagrus pagrus	Pagrus caeruleostictus
PLECTORHYNCHUS MACROLEPIS	Plectorhinchus macrolepis
PLECTORHYNCHUS MEDITERRANEUS	Plectorhinchus mediterraneus
Pomadasys peroteti	Pomadasys perotaei
POMADASYS ROGERI	Pomadasys rogerii
PSEUDOTOLITHUS BRACHYGNATHUS	Pseudotolithus senegallus
Pseudotolithus hostia moori	Pseudotolithus moorii
Smaris macropthalmus	Spicara alta
SPARUS AURIGA	Pagrus auriga
SPARUS CAERULEOSTICTUS	Pagrus caeruleostictus
Uraspis helvola	Uraspis secunda
Caranx rhonchus (1)	Decapterus rhonchus
Ehippus goreensis (1)	Chaetodipterus goreensis

(1) Nom scientifiquement valide mais détermination généralement erronée

Annexe 3 – Clés d'affectation des différentes catégories statistiques aux groupes fonctionnels Ecopath, pour la pêche industrielle (tableau de gauche) et la pêche artisanale (tableau de droite)

Code Stat. p.ind.	Catégorie statistique pêche industrielle	Groupe Ecopath	Code Stat. p.art.	Catégorie statistique pêche artisanale	Code Stat. p.ind	Groupe Ecopath
1	chinchards	Chinchards+	AAL	Alectis alexandrinus	2	Carangues
2	carangues	Carangues	ALA	Arius latiscutatus	29	Machoirons
3	maquereau	Chinchards+	ARI	Arius spp	29	Machoirons
4	Sardinelles diverses	Sardinelles+	BAU	Brachydeuterus auritus	18	Démersaux inv.P
7	ethmalose	Ethmalose	CCH	Chloroscombrus chrysurus	16	Grands Pélagiques
8	barracudas	Barracudas	CCR	Caranx crysos	2	Carangues
9	tassergal	Grands Pélagiques	CHI	Caranx hippos	2	Carangues
10	thons majeurs	Grands Pélagiques	CSU	Caranx senegallus	2	Carangues
11	thons mineurs	Grands Pélagiques	CYN	Cynoglossus spp	30	Soles+
12	Espadons et makaires	Grands Pélagiques	DAF	Drepane africana	36	Démersaux inv.P
13	autres pelagiques	Sardinelles+	DAS	Dasyatis spp	50	Raies+
14	mulets	Mulets+	DMA	Dasyatis margarita	50	Raies+
15	banane de mer	Grands Pélagiques	EAE	Epinephelus aeneus	32	Démersaux pisc.G
16	sapater	Grands Pélagiques	EFI	Ethmalosa fimbriata	7	Ethmalose
17	rasoir	Sardinelles+	EGO	Epinephelus goreensis	32	Démersaux pisc.G
18	pelon	Démersaux inv.P	ELA	Elops lacerta	15	Grands Pélagiques
19	ceinture	Démersaux pisc.G	EME	Eucinostomus melanopterus	48	Bathy-dem inv
20	capitaine royal	Capitaine royal	GDE	Galeoides decadactylus	21	Petit capitaine
21	petit capitaine	Petit capitaine	IAF	Ilisha africana	17	Sardinelles+
22	gros capitaine	Gros capitaine	LAT	Lethrinus atlanticus	34	Grondeurs+
23	carpes noires	Bars+	LIZ	Liza spp	14	Mulets+
24	bobu	Bobu	LSU	Lobotes surinamensis	48	Bathy-dem inv.
25	bars divers	Bars+	LUT	Lutjanus spp	33	Démersaux pisc.G
29	Machoirons	Machoirons	MCE	Mugil cephalus	14	Mulets+
30	soles	Soles+	MEL	Mélange	?	Démersaux inv.GM
31	turbot	Démersaux pisc.G	PBE	Pagellus bellottii bellottii	39	Dorades+
32	mérus	Démersaux pisc.G	PBR	Pseudolithus senegallus	25	Bars+
33	carpes rouges	Démersaux pisc.G	PEL	Pseudolithus elongatus	24	Bobu
34	empereur	Grondeurs+	PEP	Pseudolithus epipercus	23	Bars+
35	Grondeurs	Grondeurs+	PHO	Pseudolithus moorii	23	Bars+
36	disques divers	Démersaux inv.P	PJU	Pomadasys jubelini	35	Grondeurs+
39	Dentes	Dorades+	PMA	Plectorhinchus macrolepis		Démersaux inv.GM
43	rouget	Démersaux inv.GM	PQA	Polydactylus quadrifilis	22	Gros capitaine
44	poule de mer	Démersaux inv.GM	PQI	Pentanemus quinquarius	20	Capitaine royal
45	beauclair	Démersaux pisc.MP	PRI	Pristis sp	51	Requins+
46	compères	Démersaux pisc.G	PSE	Pseudolithus senegalensis	25	Bars+
47	balistes	Démersaux inv.GM	PTY	Pseudolithus typus	25	Bars+
48	autres demersaux	Bathy-dem inv.	RCA	Rachycentron canadum	48	Bathy-dem inv.
50	Raies	Raies+	REQ	Requins spp	51	Requins+
51	requins	Requins+	RHI	Rhinobatos spp	50	Raies+
52	crabes	Crustacés	RMA	Rhinoptera marginata	50	Raies+
53	crabes	Crustacés	SCA	Pagrus caeruleostictus	39	Dorades+
54	Langoustes et cigale	Crustacés	SDO	Selene dorsalis	2	Carangues
55	Calmars	Cephalopodes	SMA	Sardinella maderensis	4	Sardinelles+
56	Poulpes	Cephalopodes	SSP	Sphyræna spp	8	Barracudas
57	seiches	Cephalopodes	STR	Scomberomorus tritor	11	Grands Pélagiques
58	Bivalves et gasteropodes	Cephalopodes	TLE	Trichiurus lepturus	19	Démersaux pisc.G
PMA	Diagramme	Démersaux inv.GM				

Annexe 4 – Caractéristiques des campagnes de chalutage scientifiques prises en compte pour le calcul des biomasses des groupes démersaux

	Année	Nom de campagne	Code campagne	Navire océanographique	Saison	Capture totale (Kg)	Nombre de traits
1	1985	Chagui1	AN8503DM	André Nizery	Sèche	21 631	81
2	1985	Chagui2	AN8510DM	André Nizery	Humide	19 263	80
3	1986	Chagui3	AN8603DM	André Nizery	Sèche	21 289	90
4	1986	Chagui4	AN8610DM	André Nizery	Humide	24 082	80
5	1987	Chagui5	AN8711DM	André Nizery	Sèche	18 396	79
6	1988	Chagui6	AN8804DM	André Nizery	Sèche	24 517	88
7	1988	Chagui7	AN8809DM	André Nizery	Humide	17 703	90
8	1989	Chagui8	AN8909DM	André Nizery	Humide	22 558	75
9	1989	Chagui9	AN8911DM	André Nizery	Sèche	22 211	76
10	1990	Chagui10	AN9004DM	André Nizery	Sèche	7 743	25
11	1990	Chagui11	AN9007DM	André Nizery	Humide	13 550	65
12	1991	Chagui12	AN9101DM	André Nizery	Sèche	12 195	65
13	1991	Chagui13	AN9103DM	André Nizery	Sèche	19 277	80
14	1991	Chagui14	AN9106DM	André Nizery	Humide	15 624	80
15	1991	Chagui15	AN9109DM	André Nizery	Humide	14 377	80
16	1991	Chagui16	AN9111DM	André Nizery	Sèche	15 155	69
17	1992	Chagui17	AN9201DM	André Nizery	Sèche	13 699	80
18	1992	Chagui18	AN9204DM	André Nizery	Sèche	13 203	80
19	1995	Chagui19	AN9502DM	André Nizery	Sèche	12 892	96
20	1997	Guidem01	AT9703DM	Antéa	Sèche	17 442	110
21	1997	Guidem02	AT9709DM	Antéa	Humide	20 587	95
22	1998	Guidem03	AT9809DM	Antéa	Humide	22 346	91
23	2002	FAC II	G_AW0209D	AL-AWAM	Humide	22 405	120
24	2004	Guidem04	GLC-D0412	GLC	Sèche	18 112	96
25	2006	Guidem06	GLC0406	GLC	Sèche	19 351	109

Annexe 5 – Profils de répartition bathymétrique des différents groupes démersaux : estimation des biomasses annuelles par strates (en tonnes ; valeurs moyennes des campagnes 2002-06), et fraction de la biomasse présente dans les strates 0 à 30 m.

	0-10 m	10-15 m	15-20 m	20-30 m	30-40 m	40- 100 m	100- 200 m	TOTAL	Fraction 0-30 m
<i>Surface chalutée(km²)</i>	2,21	2,52	1,85	2,56	1,66	1,38	0,54		
<i>surface strate (km²)</i>	6700	2165	3025	10123	8011	10679	2267	42 969	0,51
5 Raies+	1 753	597	1 137	6 117	3 373	1 910	448	15 334	0,63
13 Bobo	1 587	1 486	63	870	0	0	0	4 006	1,00
14 Bars+	6 788	1 235	877	317	0	0	0	9 217	1,00
15 Petit capitaine	3 093	1 840	1 696	1 383	372	0	0	8 384	0,96
16 Gros capitaine	420	1 164	209	0	0	0	0	1 794	1,00
17 Capitaine royal	2 178	150	161	37	0	0	0	2 526	1,00
18 Dorades+	428	248	831	8 150	8 463	11 253	0	29 372	0,33
19 Machoirons	9 147	1 281	3 863	1 477	0	0	0	15 768	1,00
20 Mulets+	0	34	101	1 453	4 559	7 134	0	13 282	0,12
21 Grondeurs+	442	137	524	922	1 215	617	0	3 857	0,52
22 Soles+	11 418	1 247	608	844	71	508	0	14 695	0,96
23 Démersaux pisc.G	2 765	896	2 342	5 814	2 887	1 928	459	17 091	0,69
24 Démersaux pisc.MP	1 125	235	308	1 488	2 116	13 593	3 729	22 594	0,14
25 Démersaux inv.GM	87	369	349	9 210	8 882	14 021	1 371	34 288	0,29
26 Démersaux inv.P	5 380	1 647	2 079	25 004	4 158	4 838	3 792	46 897	0,73
Total	46 610	12 565	15 147	63 086	36 096	55 801	9 800	239 105	0,58

Annexe 6 – Paramètres de calage des capturabilités et des biomasses pour les groupes démersaux

	Captura- bilité 1985	Efficacité Chagui/ Guidem	Biomasse 1985 (tonnes)	Biomasse 2004 (tonnes)	Mortalité F 1985 (an ⁻¹)	Mortalité F 2004 (an ⁻¹)
5 Raies+	0,8	1,0	29 143	16 606	0,02	0,09
13 Bobo	0,25	0,5	53 849	21 878	0,05	0,51
14 Bars+	0,5	1,0	37 328	11 123	0,08	0,52
15 Petit capitaine	0,8	1,5	15 025	8 485	0,05	0,39
16 Gros capitaine	0,25	0,7	9 500	2 333	0,05	0,51
17 Capitaine royal	0,8	1,0	5 391	2 929	0,15	0,16
18 Dorades+	0,5	1,5	60 573	20 602	0,03	0,22
19 Machoirons	0,18	1,0	41 142	19 850	0,04	0,47
20 Mulets+	0,2	1,0	9 172	17 849	0,06	0,14
21 Grondeurs+	0,8	1,0	16 635	4 040	0,05	0,41
22 Soles+	0,1	2,0	11 738	12 198	0,13	0,37
25 Démersaux inv.GM	0,5	1,0	66 358	36 669	0,00	0,05
26 Démersaux inv.P	0,5	1,0	44 201	36 485	0,01	0,03
23 Démersaux pisc.G	0,5	1,0	23 936	22 078	0,04	0,09
24 Démersaux pisc.MP	0,5	1,0	79 452	33 180	0,00	0,02
Total démersaux			503 441	266 306	0,03	0,19

Annexe 7 – Matrice des régimes alimentaires des 35 groupes fonctionnels. Valeurs 2004 après équilibrage du modèle (et valeurs 1985 entre parenthèses, lorsqu'elles sont différentes)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Baleines															
2 Dauphins						0,001									
3 Tortues															
4 Oiseaux															
5 Raies+						0,027		0,003	0,006						
6 Requins+						0,006									
7 Grands pélagiques		0,009		0,010	0,019	0,082	0,046	0,021	0,004						
8 Barracudas+		0,004		0,004		0,030		0,002							
9 Carangues		0,004		0,005		0,036		0,002	0,004						
10 Chinchards+	0,034	0,013		0,100	0,085	0,046	0,236 (0,200)	0,020	0,413	0,007					
11 Ethmalose		0,006		0,069	0,062	0,006	0,060	0,119	0,041				0,044	0,063	0,133
12 Sardinelles+	0,034	0,013		0,099	0,107	0,086 (0,070)	0,130 (0,123)	0,423	0,201	0,006			0,102	0,136	0,133
13 Bobo		0,020			0,008 (0,015)	0,050 (0,060)	0,010 (0,020)	0,020	0,004				0,007 (0,012)	0,011 (0,028)	
14 Bars+		0,020			0,004 (0,010)	0,030 (0,045)	0,003 (0,010)	0,010	0,010				0,004 (0,010)	0,007 (0,017)	
15 Petit capitaine		0,003			0,010		0,010 (0,005)	0,002					0,006	0,009	
16 Gros capitaine					0,001	0,020	0,001 (0,007)	0,010							
17 Capitaine royal		0,004			0,002			0,003	0,005				0,003	0,005	
18 Dorades+					0,030 (0,040)	0,034	0,010 (0,046)	0,040	0,042						
19 Machoirons					0,005	0,006		0,008					0,017 (0,020)	0,025	
20 Mulets+		0,001		0,020	0,022 (0,008)	0,005 (0,001)	0,015 (0,010)	0,012					0,013 (0,001)	0,037 (0,015)	
21 Grondeurs+		0,001		0,001	(0,010)	0,010	0,001 (0,004)	0,007	0,002 (0,010)				0,001 (0,002)	0,004	
22 Soles+		0,003		0,009	0,005	0,015 (0,010)		0,018					0,006	0,015	
23 Démersaux pisc.G					0,017	0,015	0,008	0,040					0,010	0,012	
24 Démersaux pisc.MP		0,022		0,032	0,020 (0,080)	0,040	0,030 (0,052)	0,050	0,041				0,020	0,020	0,030
25 Démersaux inv.GM		0,010		0,030	0,025	0,020	0,047	0,046	0,030					0,010	0,050
26 Démersaux inv.P	0,023	0,022		0,060	0,035 (0,020)	0,020	0,025	0,027	0,040				0,019 (0,016)	0,011	0,053
27 Bathy-dém pisc.	0,023				0,010	0,015	0,033								
28 Bathy-dem inv.	0,023	0,026			0,004	0,030	0,003		0,001						
29 Crustacés				0,079	0,082	0,064	0,035 (0,007)	0,021	0,043 (0,036)			0,031	0,464	0,385 (0,380)	0,401
30 Céphalopodes	0,039	0,621		0,044	0,088	0,140	0,193 (0,190)	0,087	0,102					0,010	
31 Benthos		0,068		0,276 (0,130)	0,194	0,091	0,022	0,005	0,004	0,028	0,150	0,086	0,120	0,120	0,120
32 Zooplancton grand	0,778		0,100	0,034	0,088	0,015	0,032	0,001	0,002	0,236		0,206	0,164	0,120	0,080
33 Zooplancton petit							0,023	0,001	0,002	0,502	0,350	0,282			
34 Producteurs prim.			0,900							0,101	0,500	0,204			
35 Détrit						0,044		0,002	0,004	0,020		0,191			
Import	0,046	0,130		0,128	0,077	0,015	0,027			0,100					

Annexe 7 – suite

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1																		
2																		
3								0,001										
4																		
5																		
6								0,005										
7																		
8																		
9																		
10			0,022						0,020						0,020			
11	0,044	0,197	0,003	0,136		0,026		0,034	0,069						0,017			
12		0,137	0,035			0,020		0,128	0,020			0,057			0,021			
13	0,020	0,020		0,020		0,023 (0,036)		0,005 (0,050)										
14	0,010			0,002 (0,015)		0,012		0,002 (0,040)	0,003									
15	0,010							0,005	0,002									
16																		
17	0,010			0,002 (0,010)				0,001 (0,005)										
18			0,030 (0,060)					0,010	0,015			0,006						
19	0,060							0,010 (0,040)										
20	0,002		0,001	0,016 (0,012)		0,015		0,012 (0,004)	0,002						0,002			
21			0,001 (0,002)	0,001 (0,010)		0,015		0,001 (0,006)										
22			0,005	0,020 (0,015)		0,026		0,010	0,001									
23						0,010		0,020										
24	0,077	0,030	0,040	0,060 (0,052)		0,026		0,035	0,020 (0,030)						0,020			
25	0,010	0,040	0,020	0,040				0,045 (0,022)	0,010						0,005			
26	0,030	0,040	0,020	0,040		0,040 (0,027)		0,062 (0,025)	0,070 (0,030)		0,010	0,006			0,005			
27			0,003						0,005			0,019			0,008			
28			0,005						0,018			0,010			0,010			
29	0,601	0,460	0,230 (0,200)	0,240	0,001	0,187	0,164	0,287 (0,267)	0,134 (0,174)	0,136	0,188	0,178	0,109	0,010	0,160			
30			0,051			0,010		0,095 (0,094)	0,020		0,020	0,062	0,001		0,010			
31	0,036		0,300	0,370	0,014	0,479	0,657	0,212 (0,159)	0,213	0,653	0,524	0,119	0,397	0,400	0,344	0,040		
32	0,090	0,076	0,048	0,040	0,107	0,065	0,089	0,022 (0,159)	0,169	0,091	0,080	0,198	0,319	0,200	0,185		0,040	
33			0,097		0,108			0,003	0,120	0,059	0,079	0,090	0,076	0,140	0,110	0,160	0,860	
34			0,004		0,487	0,045	0,090			0,045	0,079					0,020	0,050	0,900
35			0,058	0,013	0,284				0,089	0,016	0,020			0,250		0,780	0,050	0,100
			0,026									0,256	0,098		0,083			

Annexe 8 - Coefficients de vulnérabilité du modèle Ecosim, déterminés d'après l'ajustement sur les séries temporelles

Groupe Ecopath	Vulnérabilité
Baleines	2,00
Dauphins	2,00
Tortues	2,00
Oiseaux	2,00
Raies+	1,42
Requins+	1,51
Grands pélagiques	1,00
Barracudas+	1,00
Carangues	1,00
Chinchards+	2,00
Ethmalose	1,16
Sardinelles+	1,18
Bobo	2,32
Bars+	1,39
Petit capitaine	1,45
Gros capitaine	2,75
Capitaine royal	1,18
Dorades+	10,00
Machoirons	1,09
Mulets+	1,00
Grondeurs+	3,23
Soles+	1,00
Démersaux pisc.G	2,35
Démersaux pisc.MP	1,00
Démersaux inv.GM	2,00
Démersaux inv.P	1,00
Bathy-dém pisc.	1,00
Bathy-dem inv.	1,14
Crustacés	8,19
Céphalopodes	3,00
Benthos	1,00
Zooplancton grand	10,00
Zooplancton petit	10,00
Producteurs primaire	2,00

Annexe 9 - Nombre d'embarcations, captures totales et effort de pêche effectif de la pêche industrielle et de la pêche artisanale en Guinée

	Nombre d'embarcations		Captures totales (tonnes)		Effort effectif (multiplicateur 1985)	
	Navires industriels (1)	Pirogues artisanales (source)	Pêche Industrielle	Pêche Artisanale	mE pêche industriel	mE pêche artisanale
1975	7		2 989			
1976	16		5 771			
1977	29		10 427			
1978	53		20 185			
1979	60		21 272			
1980	73		25 075			
1981	64		21 016			
1982	56		18 475			
1983	71		24 754			
1984	65		21 621			
1985	48	1 000 Par hypoth. (cf. texte)	16 444	22 620	1,00	1,00
1986	67	1 197 Interpolation	22 038	27 076	1,44	1,28
1987	72	1 394 Interpolation (2)	23 693	31 532	1,59	1,60
1988	58	1 591 Interpolation	19 403	35 988	1,32	1,95
1989	38	1 788 Domalain, 1989	12 970	53 004	0,89	2,34
1990	93	2 004 Interpolation	30 488	45 331	2,25	2,81
1991	87	2 060 Interpolation	28 257	46 597	2,16	3,09
1992	70	2 266 Chavance et al. 1994	22 984	51 257	1,79	3,64
1993	116	2 172 Interpolation	40 897	49 131	3,06	3,73
1994	57	2 228 Interpolation	32 791	50 397	1,55	4,10
1995	84	2 343 CNSHB 1995	23 877	52 031	2,35	4,61
1996	82	2 358 CNSHB 1996	30 989	49 809	2,36	4,96
1997	157	2 561 CNSHB 1997	52 107	48 544	4,66	5,50
1998	146	2 361 CNSHB 1998	41 626	47 083	4,47	5,17
1999	112	2 361 CNSHB 1999	42 775	54 852	3,53	5,27
2000	183	2 564 CNSHB 2000	61 144	59 579	5,94	5,84
2001	183	2 832 Interpolation	67 262	71 579	6,12	6,58
2002	150	3 100 Interpolation	56 950	65 986	5,17	7,35
2003	166	3 368 Interpolation	51 180	91 438	5,89	8,14
2004	141	3 636 CNSHB 2004	41 965	57 229	5,15	8,97

(1) Navires titulaire d'une licence, hors licences thonières et palangrières - Sources : 1975-1990 FAO (1991, in Sidibé 2003) ; 1991 Direction Nationale des pêches (in Sidibé 2003) ; 1992-2004 CNSHB.

(2) Dont 601 à Conakry (in Chavance, 1999).

Annexe 10 – Estimation des captures annuelles par groupe écologique (en tonnes), pour les deux flottilles de Guinée : pêche industrielle et pêche artisanale.

Pêche industrielle

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Raies+	117	164	176	142	93	228	213	171	307	243	193	144	453	362	495	1 225	1 360	1 659	797	672
Requins+	52	72	77	62	41	100	93	75	135	107	116	67	165	132	113	182	156	171	69	89
Grands Pélagiques	1 246	824	895	1 038	938	1 041	710	819	1 197	1 279	1 177	1 820	1 630	1 978	2 122	2 420	2 636	2 027	3 219	3 695
Barracudas+	180	252	271	218	143	350	327	263	471	374	247	307	661	455	827	1 077	1 314	1 085	872	829
Carangues	211	294	316	254	167	408	382	307	550	437	223	401	794	521	777	1 625	1 891	723	628	1 680
Chinchards+	3 140	4 383	4 710	3 794	2 486	6 084	5 691	4 579	8 202	6 510	3 019	8 949	9 176	10 703	6 271	8 233	5 530	6 155	5 250	3 410
Ethmalose	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sardinelles+	579	808	868	699	458	1 121	1 049	844	1 511	1 200	207	1 850	1 839	2 231	1 795	2 777	5 981	5 299	6 359	6 200
Bobo	806	1 126	1 210	974	638	1 563	1 462	1 176	2 107	1 672	722	472	4 238	2 164	2 702	5 007	4 982	2 934	4 226	1 714
Bars+	1 328	1 854	1 992	1 605	1 051	2 573	2 407	1 937	3 469	2 753	1 765	1 701	5 476	2 440	3 366	5 649	5 550	3 862	3 190	619
Petit capitaine	578	807	868	699	458	1 121	1 048	843	1 511	1 199	829	990	2 075	1 182	1 798	3 288	5 001	4 316	2 959	2 457
Gros capitaine	38	54	58	46	30	74	70	56	100	80	131	21	106	138	272	194	117	326	155	76
Capitaine royal	3	4	5	4	2	6	6	5	8	7	15	3	4	5	42	19	150	122	352	25
Dorades+	536	748	804	647	424	1 038	971	781	1 400	1 111	857	1 091	1 660	1 926	2 987	3 319	2 941	2 843	3 142	3 060
Machoirons	502	701	753	607	398	973	910	733	1 312	1 041	752	934	1 696	1 318	1 318	3 916	2 713	1 977	1 515	988
Mulets+	33	46	49	39	26	63	59	48	85	68	33	25	161	42	65	118	138	118	104	98
Grondeurs+	640	893	960	773	507	1 240	1 160	933	1 672	1 327	991	1 115	2 203	1 792	1 395	2 354	2 366	1 930	1 566	1 174
Soles+	1 411	1 970	2 117	1 705	1 117	2 734	2 558	2 058	3 686	2 926	2 613	2 189	4 701	3 516	3 565	5 583	6 796	5 129	3 635	3 518
Démersaux pisc.G	616	859	923	744	487	1 193	1 116	898	1 608	1 276	752	936	2 456	1 330	1 576	2 705	2 646	2 135	1 520	1 194
Démersaux pisc.MP	197	275	295	238	156	382	357	287	515	408	207	154	966	398	485	764	863	760	658	607
Démersaux inv.GM	230	322	346	279	182	447	418	336	602	478	461	245	846	891	1 732	1 660	2 321	2 184	1 527	1 672
Démersaux inv.P	340	474	510	411	269	658	616	495	887	704	273	250	1 765	608	1 068	1 212	1 937	1 038	1 150	903
Bathy-dém pisc.	52	73	78	63	41	101	95	76	136	108	53	41	257	68	103	187	218	188	166	157
Bathy-dem inv.	46	64	68	55	36	88	83	67	119	95	47	36	225	59	90	164	191	165	145	137
Crustacés	578	806	866	698	457	1 119	1 047	842	1 509	1 197	1 084	1 096	1 709	1 331	1 217	2 274	2 436	2 276	1 424	1 127
Cephalopodes	2 986	4 168	4 479	3 608	2 364	5 785	5 412	4 354	7 799	6 191	7 109	6 151	6 845	6 035	6 596	5 190	7 028	7 528	6 553	5 862

Pêche artisanale

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Raies+	450	539	628	716	1 055	902	928	678	323	331	455	282	251	362	372	973	682	583	542	386
Requins+	329	394	458	523	771	659	677	495	236	242	273	225	223	381	113	344	391	478	339	105
Grands Pélagiques	142	170	197	225	332	284	292	379	419	430	623	377	283	526	731	939	1 137	1 181	1 451	555
Barracudas+	131	157	183	209	307	263	270	351	388	398	454	309	426	303	288	172	882	561	325	248
Carangues	88	106	123	140	207	177	182	236	261	268	251	272	276	331	327	263	1 169	577	413	262
Chinchards+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ethmalose	11 218	13 428	15 637	17 847	26 285	22 480	23 108	26 230	25 919	26 588	23 648	26 086	29 602	27 904	33 865	29 153	38 509	36 482	52 858	32 595
Sardinelles+	1 451	1 736	2 022	2 308	3 399	2 907	2 988	3 633	3 815	3 913	4 528	3 962	3 186	2 819	6 162	7 460	3 522	2 078	3 851	1 498
Bobo	1 839	2 202	2 564	2 926	4 310	3 686	3 789	3 754	3 201	3 284	3 664	3 383	2 752	2 786	2 147	4 034	5 178	7 104	9 789	7 717
Bars+	1 814	2 171	2 528	2 886	4 250	3 635	3 736	3 678	3 111	3 192	4 399	2 902	2 222	2 651	1 878	3 821	3 869	3 727	3 345	2 528
Petit capitaine	225	269	313	358	527	451	463	333	151	154	195	215	50	26	88	45	15	32	130	141
Gros capitaine	409	490	571	651	959	820	843	607	274	281	312	292	234	290	401	826	1 038	782	930	1 304
Capitaine royal	823	985	1 147	1 309	1 928	1 649	1 695	1 220	551	565	1 022	437	227	355	329	483	203	322	377	2

Annexe 11 – Estimation des biomasses par groupe écologique (en tonnes) d'après les données des campagnes de chalutage scientifique (Seules les années durant lesquelles une ou plusieurs campagnes ont été réalisées sont indiquées)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1995	1997	1998	2002	2004	2006
Raies+	19 560	38 727	60 841	52 872	20 489	25 694	36 216	23 258	14 059	4 719	7 771	19 952	31 634	7 066
Bobo	43 489	64 208	36 810	40 886	47 098	65 718	22 587	38 536	3 944	15 577	36 763	1 757	11 303	925
Bars+	34 661	39 995	29 828	30 674	50 825	50 547	22 747	26 769	10 685	12 729	16 208	8 954	12 753	6 575
Petit capitaine	18 312	11 737	9 337	17 571	9 354	19 670	14 900	7 674	4 506	6 019	12 715	12 811	7 098	5 550
Gros capitaine	12 732	6 268	3 926	5 406	3 930	8 780	2 476	8 498	66	3 247	2 831	1 029	3 448	608
Capitaine royal	4 633	6 149	4 432	5 068	8 119	15 301	4 731	4 656	2 058	5 337	4 203	1 446	3 058	3 010
Dorades+	75 903	73 183	32 632	19 437	25 774	14 117	19 680	16 111	26 565	20 122	15 973	20 511	16 749	34 493
Machoirons	43 229	39 055	52 098	30 375	35 583	71 010	38 887	41 674	9 416	20 409	34 336	15 313	25 412	4 340
Mulets+	9 981	8 364	572	2 215	550	5 537	58	135	6 078	6 978	22 080	34 980	7 845	6 491
Grondeurs+	24 591	8 678	14 265	10 417	27 973	13 919	8 789	10 821	14 653	10 204	10 899	3 295	4 784	4 088
Soles+	10 785	12 691	12 995	18 094	16 338	23 511	15 679	16 258	6 575	7 038	6 698	17 530	17 428	10 486
Démersaux inv.GM	17 228	115 488	10 019	6 959	639	12 872	1 520	1 468	8 629	19 455	9 061	103 021	17 451	17 143
Démersaux inv.P	43 305	45 096	36 850	17 637	29 572	56 185	41 604	27 282	10 861	27 049	30 334	17 903	18 967	78 738
Démersaux pred.G	23 152	24 721	24 379	19 089	7 500	13 208	18 585	17 505	40 014	20 123	26 399	12 533	38 788	10 593
Démersaux pred.MP	87 956	70 947	48 335	45 950	57 514	36 282	38 555	18 259	21 342	22 005	65 455	34 971	12 134	20 161
TOTAL démersaux	469 515	565 307	377 318	322 651	341 257	432 351	287 014	258 902	179 452	201 012	301 727	306 007	228 852	210 268

Annexe 12 – Résultat des modèles Ecopath 1985 et 2004 (les valeurs en gras sont estimées par le modèle)**Guinée 1985**

Nom du groupe	Niveau trophique	Biomasse (t/km ²) B	Prod./biom. (/an) P/B	Cons./biom. (/an) Q/B	Efficience Ecotrophique EE	Prod./Cons. P/Q	Captures pêche artisanale	Captures pêche industri.
1 Baleines	4,01	0,031	0,02	4,65	0	0,004		
2 Dauphins	4,48	0,0402	0,07	12,12	0,15	0,006		
3 Tortues	2,19	0,0362	0,15	3,5	0,2	0,043		
4 Oiseaux	3,81	0,001	0,3	85,66	0	0,004		
5 Raies+	4,1	0,455	0,289	2,895	0,214	0,1	0,0105	0,0027
6 Requins+	4,38	0,156	0,27	2,7	0,4	0,1	0,0077	0,0012
7 Grands pélagiques	4,26	0,504	0,64	6,6	0,8	0,097	0,0033	0,029
8 Barracudas+	4,13	0,0474	0,602	6,019	0,8	0,1	0,0031	0,0042
9 Carangues	4,17	0,0481	0,8	9,46	0,7	0,085	0,0021	0,0049
10 Chinchards+	3,13	3,087	0,64	6,4	0,8	0,1		0,0731
11 Ethmalose	2,53	2,065	0,86	8,6	0,95	0,1	0,2611	
12 Sardinelles+	2,85	1,592	1,39	13,9	0,95	0,1	0,0338	0,0135
13 Bobo	3,95	1,253	0,369	1,477	0,774	0,25	0,0428	0,0188
14 Bars+	3,97	0,869	0,414	1,657	0,793	0,25	0,0422	0,0309
15 Petit capitaine	3,88	0,35	0,39	1,56	0,713	0,25	0,0052	0,0135
16 Gros capitaine	4,11	0,221	0,45	2,25	0,629	0,2	0,0095	0,0009
17 Capitaine royal	3,96	0,125	0,55	2,2	0,869	0,25	0,0191	0,0001
18 Dorades+	3,64	1,41	0,53	2,12	0,782	0,25	0,0306	0,0125
19 Mâchoirons	3,75	0,957	0,253	1,011	0,821	0,25	0,0292	0,0117
20 Mulets+	2,33	0,3	0,609	2,438	0,765	0,25	0,0128	0,0008
21 Grondeurs+	3,61	0,387	0,286	1,145	0,848	0,25	0,003	0,0149
22 Soles+	3,3	0,273	0,761	3,044	0,693	0,25	0,0022	0,0328
23 Démersaux pisc.G	4,11	0,557	0,39	1,95	0,684	0,2	0,0056	0,0143
24 Démersaux pisc.MP	3,56	1,849	0,835	3,342	0,68	0,25	0,0005	0,0046
25 Démersaux inv.GM	3,3	1,544	0,73	2,92	0,463	0,25	0,0003	0,0054
26 Démersaux inv.P	3,32	1,029	1,07	4,28	0,627	0,25	0,0015	0,0079
27 Bathy-dém pisc.	3,79	0,439	0,76	3,04	0,8	0,25	0,0001	0,0012
28 Bathy-dem inv.	3,55	0,81	0,37	1,48	0,9	0,25	0,0001	0,0011
29 Crustacés	3,03	4,734	2,5	20	0,8	0,125		0,0134
30 Céphalopodes	3,6	0,85	2,5	10	0,9	0,25		0,0695
31 Benthos	2,21	100	1,8	25	0,867	0,072		
32 Zooplancton grand	2,94	5,575	10	50	0,8	0,2		
33 Zooplancton petit	2	28,263	40	200	0,6	0,2		
34 Producteurs primaires	1	69	84-		0,892-			
35 Détritrus	1	290-	-		0,643-			

Guinée 2004

	Nom du groupe	Niveau trophique	Biomasse (t/km ²) B	Prod./ biom. (/an) P/B	Cons./ biom. (/an) Q/B	Efficienc Ecotrophic EE	Prod./ Cons. P/Q	Captures pêche artisanale	Captures pêche industri.
1	Baleines	4,01	0,031	0,020	4,65	0	0,004		
2	Dauphins	4,48	0,043	0,070	12,12	0,15	0,006		
3	Tortues	2,19	0,030	0,150	3,50	0,2	0,043		
4	Oiseaux	3,81	0,001	0,300	85,66	0	0,004		
5	Raies+	3,97	0,386	0,363	3,63	0,381	0,1	0,012	0,024
6	Requins+	4,31	0,105	0,410	4,10	0,4	0,1	0,007	0,003
7	Grands pélagiques	4,21	0,384	0,850	6,60	0,9	0,129	0,025	0,069
8	Barracudas+	4,12	0,058	0,920	9,20	0,9	0,1	0,009	0,022
9	Carangues	4,16	0,063	1,000	9,46	0,9	0,106	0,01	0,024
10	Chinchards+	3,13	2,333	0,700	7,00	0,9	0,1		0,115
11	Ethmalose	2,53	1,522	1,420	14,20	0,95	0,1	0,946	
12	Sardinelles+	2,85	0,999	2,110	21,10	0,95	0,1	0,058	0,139
13	Bobo	3,92	0,509	0,830	3,32	0,911	0,25	0,191	0,069
14	Bars+	3,92	0,259	0,848	3,39	0,971	0,25	0,074	0,06
15	Petit capitaine	3,88	0,197	0,784	3,14	0,966	0,25	0,002	0,075
16	Gros capitaine	4,11	0,054	0,911	4,56	0,922	0,2	0,023	0,004
17	Capitaine royal	3,96	0,068	0,560	2,24	0,94	0,25	0,007	0,004
18	Dorades+	3,62	0,479	0,725	2,90	0,961	0,25	0,038	0,07
19	Mâchoirons	3,70	0,462	0,682	2,73	0,972	0,25	0,183	0,035
20	Mulets+	2,33	0,415	0,681	2,72	0,864	0,25	0,054	0,002
21	Grondeurs+	3,60	0,094	0,650	2,60	0,988	0,25	0,002	0,036
22	Soles+	3,30	0,284	1,002	4,01	0,715	0,25	0,009	0,095
23	Démersaux pisc.G	3,95	0,400	0,444	2,22	0,929	0,2	0,007	0,038
24	Démersaux pisc.MP	3,57	0,772	0,856	3,42	0,994	0,25	0,002	0,016
25	Démersaux inv.GM	3,30	0,853	0,775	3,10	0,734	0,25	0,001	0,042
26	Démersaux inv.P	3,32	0,849	1,090	4,36	0,762	0,25	0,003	0,024
27	Bathy-dém pisc.	3,79	0,341	0,755	3,02	0,8	0,25	0,001	0,004
28	Bathy-dem inv.	3,55	0,550	0,370	1,48	0,9	0,25	0,001	0,003
29	Crustacés	3,03	3,442	2,60	20	0,8	0,13		0,037
30	Céphalopodes	3,60	0,701	2,70	10	0,9	0,27		0,155
31	Benthos	2,21	100,0	1,80	25	0,794	0,072		
32	Zooplancton grand	2,94	4,314	10	50	0,8	0,2		
33	Zooplancton petit	2	25,787	40	200	0,6	0,2		
34	Producteurs primaires	1	69,0	84		0,814			
35	Détritus	1	290,0			0,598			