



INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES  
(ISRA)



CENTRE DE RECHERCHES OcéANOGRAPHIQUES DE DAKAR È THIAROYE  
(CRODT)

Boîte Postale 2241 . Dakar, SENEGAL .  
Téléphone : + 221 33 832 82 65 . Fax : + 221 33 832 82 62



**Mémoire de confirmation**

Présenté par : **Dr Modou THIAW**  
Chargé de Recherche au CRODT/ISRA  
portant sur le sujet :

**Evaluation par l'approche globale du stock de crevettes profondes,  
*Parapenaeus longirostris* du Sénégal**



Photo Ndiaga THIAM, 2009

Mémoire soutenu publiquement au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye,  
le **09 septembre 2011**, devant la commission d'examen :

<b>M. Hamet Diaw DIADHIOU</b>	<i>Président</i>	Chargé de Recherche, CRODT/ISRA
<b>M. Modou THIAM</b>	<i>Examineur</i>	Expert du projet GIRMAC/DPM/MEM
<b>M. Djiga THIAO</b>	<i>Examineur</i>	Chargé de Recherche, CRODT/ISRA
<b>M. Ndiaga THIAM</b>	<i>Encadreur</i>	Chargé de Recherche, CRODT/ISRA
<b>M. Massal FALL</b>	<i>Encadreur</i>	Chargé de Recherche, CRODT/ISRA

*Mémoire préparé au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT), Dakar, Sénégal*

## AVANT-PROPOS

Ce travail a été réalisé dans le cadre de mon mémoire de confirmation de chargé de recherche au Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye (CRODT). Ce mémoire demandé par la Direction Scientifique de l'Institut Sénégalais de Recherches agricoles (ISRA) permet aux chercheurs recrutés dans le cadre d'un contrat à durée déterminée, d'être titularisés.

Le sujet traité porte sur l'« Evaluation par l'approche globale du stock de crevettes profondes, *Parapenaeus longirostris* du Sénégal ». Cette étude vise à comprendre la dynamique des populations de crevettes profondes exploitées au Sénégal face à l'accroissement de la pression de pêche qu'on connaît dans le secteur, depuis bientôt deux à trois décennies.

Les résultats issus de cette recherche seront valorisés dans un article en préparation qui sera soumis à la revue scientifique de l'ISRA.

## Remerciements

Je remercie très vivement le Directeur du centre, Hamet Diaw Diadhio de m'avoir proposé pour recrutement à la direction de l'ISRA. Il a ensuite bien voulu me faire confiance pour réaliser ce mémoire de confirmation. J'ai beaucoup apprécié sa disponibilité, son dynamisme, son enthousiasme et surtout sa gentillesse. Merci pour la confiance et la liberté que vous m'avez toujours accordées.

Mes remerciements vont particulièrement à Ndiaga Thiam, pour avoir suivi et encadré ce travail. Ndiaga, merci pour les conseils, la confiance, le suivi, le soutien, et pour la liberté scientifique que vous m'avez toujours accordée, que ce soit dans les directions scientifiques à prendre ou pour la rédaction de ce manuscrit.

Je remercie aussi le doyen Massal Fall, pour m'avoir fourni des données de campagnes scientifiques profondes. Ces données m'ont permis, après analyse, d'avoir une idée plus ou moins claire sur l'identification des stocks de crevettes profondes. Doyen, vous avez aussi suivi avec grand intérêt mes travaux et accepté de participer à ce jury, je vous en remercie.

Je remercie également les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail en dépit des différentes responsabilités qui leur incombent et pour l'attention qu'ils ont portée au manuscrit : Je remercie en particulier le doyen Modou Thiam et Djiga Thiao, de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.

Je remercie les responsables de la base de données du CRODT et à travers eux toute la direction du centre. J'ai régulièrement côtoyé Modou Thiam tout le long de mes travaux ; il a été vraiment disponible jusqu'au bout et pour les derniers détails, me permettant ainsi d'avoir les données nécessaires à la réalisation de ce travail.

Un grand merci à l'ensemble du personnel du CRODT qui m'a offert un environnement de travail favorable, avec une mention spéciale à Cheikh Tidiane Diop pour ses nombreux conseils. A travers lui, j'adresse mes sincères remerciements à toute l'équipe du centre pour son accueil et sa sympathie, à savoir Mme Fambaye Ngom Sow, Mme Ndéye Ndiaye Ngom, Simone Dacruz, Mme Ramatoulaye Ndiaye Tabara, Cheikh Ndiaye, Ismaïla Ndour, Saliou Faye, Moïse Biagui, Diouf, le doyen Moustapha Déme. Mon travail a été réalisé dans des conditions parfaites en termes d'ambiance (beaucoup de cousinage) et d'environnement scientifique (discussions entre chercheurs).

***Merci à tous !!!***

## **Abréviations et sigles**

- COPACE : Comité des pêches pour l'Atlantique Centre Est
- CSTEP : Comité scientifique, technique et économique de la pêche
- FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, en anglais « Food and Agriculture Organisation »
- EPAQ : Ecole des Pêches et d'Aquaculture du Québec
- IMARES : Institute for Marine Resources and Ecosystem studies
- CIEM : Comité International pour l'Exploration de la Mer
- PIEP : Pêche Industrielle Etrangère Profondes
- PIS : Pêche Industrielle Sénégalaise

## Sommaire

Introduction.....	1
1. Environnement, biologie, écologie et exploitation des crevettes profondes .....	3
Introduction.....	3
1.1. Conditions physiques et hydroclimatiques du milieu .....	3
1.2. Biologie, écologie et exploitation des crevettes profondes.....	7
1.2.1. Généralités .....	7
1.2.2. Biologie et écologie.....	9
1.2.3. Exploitation .....	13
1.2.4. Autres espèces de crevettes profondes exploitées au Sénégal.....	16
1.2.5. Impact de l'exploitation des crevettes profondes sur l'écosystème marin.....	18
1.2.6. Mesures de gestion des pêcheries de crevettes profondes .....	18
2. Evolution de l'abondance du stock de crevettes profondes .....	20
Introduction.....	20
2.1. Matériel et méthodes.....	21
2.1.1. Données de statistiques de pêche.....	21
2.1.2. Méthodes .....	21
2.2. Résultats.....	25
2.2.1. Ajustement des modèles .....	25
2.2.2. Schéma de répartition spatio-temporelle.....	26
2.2.3. Evolution de l'abondance .....	26
2.3. Discussion et conclusion .....	30
3. Diagnostic sur l'état du stock de crevettes profondes.....	31
Introduction .....	31
3.1. Matériel et méthodes.....	32
3.1.1. Données.....	32
3.1.2. Méthodes.....	32
3.2. Résultats .....	35
3.3. Discussion et conclusion .....	38
4. Conclusion générale .....	39
Références bibliographiques.....	42
Annexes.....	49

---

## Introduction

---

La pêche des crevettes est en plein essor depuis les années 1950 le long de la côte ouest africaine intertropicale (Crosnier et al., 1970 ; De Bondy, 1970). En Afrique de l'ouest, la surface totale des fonds à crevettes est de 4 000 à 5 000 miles carrés. En 1981, la production potentielle optimale moyenne était estimée à environ 10 500 tonnes en mer pour une prise en lagune de l'ordre de 3 000 tonnes (Lhomme, 1981). Il existe le long de la côte ouest africaine, deux groupes d'espèces de crevettes : les crevettes profondes (*Parapenaeus longirostris*, *Aristeus varidens*, *Plesionika martia*, *Heterocarpus ensifer* et *Plesiopenaeus edwardsianus*) et les crevettes côtières (*Penaeus notialis*, *Parapenaeopsis atlantica*, *Melicertus kerathurus* et *Penaeus monodon*). Cependant, l'exploitation porte principalement sur trois espèces de crevettes qui sont par ordre d'importance décroissante, *Penaeus notialis*, *Parapenaeus longirostris* et *Aristeus varidens*.

Bien que ces espèces soient exploitées depuis longtemps, l'évolution de leurs captures et rendements est assez mal documentée au moins pour la dernière décennie. Au Sénégal, les seules études réalisées portant sur l'évaluation et l'estimation de l'abondance des stocks exploités concernent les poissons démersaux (Thiof, Pageot, Rouget, Pagne, Thiékem), la crevette côtière et le poulpe. Ces études révèlent que l'abondance des poissons démersaux côtiers est en nette diminution constante depuis au moins trois décennies (Caverivière, 2002). De même pour les stocks de poulpe et de crevette côtière, en plus de cette diminution de l'abondance de ces stocks, ils montrent une variabilité saisonnière et interannuelle de leur biomasse (Barry et al., 2004 ; Gascuel, 2004 ; Gascuel et al., 2004; Sidibé et al., 2004 ; Laurans, 2005 ; Thiaw, 2010). Au Sénégal, la crevette profonde est exploitée essentiellement par les chalutiers congélateurs.

Le COPACE a organisé en 2006, un groupe de travail pour l'évaluation du stock de crevettes profondes dans la zone sénégalaise. Les avis scientifiques qui en sont issus, souffrent cependant d'un certain nombre de contraintes ou incertitudes liées à l'estimation de l'indice d'abondance. En effet, les résultats des modèles de dynamique des populations ont toujours montré de larges incertitudes, vraisemblablement dues au manque de fiabilité des données de Captures Par Unité d'Effort de pêche (CPUE). Ces données sont aujourd'hui utilisées dans de nombreux travaux d'évaluation des stocks notamment dans le cadre des expertises internationales (COPACE, CIEM, CSTEP).

L'utilisation des CPUE comme des indices d'abondance pose cependant un certain nombre de problèmes ; elles résultent à la fois de l'abondance du stock dans une région donnée et des pratiques de pêche et de leurs contraintes, comme la réglementation. Les séries temporelles de CPUE brutes reflètent l'évolution de ces facteurs sans qu'il soit aisé de quantifier l'influence de chacun d'entre eux. Par conséquent, le développement de méthodes permettant de réduire les incertitudes dans les évaluations des stocks exploités constitue un véritable challenge pour les acteurs en charge de la gestion des pêcheries.

Le présent travail a donc pour objectifs :

- i) d'analyser l'évolution de l'abondance du stock de crevettes profondes ;
- ii) d'analyser l'impact de la pêche et de l'environnement sur l'abondance du stock de crevettes et d'établir un diagnostic sur l'état d'exploitation de ce stock.

Ainsi, le document comportera trois (3) parties :

Il synthétise, dans sa première partie, les informations sur l'environnement du plateau continental sénégalais, la biologie, l'écologie et l'exploitation des crevettes profondes, l'impact de l'exploitation des crevettes profondes sur l'écosystème et les mesures de gestion mises en place par les autorités.

Dans la deuxième partie, l'évolution de l'abondance du stock de crevettes profondes est analysée, depuis le début de son exploitation jusqu'à la période récente ou du moins pour la période où les données sont disponibles. Pour cela, des indices d'abondance sont estimés par modélisation linéaire de type GLM (modèle linéaire généralisé) à partir des données commerciales de la pêche industrielle étrangère fournies par le CRODT, de 1992 à 2006. L'analyse de l'évolution de l'abondance du stock de crevettes profondes est réalisée en parallèle avec celle de l'évolution des captures commerciales et efforts de pêche. Ces indices permettent de montrer la variabilité saisonnière et interannuelle de l'abondance du stock de crevettes profondes.

Dans la troisième partie du document, les modèles de production de biomasse (MPB) sous l'hypothèse de pseudo-équilibre, i.e. le modèle de Schaefer (1954), le modèle de Pella et Tomlinson (1969) et le modèle de Fox (1970), sont appliqués aux séries de données annuelles de production et d'abondance de 1992 à 2006. Ces modèles permettent de déterminer les effets directs de la mortalité par pêche sur l'abondance du stock de crevettes profondes. D'autres modèles dits modèles de Fréon (1991) qui tiennent compte de l'effet de l'environnement sur la dynamique des populations de crevettes profondes sont aussi appliqués. Ces modèles permettent de distinguer les effets directs de la mortalité par pêche de ceux induits par d'autres causes telles que l'upwelling côtier. Ces modèles aboutissent également à un diagnostic sur l'état du stock et une quantification des relations crevettes/environnement/pêche.

Enfin, la conclusion générale résume les principaux résultats obtenus et propose également des perspectives qui s'ouvrent à l'issue de ce travail.

---

# 1. Environnement, biologie, écologie et exploitation des crevettes profondes

---

## Introduction

La pêche constitue une activité économique primordiale pour la plupart des pays du sud situés le long des zones d'upwelling. En Afrique de l'Ouest, l'exploitation des espèces à vie courte, en particulier les poulpes et crevettes, est devenue prépondérante ces dernières années. Elle a ainsi remplacé certaines pêcheries démersales en déclin, en particulier celles des Sparidae et des Scianidae. En effet, les pêcheries de crevettes se sont développées au large des côtes nord-ouest africaines vers les années 1960, et plus récemment depuis 1980 au Sénégal où on a constaté une forte exploitation des crevettes côtière et profonde liée à un contexte économique favorable.

La crevette profonde, *Parapenaeus longirostris*, est abondante sur les côtes nord-ouest africaines. Au Sénégal, elle est intensément exploitée, en raison de sa valeur commerciale élevée (forte rentabilité économique), par la pêche industrielle en mer. Elle constitue la principale espèce de crevettes profondes capturées avec plus de 80% des débarquements (Thiam et al., 1990).

## 1.1. Conditions physiques et hydroclimatiques du milieu

### 1.1.1. Milieu physique

#### ❖ Topographie et bathymétrie

Le plateau sénégalais présente une façade maritime de 240 000 miles nautiques et est orienté Nord-Sud, entre les latitudes 12°20' et 16°03'N (Rébert, 1983). Il présente une superficie d'environ 28700 km<sup>2</sup> répartis comme suit : 4700 km<sup>2</sup> de fonds de 0 à 10 m, 14200 km<sup>2</sup> de 10 à 50 m et 9800 km<sup>2</sup> de fonds de 50 à 200 m (Chavance et al., 2004). Sa géomorphologie est hétérogène. Sa largeur est très variable (Figure 1.1) : au large de Saint-Louis (16°20'N), l'isobathe 200 m limitant le plateau, se situe à 27 miles ; à la hauteur du Cap-Vert (Dakar), le plateau se réduit fortement et l'isobathe 200 m ne se

situé plus qu'à 5 miles de la côte et au sud du pays ( $12^{\circ}45'N$ ), le plateau est en revanche très large, l'isobathe 100 m atteint 54 miles. La presqu'île du Cap-Vert, située à la latitude  $14^{\circ}40'N$ , sépare donc le domaine maritime sénégalais en deux régions aux caractéristiques topographiques distinctes (Roy, 1989 ; Dème-Gning et al., 1990).

### ❖ Nature des fonds

La sédimentologie des fonds sénégalais a été décrite en détail par Domain (1977). Des fonds meubles constitués de vases sont observés au niveau des embouchures des fleuves Sénégal et de la Casamance. Ils correspondent à deux zones vaseuses encadrées de fonds plus durs, plus ou moins rocheux juste au sud du Cap-Vert ou constitués de sables purs au large de la Casamance (Lhomme et Garcia, 1984). Ces deux zones sont le siège d'une intense exploitation crevettière depuis 1966, date d'une profonde reconversion de la pêche chalutière sénégalaise (Lhomme et Garcia, 1984). Le reste du plateau est occupé par des fonds de sable, des fonds durs souvent constitués de plaques rocheuses continues et/ou discontinues. Généralement les fonds sont peu accidentés, ce qui permet une exploitation chalutière sur la plus grande étendue du plateau continental (Domain, 1980). Le seul accident géographique remarquable est l'ensemble de la fosse Kayar - presqu'île du Cap-Vert qui coupe la région en deux. Cette particularité géographique joue un rôle important dans la limitation des migrations saisonnières des espèces démersales vers le sud (Champagnat et Domain, 1978).

### 1.1.2. Hydroclimat

La zone côtière sénégalaise se situe en dessous du tropique du Cancer. Elle est le siège de fortes variations saisonnières de température, environ  $12^{\circ}C$  d'amplitude. Le climat est ainsi de type tempéré. Les fleuves sont en revanche de type nettement tropical avec une saison de crue très marquée et très courte et des apports d'eaux douces plutôt limités (Lhomme et Garcia, 1984). Au Sénégal, il existe quatre estuaires qui peuvent modifier les conditions hydroclimatiques des eaux côtières. Il s'agit, suivant la direction nord-sud, du fleuve Sénégal, du complexe Sine-Saloum, du fleuve Gambie et du fleuve Casamance. Si le fleuve Sénégal mérite son nom de fleuve, les autres affluents continentaux situés au sud, Sine-Saloum, Gambie et Casamance, sont en réalité des rias submergées, avec un bassin versant réduit, des apports d'eau douce faibles et des périodes de sur-salure saisonnières (Lhomme et Garcia, 1984). Les conditions hydroclimatiques ont une grande influence sur les écophases des crevettes Penaeidae, notamment sur leur distribution géographique et bathymétrique.

### ❖ Conditions climatiques

Au Sénégal, il existe deux principales saisons climatiques : la saison froide, de novembre à mai et la saison chaude et pluvieuse, de juillet à octobre. La saison froide correspond à la période des vents alizés, responsables de l'upwelling côtier avec une forte variabilité spatio-temporelle du signal thermique. La saison chaude est caractérisée par des amplitudes thermiques faibles (Dème-Gning *et al.*, 1990). Toutefois, des différences climatiques sont notées suivant les façades maritimes. La côte sud est caractérisée par des amplitudes thermiques peu marquées ; les températures sont élevées comparées au nord. On distingue bien les deux saisons froide et chaude. La saison des pluies est comprise entre les mois de juin et novembre. La côte sud présente des températures parfois élevées. La saison chaude est un peu plus longue et l'amplitude thermique est beaucoup plus forte avec une importante différenciation saisonnière (saison chaude très marquée). Le climat est pratiquement chaud et humide presque toute l'année.

Ainsi, on peut distinguer suivant la température de l'eau, deux saisons séparées par deux périodes de transition où la température de l'eau change très rapidement. En effet, les auteurs ont fixé à 18 et 24°C les limites de la période de transition sur le fond de 29 m. Ainsi, ils distinguent : la saison froide, de décembre à avril pour Saint-Louis et de janvier à avril pour Roxo-Bijagos ; la saison chaude, de juillet à septembre pour Saint-Louis et de juillet à octobre pour Roxo-Bijagos et enfin les périodes de transition qui sont mai-juin et octobre-novembre pour Saint-Louis et mai-juin et novembre-décembre pour Roxo-Bijagos.

La température et les précipitations n'ont pas une influence directe sur les activités de pêche. Par contre, le régime saisonnier des vents régit dans une certaine mesure, la possibilité de chalutage et de sortie en mer des piroguiers.

### ❖ Conditions hydrologiques et océanographiques

L'hydrologie du plateau continental sénégalais a été décrite par Rossignol et Abousouan (1965) et Rossignol (1973), par la suite une synthèse a été faite par Lhomme (1981) dont l'essentiel est ainsi résumé:

La circulation générale des courants dans la région ouest africaine est aujourd'hui assez bien connue (Domain, 1980). Les eaux de surface sont sous influence de deux principaux courants océaniques dont les effets sur le plateau continental sont variables. De janvier à avril, les vents alizés donnent naissance à un phénomène d'upwelling qui s'accompagne d'une remontée d'eaux profondes riches en sels nutritifs, froides (16 à 18°C) et salées. Ensuite en mai-juin, les vents alizés et l'upwelling diminuent. Les mois de juillet et août correspondent à l'extension maximale des eaux tropicales chaudes (28°C) et salées venant du nord. Puis de septembre à novembre, se produit une invasion d'eaux libériennes chaudes et dessalées venant du sud. Et enfin en novembre-décembre, les vents alizés reprennent d'abord dans le nord et les upwellings repoussent vers le large, les eaux libériennes.

La rétention côtière est également un processus local lié à la topographie du plateau continental ouest africain. Elle est directement induite par la topographie au niveau du Banc d'Arguin alors qu'au niveau de la Petite Côte du Sénégal, c'est un processus saisonnier lié à l'upwelling (Demarcq et Faure, 2000). Selon ces auteurs, ces zones de forte rétention côtière correspondraient à des régions potentielles de nurseries et de fort recrutement de crevettes.

Les ressources démersales profondes sont généralement présentes entre les profondeurs 150 et 1000 m et pêchées principalement par des chalutiers de pêche profonde. Les principales espèces exploitées sont les crevettes dont la gamba *Parapenaeus longirostris* et l'alistado *Aristeus varidens* et les poissons (merlus, rascasses, requins chagrins, baudroies). La langouste rose profonde *Palinurus mauritanicus* et le crabe rouge profond *Geryon maritae* sont aussi capturés accessoirement par les chalutiers crevettiers dans des proportions importantes. Ces espèces vivent soit sur les sédiments meubles à dominante vaseuse du rebord du plateau continental, entre 100 et 200 m de profondeur (Figure 1.2), soit sur les fonds durs du talus, entre 200 et 1000 m. Les caractères physicochimiques des milieux profonds sont relativement stables. De plus, on n'y trouve peu d'espèces, certaines ayant une faible aire de répartition.

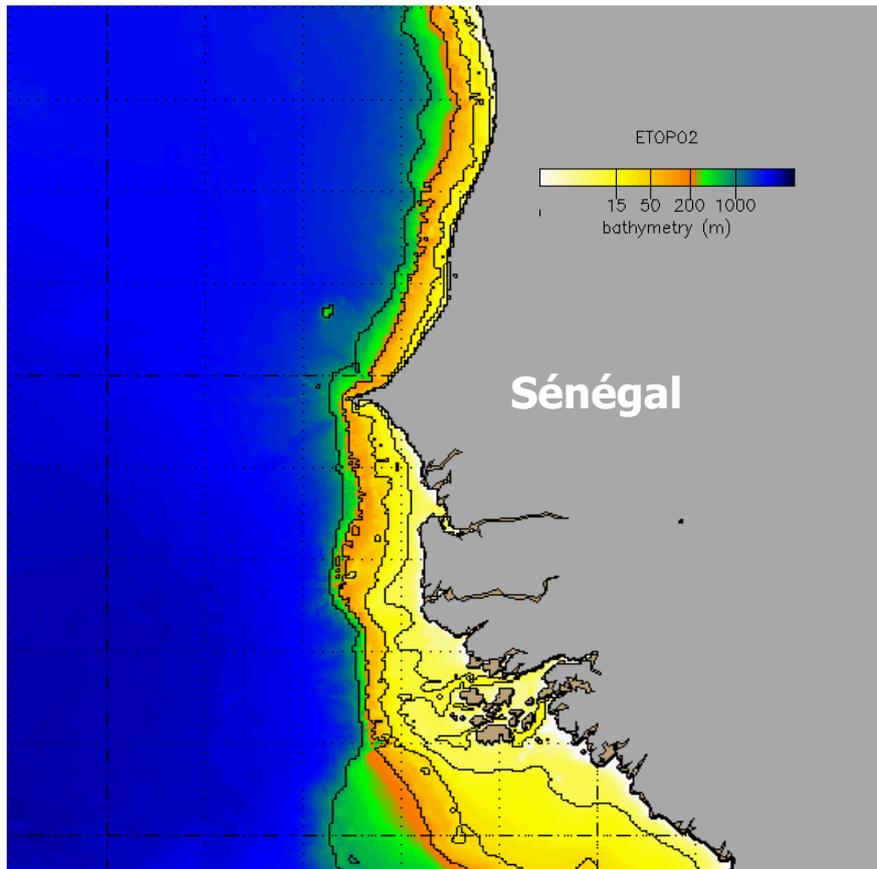


Figure 1.1. *Bathymétrie des eaux côtières sénégalaises* (Hervé Demarcq, comp. pers.)

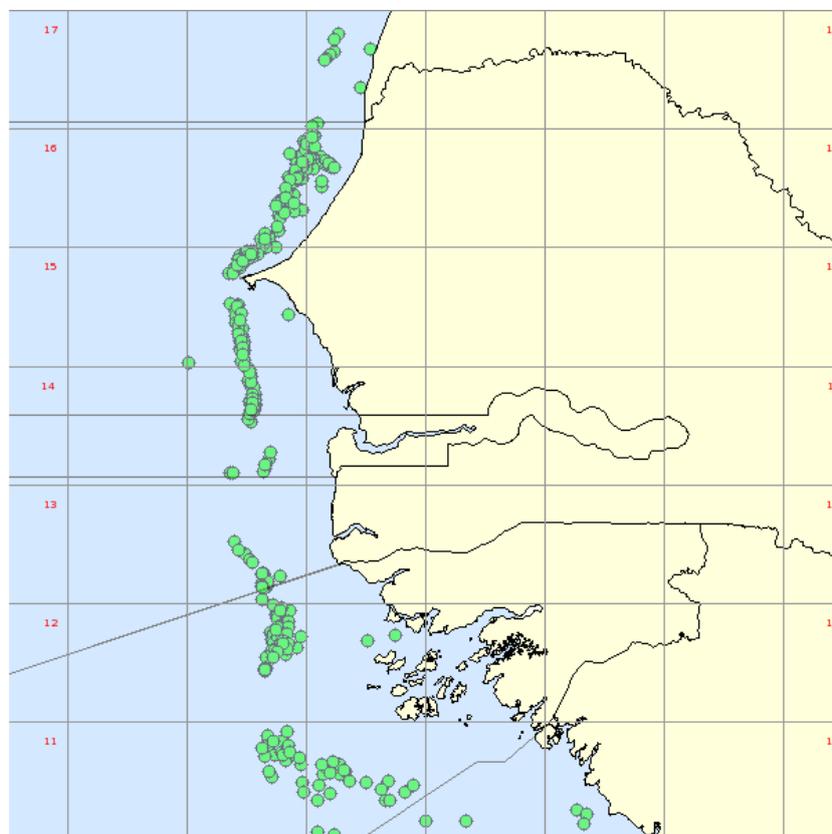


Figure 1.2. *Présence de Parapenaeus longirostris le long des côtes sénégalaises* (www.istam.org)

## 1.2. Biologie, écologie et exploitation des crevettes profondes

### 1.2.1. Généralités

La crevette profonde, encore connue sous le nom espagnol gamba, est désignée par deep-water pink shrimp en Angleterre et gamba de *altura* ou crevette rose du large au Portugal (Holthuis, 1987 ; Caverivière et al., 1986). Elle correspond à une seule espèce appartenant à la Super-classe des Crustacea, à la classe des Malacostraca, à l'ordre des Decapoda et à la famille des Penaeidae (Lhomme et Vendeville, 1993).

*P. longirostris* est rencontré dans l'Atlantique oriental, du Portugal à l'Angola, dans tout le bassin méditerranéen et dans l'Atlantique occidental, de Massachusetts (Etats Unis) à la Guyane française (Figure 1.3) (Holthuis, 1987 ; FAO, 2003 ; FAO, 2009). Quatorze stocks de *F. notialis* (Figure 1.4) ont pu être identifiés le long de la côte ouest africaine (Garcia et Lhomme, 1979 ; Lhomme, 1981). En Afrique de l'Ouest, trois unités de pêche ou stocks de crevettes profondes ont été identifiés : au Maroc, l'espèce est rencontrée sur les fonds sablo-vaseux, délimités au nord par le Cap Spartel (35°47'N) et au sud par la région de Sidi Ifni (29°22'N) ; en Mauritanie, elle est pêchée dans la zone de latitudes 21-19°N et au Sénégal, elle est particulièrement exploitée à partir de 16°N (FAO, 2009).

Quelques mensurations caractéristiques de l'espèce telles que les tailles maximales et minimales ont été données dans certaines régions ouest africaines. En effet, les mâles peuvent présenter une taille maximale de 160 mm LT et une taille minimale de 140 mm LT et les femelles, une taille maximale de 186 mm LT et une taille minimale de 160 mm LT (FAO, 2009). La taille modale de la gamba peut varier entre 25 et 26 mm LC (Thiam, 2009), ce qui correspond aux catégories commerciales G3B et G3A. Quant à celle de l'Alistado (*Aristeus varidens*), elle peut être comprise entre 26 et 48 mm LC.

L'espèce fait l'objet de pêches importantes en Afrique de l'Ouest tant localement que dans les autres pays de la sous région par les chalutiers étrangers. De plus, on note une certaine variabilité interannuelle de la production de crevettes (Benkabouche Bekadja et al., 2009).

L'enregistrement des débarquements mondiaux de *P. longirostris* par la FAO, a commencé depuis le début des années 1950. La production mondiale de crevettes varie d'une année à une autre. Elle augmente progressivement, depuis le début de son exploitation et atteint son maximum exploitable au cours des années 1980-1990. Depuis cette période, la production ne cesse de diminuer, pour atteindre 20 900 tonnes en 2009 (Figure 1.5).

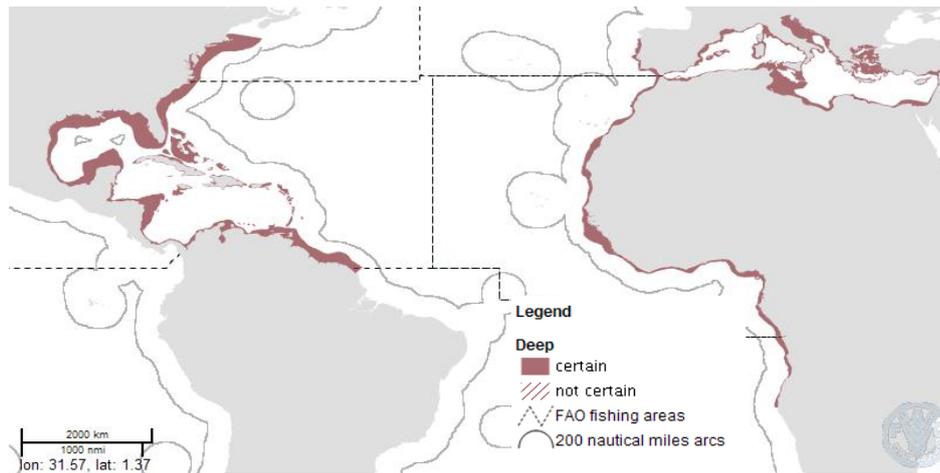


Figure 1.3. *Distribution géographique de P. longirostris à travers le monde (FAO, 2011)*

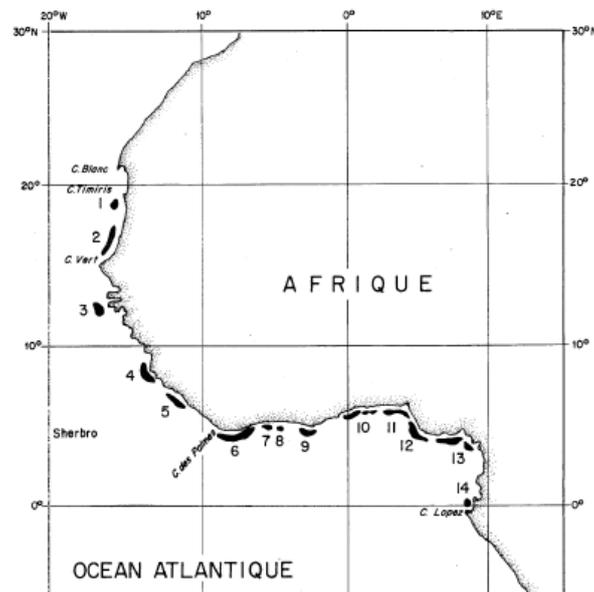


Figure 1.4. *Principaux fonds de pêche de crevettes et divisions statistiques du COPACE (1: Cap Timiris; 2: Saint-Louis du Sénégal; 3: Roxo-Bijagos; 4: Sherbro; 5: Monrovia; 6: Sassandra-Tabou; 7: Grand-Lahou; 8: Grand-Bassam; 9: Axim-Trois Pointes; 10: Adda-Keta; 11: Lagos; 12: delta du Niger; 13: Cameroun; 14: Cap Estérias (d'après Garcia et Lhomme, 1979)*

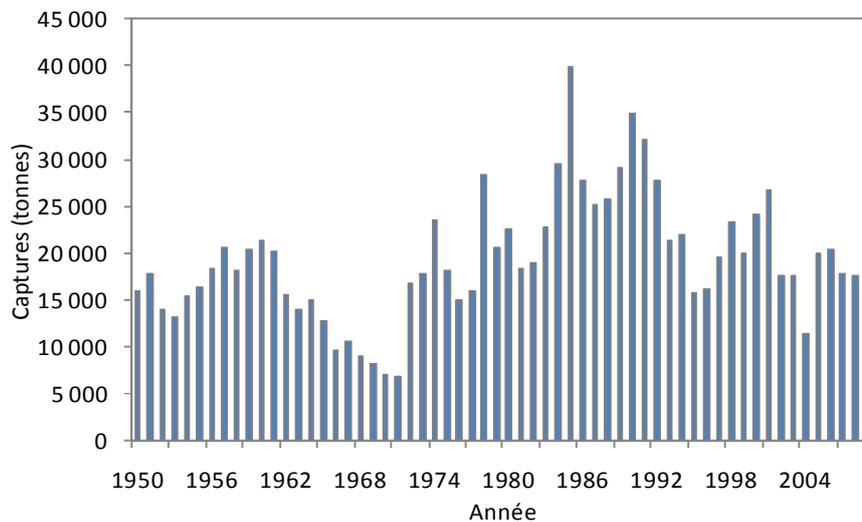


Figure 1.5. *Productions mondiales de crevettes P. longirostris de 1950 à 2009 (FAO, 2011).*

## 1.2.2. Biologie et écologie

### 1.1.1.1. Habitat

*P. longirostris* est une espèce exclusivement marine. Il est généralement rencontré entre les profondeurs 50 et 700 m (Caverivière et al., 1986 ; Domain et al., 2002 ; Charles-Dominique et Ndiaye, 2003 ; FAO, 2009). En Afrique de l'Ouest, il vit généralement sur les fonds vaseux et sablo-vaseux (Benkabouche Bekadja et al., 2009), entre les profondeurs 30 m et 500 m, à la recherche d'une température optimale de 14-15°C, tout en présentant un phototropisme positif pour les faibles éclaircissements (Crosnier et Bondy, 1968 ; Thiam, 2009). Cependant, quel que soit la saison et la zone, son abondance maximale se situe à 200-300 m (Caverivière et al., 1986 ; FAO, 1986). De plus, sa répartition bathymétrique varie suivant la taille des individus ; les crevettes de grande taille sont de plus en plus nombreuses et de taille de plus en plus grande en profondeur. A taille égale, les mâles seraient plus âgés que les femelles.

### 1.1.1.2. Reproduction

La reproduction de *P. longirostris*, aux larges des côtes ouest africaines, a été d'abord étudiée par Heldt (1938) puis par Crosnier et al. (1970). Comme toutes les crevettes Penaeidae, *P. longirostris* n'incube pas ses œufs ; une fois fécondés, ils sont émis directement dans l'eau. En général, c'est un seul groupe d'ovocytes qui évolue jusqu'à la ponte.

Chez les crevettes Penaeidae, le sex-ratio est généralement en faveur des femelles (Thiaw, 2010). Pour la Gamba, le nombre de femelles peut être deux fois voire quatre fois plus important que le nombre de mâles (Thiam, 2009). Dans les captures, les femelles représentent près de 61.25% des captures totales (Caverivière et al., 1986 ; Kojemiakine et Diop, 1996 ; Benkabouche Bekadja et al., 2009). Dans toutes les strates de profondeur, les femelles sont toujours plus abondantes que les mâles (Benkabouche Bekadja et al., 2009). Cette différence dans la composition par sexe est en général beaucoup plus marquée dans la zone nord (Saint-Louis) qu'au Sine Saloum (Caverivière et al., 1986).

#### ❖ Zones de reproduction

La crevette profonde se reproduit en mer. L'aire de reproduction se situe entre 200 et 350 m de profondeur ; toutes les femelles pondueuses (taille  $\times$  25 mm LC) se retrouvent entre ces deux isobathes (Crosnier et al., 1970). La taille de première maturité sexuelle est égale à 65 mm LT (Crosnier et al., 1970). Les femelles mesurant au moins 16 mm LC peuvent être matures et, à partir de 25 mm LC, elles pondent toutes (Crosnier et al., 1970). La crevette gamba pond généralement la nuit avec un taux de fécondité de 400 000 œufs sphériques de couleur bleue, non agglutinés et démersaux.

#### ❖ Périodes de reproduction

*P. longirostris* pond toute l'année avec une ou deux saisons d'intensité maximale. Une relation entre la période de ponte et les températures élevées a été mise en évidence par Crosnier et al. (1970) ; la ponte a lieu en saison froide et la saison chaude (juin à août) correspond donc à la période de repos sexuel. Et la maturation des ovaires reprend en septembre.

Dans l'Atlantique Est, un seul pic d'activité maximale a été observé au large du Congo (Crosnier et al., 1970) et deux maxima ont été signalés sur les côtes marocaines mais aussi portugaises (Wibeiro-Cascalho et Arrobas, 1987 ; Sobrino et García, 1994). En Algérie, Benkabouche Bekadja et al. (2009) ont observé des gonades femelles en pleine maturation à tous les mois échantillonnés. Cependant l'analyse de l'évolution de l'index gonado-somatique indique deux pics ; le premier, janvier-février et

le second, mai-juin. Au Sénégal, la période de ponte est étalée sur toute l'année avec deux pics bien distincts ; le plus important en hiver (février-mars) et le second en automne, octobre-novembre (Thiam, 2009). Par contre, pour Burukovsky *et al.* (1989), la ponte aurait lieu en décembre-janvier ; les mois de juin à août correspondent à la période de repos sexuel et en septembre, la maturation des ovaires reprend. En Mauritanie, le mois de janvier serait la principale période de ponte (Diop, com. pers.).

En Méditerranée, deux pics de ponte ont été observés dans le canal de Sicile (Levi *et al.*, 1995) alors qu'une seule période de ponte maximale a été observée dans les eaux tunisiennes (Heldt, 1938) et dans la mer Tyrrhénienne (Frogia, 1982 ; Ardizzone *et al.*, 1990).

Les variations d'abondance des femelles en fonction du temps sont liées au déroulement du cycle sexuel (Benkabouche Bekadja *et al.*, 2009). Des bancs de crevettes femelles de grande taille se forment sur le bord supérieur du plateau continental pendant le printemps et l'été qui sont des périodes de forte maturation gonadique (Relini *et al.*, 1999). Elles se dispersent ensuite après avoir pondu en automne-hiver, conduisant ainsi à une diminution de leur densité et une augmentation de la proportion des mâles. Le faible pourcentage des mâles, pendant la période de reproduction (mai-juin) a été largement décrit en Méditerranée occidentale, suggérant un mécanisme de réduction de la concurrence intra-spécifique (Sarda *et Cartes*, 1997 ; Slimani *et al.*, 2004 ; Mouffok, 2008). De plus, les mouvements verticaux des crevettes pendant la période de ponte, traduiraient une plus grande vulnérabilité des femelles aux engins de pêche (Demestre, 1990).

#### **1.1.1.3. Alimentation**

Des informations sur le régime alimentaire de *P. longirostris* ont été tirées de Lagardère (1971) et de Lhomme (1994). Le régime alimentaire des juvéniles de crevettes gamba est omnivore à tendance carnivore. *P. longirostris* est une espèce prédatrice benthique, se nourrissant essentiellement de foraminifères, de polychètes, de mollusques, de petits crustacés, de débris végétaux et de cadavres de poissons.

#### **1.1.1.4. Croissance**

La crevette gamba est une espèce à croissance rapide et à taux de renouvellement élevé (FAO, 1997 ; Benkabouche Bekadja *et al.*, 2009). En Algérie et Mauritanie, les coefficients d'allométrie  $b$  de la courbe de croissance pondérale calculés par sexe sont inférieurs à 3 (Tableau 1.2). Quant à la fonction de croissance de Von Bertalanffy, Benkabouche Bekadja *et al.* (2009) ont montré des croissances différentielles suivant le sexe, les paramètres longueur asymptotique et coefficient de croissance sont en faveur des femelles (Tableau 1.3). Pour comparer les taux de croissance entre les mâles et les femelles, l'index de croissance ( $\emptyset$ ) a été aussi calculé. Les résultats montrent que le taux de croissance des femelles est également supérieur à celui des mâles (Tableau 1.3).

#### **1.1.1.5. Cycle de vie**

La durée de vie de *P. longirostris* est en moyenne de deux (2) ans (Diarra, com. pers.). Le déroulement du cycle de migration se déroule comme suit : La ponte a lieu sur le rebord du talus continental, entre les isobathes 200 et 350 m. Au fur et à mesure que les larves évoluent et grandissent, elles s'adaptent à la nage et se dirigent vers la côte où elles se concentrent entre 50 et 150 m de profondeur. A la fin de la vie larvaire, les crevettes tombent sur le fond et effectuent alors vers le large une migration trophique et de reproduction. Quand elles deviennent adultes, elles descendent vers les grandes profondeurs pour y pondre, et le cycle recommence. La physiologie des crevettes Penaeidae se modifie

au cours de leur développement ; leurs facultés d'osmorégulation, en particulier, évoluent (Lhomme et Garcia, 1984).

Tableau 1.1. Tailles de première maturité sexuelle et périodes de reproduction de *P. longirostris* tirées de la littérature

Sources	Zone de pêche	Taille de maturité sexuelle des femelles (L <sub>50%</sub> )	Période de reproduction
Benkabouche Bekadja et al. (2009)	Algérie	19.6 mm (LC)	Janvier-février/mai-juin
Bayhan et al. (2005)	Turquie	97 mm (LT)	Ponte toute l'année, avec un pic en septembre-octobre
FAO (1997)	Zone 34	65 mm (LT)	Octobre /décembre-janvier
Burukovsky et al. (1998)	Sénégal	-	Décembre-janvier/novembre à avril.

Tableau 1.2. Paramètres de la relation taille-poids  $W = a \times LC^b$  de *P. longirostris* tirés de la littérature

Sources	Zone	Sexe	a	b	Coefficient de corrélation r
Benkabouche Bekadja et al. (2009)	Algérie	Femelles	0.0020	2,6020	0.89
		Mâles	0.0050	2,3076	0.89
Bayhan et al. (2005)	Turquie	Femelles	0.0034	3.1301	0.99
		Mâles	0.0059	2.8618	0.98
FAO, 1997	Mauritanie	Femelles	0,0019	2,5900	0,99
		Mâles	0,0013	2,7000	0,99

a et b sont les paramètres de la relation taille-poids, W, poids de la crevette, en gramme et LC, longueur céphalothoracique, en millimètre.

Tableau 1.3. Paramètres de la courbe de croissance de Von Bertalanffy de *P. longirostris*

Sources	Zone	Sexe	K (mois)	L $\hat{O}$ (mm)	To (mois)	$\emptyset$
Benkabouche Bekadja et al. (2009)	Algérie	Femelles	0.54	44.48	-0.41	3.02
		Mâles	0.68	34.03	-0.31	2.89

### 1.1.1.6. Sélectivité des chaluts

En Afrique de l'Ouest, plusieurs mesures de gestion des stocks halieutiques ont été entreprises afin de limiter les effets négatifs des techniques de pêche des flottilles chalutières sur les ressources. Malgré tout, on assiste depuis plus de trois (3) décennies à une diminution continue de l'abondance de plusieurs espèces démersales (Gascuel et al., 2004). Au Sénégal, les ressources démersales profondes comptent de nombreuses espèces de crustacés, de poissons et de mollusques marins. Ces espèces vivent à des profondeurs comprises entre 80 et 800 m et sont exclusivement exploitées par des crevettiers, des merlutiers et quelques rares crabiers (Thiam, 2009).

Au Sénégal, un plan d'aménagement du stock de crevettes profondes a été élaboré par la Direction des Pêches Maritimes. Pour cela, une étude sur la sélectivité des chaluts notamment l'évaluation des captures accessoires et rejets a été effectuée par Thiam et al. (2009) à partir d'échantillonnage biologique des captures réalisées par les crevettiers sénégalais. Cette étude avait pour objectif (1) de déterminer le calibre moyen de la largeur de la gamba *P. longirostris* et (2) d'estimer les captures incidentes, ce qui constitue une donnée essentielle pour la mise en place des espacements des barreaux de la grille sélective Nordmore.

L'échantillonnage biologique a été fait sur une base mensuelle par des scientifiques du CRODT embarquant à bord de crevettiers profonds et côtiers opérant au large des côtes sénégalaises pour la période 2008-2009. Chaque mission a duré en moyenne une dizaine de jours. L'essentiel des marées des crevettiers profonds s'effectuent au Nord du Sénégal, en raison de la forte présence des espèces cibles la crevette Gamba et les merlus.

Les résultats obtenus montrent que le calibre de largeur maximale de la gamba *P. longirostris* est de 16 mm. Ce calibre est cependant inférieur au calibre minimum de beaucoup d'espèces telles que *Brotula barbata*, *Coelorhynchus coelorhynchus*, *Malacocephalus laevigatus* et *M. occidentalis*, *Merluccius sp.*, *Gephyroberyx darwini*, *Zenopsis conchifer*, *Trachurus trecae*, *Palinurus mauritanicus* et *Sepia officinalis*. Ceci indique que, avec la grille sélective de type Nordmore d'espacement des barreaux égal à 16 mm, ces espèces ne pourraient pas passer au travers de la grille. Par contre, d'autres espèces de petite taille ayant un calibre de largeur inférieure au calibre maximal de la gamba, pourraient passer au travers de la grille.

Par conséquent, la grille pourrait diminuer la capture de beaucoup d'espèces non ciblées. En effet, on peut déterminer le plus performant en fixant 3 types d'espacement des barreaux de la grille, 16 mm, 18 mm et 20 mm. Le calibre modal de la gamba correspond à la catégorie G3C (annexe 2), ce qui explique la dominance des juvéniles dans les captures de gamba.

Dans le cas spécifique de la pêcherie crevette, les prises accessoires et les rejets sont considérables. Elles varient entre 80 et 90 % des prises. Les résultats ont montré qu'en pêche du jour ciblant la gamba, cette pêcherie crevette engendre beaucoup de prises accessoires. Ces dernières constitueraient entre 58 et 67% des captures totales, ce qui donne un rapport prises accessoires (Pa)/crevette gamba (Cg) variant entre 1,41 et 2,03 (Thiam et Fall, 2010). Ces résultats se rapprochent de ceux de Bryan (1980) et Large Soto (1981). En Mauritanie, les captures accessoires sont plus importantes : elles varient entre 87 et 89% des captures totales avec un rapport Pa/Cg compris entre 7 et 8 (Diop, 1995). Les prises accessoires des crevettiers profonds sénégalais sont caractérisées par une grande diversité spécifique. Dans les captures, les poissons sont les plus importants, ils comptent plus de 41 espèces appartenant à plus de 30 familles. Ces résultats se rapprochent des observations de

Diouf (2008) qui a dénombré 27 taxons rejetés. Les principales espèces rejetées sont, en termes de captures, *Chlorophthalmus atlanticus*, *Brotula barbata*, *Munida sp*, *Zenopsis conchifer*, *Synagrops microlepis* et *Merluccius sp*.

Alors que la pêche nocturne cible essentiellement l'alistado. Les crevettes adultes s'enfouissent généralement dans le sédiment pendant le jour et nagent au voisinage du fond pendant la nuit ; c'est alors à ce moment qu'elles sont le plus capturées par les chaluts classiques (Garcia et Le Reste, 1981). En pêche de nuit, les prises accessoires des crevettiers profonds peuvent constituer jusqu'à 99% des captures totales. Ceci s'expliquerait par l'abondance faible des Alistado dans la zone sénégalaise. Les prises accessoires nocturnes présentent environ 16 espèces dont les 8 rejetées et le reste conservé comme le crabe rouge profond *Geryon martae* (27%) et *Lophiodes Kempfi* (17%) qui sont conservées en raison de leur grande valeur commerciale (Thiam et Fall, 2010).

Afin de réduire l'impact de cette pêcherie sur les autres ressources, des pays comme la Mauritanie, ont testé en 2005, l'introduction d'une grille sélective dans le chalut pour l'amélioration de la sélectivité du chalut à crevettes. Les résultats encourageants de cette campagne ont amené l'MROP à poursuivre les travaux à plus grande échelle. C'est ainsi qu'en 2008, une campagne test sur le choix de l'espacement des barreaux de la grille a été menée en mai 2008 en collaboration des partenaires sénégalais (CRODT) et étrangers (IMARES, EPAQ). Les résultats de cette campagne montrent une importante réduction des prises accessoires avec environ 96% de ces espèces (espacement 16 mm) s'échappent grâce à la mise en place de la grille (Thiam, 2008). Cependant, les pertes de crevettes sont en moyenne de 40% des captures de langostino et environ 30% de gamba. Ces pertes sont imputables au dysfonctionnement (asymétrie) du chalut durant les opérations de chalutage, jouant ainsi sur l'angle d'attaque de la grille qui a un rôle déterminant dans le bon fonctionnement de ce dispositif. En outre, la présence des pots à poulpe perdus et des débris dans certaines stations a obstrué la grille, empêchant ainsi le passage des crevettes.

L'utilisation de la grille de sélectivité Nordmore pourrait alors pallier ce problème, car elle est utilisée au Canada dans le même type de pêcherie, depuis les années 1990, avec succès.

### 1.2.3. Exploitation

L'exploitation des chalutiers crevettiers profonds porte principalement sur les crevettes profondes : Gamba (*P. longirostris*) et Alistado (*Aristeus varidens*). Le principal stock cible des pêcheries de crevettes profondes est le stock de Gamba, suivi du stock d'Alistado puis des divers poissons vivant dans les mêmes zones de pêche comme les merlus. Il existe un stock Sénégalais dont l'exploitation est gérable de façon indépendante (FAO, 2010).

#### ❖ Historique de la pêcherie

Au Sénégal, l'exploitation des ressources profondes a débuté vers les années 1960 (Thiam et al ; 1986). Jusqu'en 1981, elle était exclusivement le fait de navires battant pavillon espagnol. En 1982, dans le cadre de la promotion des industries locales, des navires espagnols prennent le pavillon sénégalais donnant ainsi naissance à une flottille chalutière nationale. De 1982 à 2006, coexistent une flottille nationale et une flottille européenne, principalement espagnole, sous accord de pêche. En 2006, l'accord de pêche avec l'Union Européenne (UE) prend fin, et depuis, l'intégralité de la flottille chalutière profonde reste sous pavillon sénégalais.

Actuellement, la flottille crevettière profonde sénégalaise est composée de 17 unités dont 13 sont actuellement opérationnelles et en activité. Dans tous ces armements de droit Sénégal, sont présents des partenaires espagnols. Ces armements sont des chalutiers congélateurs effectuant des marées qui durent en moyenne deux (2) mois. Les activités de pêche se font majoritairement dans la zone nord de la ZEE sénégalaise (Diarra, com. pers.). La production de crevettes profondes est exportée pratiquement à 100%.

#### ❖ **Captures**

La production mondiale de crevettes, pour toutes espèces confondues, représente 57% de la production en crustacés marins et 3% de la production halieutique totale (Benkabouche Bekadja et al., 2009). *P. longirostris* est une des espèces les plus communes des pêcheries méditerranéennes (Benkabouche Bekadja et al., 2009) et ouest africaines.

Dans l'état actuel du système d'information concernant la pêche, il est difficile de connaître la quantité exacte de crevettes profondes pêchées par ces chalutiers. Différentes sources de données donnent des résultats sensiblement proches mais pas exactement les mêmes concernant les débarquements de crevettes profondes (Fig. 1.6). La différence entre les différentes structures de collecte de données plaide en faveur d'une révision du système d'information concernant la pêche afin de disposer d'une seule source de base de chiffres validés.

#### ❖ **Efforts de pêche**

L'évolution de l'effort de pêche dirigé sur la crevette profonde montre une nette tendance à la hausse de 1992 à 2006 (Fig. 1.7). Cet accroissement de la pression de pêche est principalement lié à la valeur commerciale élevée de cette espèce mais surtout à la reconversion de beaucoup de chalutiers à cette pêche après la situation dégradée (surexploitation) des ressources démersales côtières qui étaient auparavant fortement recherchées.

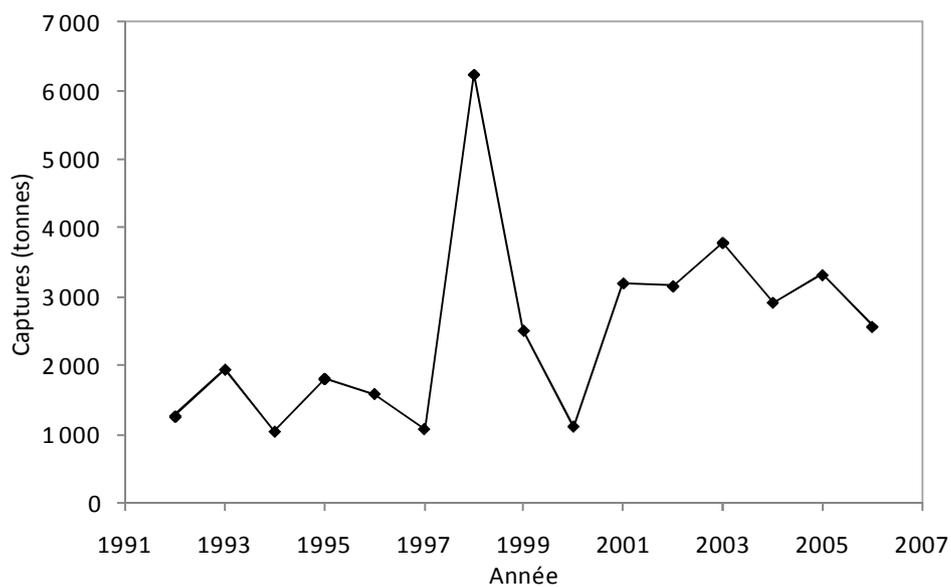


Figure 1.6. Captures totales de crevettes gamba de 1992 à 2006 (source CRODT)

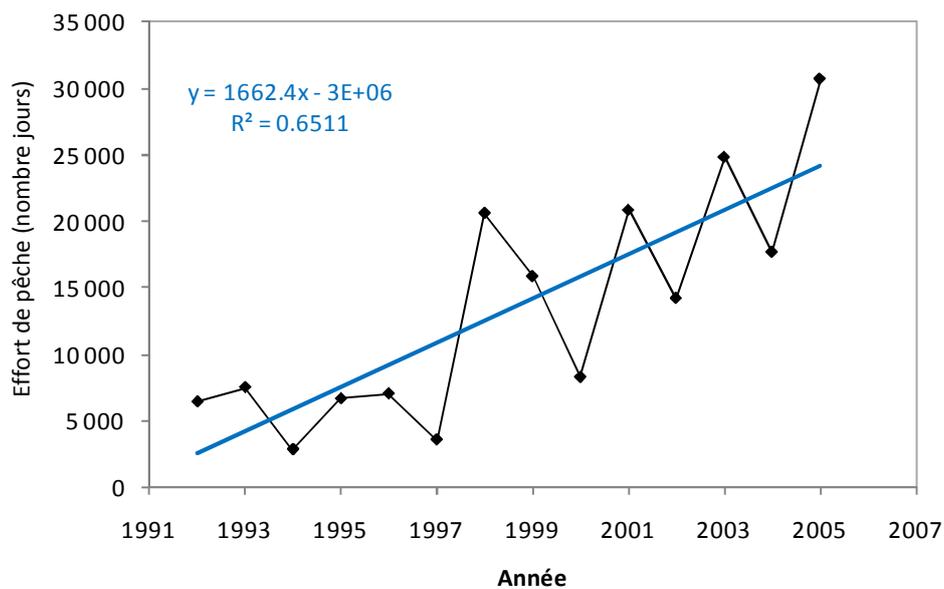


Figure 1.7. Efforts de pêche de la pêche industrielle étrangère exploitant les crevettes gamba de 1992 à 2006.

#### 1.2.4. Autres espèces de crevettes profondes exploitées au Sénégal

Quatre espèces de crevettes profondes sont principalement pêchées en Afrique de l'Ouest dont *P. longirostris* (Figure 1.8) est la plus importante (Lhomme, 1981). Au Sénégal, d'autres espèces de crevettes sont capturées accessoirement. Celles-ci sont très minoritaires dans les captures, souvent inférieures à 1%. Néanmoins, on va les mentionner pour indiquer leur présence dans les pêcheries.

##### ❖ *Aristeus varidens* (Holthuis, 1980)

*Aristeus varidens* (Figure 1.9) est une espèce profonde observée le long des côtes ouest africaines. Ses caractéristiques biologiques ont été étudiées lors de campagnes de chalutages scientifiques menées conjointement entre l'Espagne et le Sénégal sur les stocks profonds du Sénégal (Caverivière et al., 1986). Les informations mentionnées sont donc tirées du rapport de Caverivière et al. (1986).

L'espèce est plus connue sous l'appellation espagnole « Alistado ». Elle est la seconde espèce profonde en importance du point de vue commercial après *P. longirostris*. L'alistado est une crevette plus grosse que la gamba. Sa distribution bathymétrique s'étend jusqu'à 1 000 m mais sa présence n'est en général significative de 400 m à 800 m.

Les meilleurs rendements moyens sont obtenus par ordre d'importance en Casamance (31 Kg/h en saison chaude), au Sine Saloum (11 Kg/h avec une absence presque totale en fin de saison froide) et à Saint-Louis (5 Kg/h). Les valeurs moyennes les plus élevées sont obtenues en saison chaude (juin-juillet) et entre 500 et 600 m, dans toutes les zones.

Le sex-ratio est en faveur des femelles (65%). Son évolution suivant la profondeur ne montre pas de tendance générale ; les mâles et les femelles sont par ailleurs présents dans toutes les strates.

La taille moyenne des mâles est toujours inférieure à celle des femelles pour toutes les strates bathymétriques. Une augmentation de la taille moyenne des individus avec la profondeur est observée aussi bien chez les mâles que chez les femelles.

##### ❖ *Plesiopenaeus edwardsianus* (Johnson, 1867)

*Plesiopenaeus edwardsianus* (Figure 1.10) vit dans les mêmes profondeurs que *Heterocarpus ensifer* (Domain et al. 2002). C'est une espèce encore appelée « carabinero » (espagnole). Elle a été pêchée du nord au sud du Sénégal (Caverivière et al., 1986).

Elle se rencontre entre 300 et 800 m dans les fonds de crevettes du Sénégal et les meilleurs rendements sont obtenus entre 500 et 800 m. Le rendement moyen le plus élevé n'a cependant été que de 1,9 Kg/h et a été obtenu en février-mars au Saloum à 600-700 m (Caverivière et al., 1986).

Malgré son faible abondance apparente, l'espèce présente de bonnes qualités commerciales : une belle présentation et de grandes tailles pouvant atteindre 310 mm LT (Caverivière et al., 1986).

##### ❖ *Plesionika martia* (A. Milne Edwards, 1883)

*Plesionika martia* est une espèce de grande taille (Figure 1.11) qui se prête à la congélation. Elle vit à des profondeurs comprises entre 300 et 600 m. Au plan culinaire, c'est l'espèce la plus appréciée des crevettes qui vivent au large (Domain et al., 2002).

Tableau 1.4. Principaux résultats sur l'état d'exploitation du stock *P. longirostris* au Sénégal

Source	Zone	Etat du stock	Observations	Recommandations
Thiam et al., 1990	Sénégal	Stock pleinement exploité (MSY= 2700 tonnes)		Réduire l'effort de pêche
FAO, 1993, 1997 et 2000	Sénégal	stock pleinement exploité (1997), stock non surexploité (2000)	Insuffisance de données biologiques (1993 et 2000),	gestion de précaution (1993), gel de l'effort de pêche (2000)
	Mauritanie			
	Maroc			
FAO, 2003	Sénégal	En 2004, stock pleinement exploité (MSY = 2560 tonnes)	Le niveau d'exploitation est incertain.	Ne pas augmenter l'effort f avant les prochaines évaluations dans la zone Sénégalgambie
	Mauritanie	pleinement exploité		
	Maroc	Stock surexploité		
FAO, 2007	Sénégal		résultats peu fiables pour mais forte probabilité de surexploitation	Réduire l'effort de pêche actuel
	Mauritanie	pleinement exploitée		
	Maroc	Stock surexploité		



Figure 1.8. *Parapenaeus longirostris*  
Source : [www.chtipecheur.com](http://www.chtipecheur.com)

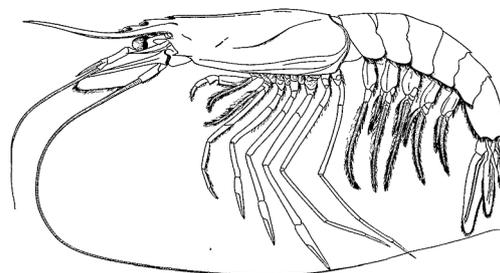


Figure 1.9. *Aristeus varidens* (Holthuis, 1980)  
Source: Crosnier et De Bondy, 1967



Figure 1.10. *Plesiopenaeus edwardsianus*  
<http://www.ictieterm.es>



Figure 1.11. *Plesionika martia*  
<http://www.biosearch.in>

### 1.2.5. Impact de l'exploitation des crevettes profondes sur l'écosystème marin

L'exploitation des crevettes engendre beaucoup de prises accessoires et des rejets. Les résultats de l'échantillonnage biologique ont montré que, plus de 30 espèces sont accessoirement capturées. Les crevettiers en rejettent davantage, avec une proportion importante de taxons inconnus (Diouf, 2008). Ainsi, mis à part les taxons inconnus de part et d'autre, les merlus constituent globalement les rejets les plus importants dans les pêcheries profondes. L'importance des merlus dans les pêcheries s'explique par l'importance des merluchons de taille non réglementaire, surtout en saison chaude et le faible maillage du chalut. La taille des taxons n'est pratiquement pas renseignée (93% des marées). Toutefois, les observateurs précisent souvent, dans les rares cas où cela se produit, qu'il s'agit de petites tailles sans autre précision. Ailleurs, il a été constaté que les crevettiers espagnols débarquent plus de 17 espèces. En Mauritanie, les captures de crevettes représentent en moyenne 10,7% des prises totales et les prises accessoires plus de 89 % (Diop, 1995).

En plus de ces effets néfastes sur la biodiversité, le développement technologique observée au cours de ces trois dernières décennies, a permis l'exploitation des zones et des ressources non exploitées auparavant. L'innovation du chalutage a substantiellement augmenté la production des pêcheurs. Actuellement, cet engin est le plus utilisé dans le monde à bord des unités industrielles (plus de 90% en Mauritanie). Le chalut est le premier engin indexé en tant que responsable de la situation dégradée des stocks halieutiques mondiaux et des environnements qui les supportent. Les effets destructifs du chalutage sur les écosystèmes sont les suivants : modification de la structure du sédiment, modification de la chimie des fonds, altération des habitats marins, composition de la flore et de la faune fixée est détériorée, disparition de certaines espèces au profit de prédateurs nécrophages et l'érosion de la biodiversité. Ces effets s'expliquent, principalement, par le fait que le chalut est un engin très peu sélectif avec un gréement souvent très agressif sur le biotope.

De plus, la chaîne racleuse est un dispositif trainé devant le bourrelet pour soulever les organismes enfouillés dans le fond. Les effets de la chaîne racleuse sur les fonds marins sont entre autres : cisaillement des fonds, mise en suspension des particules du sédiment, arrachement de la flore et de la faune fixée sur le fond et destruction des habitats.

### 1.2.6. Mesures de gestion des pêcheries de crevettes profondes

Au Sénégal, il n'existe pas actuellement un plan stratégique axé spécifiquement sur la gestion des ressources halieutiques profonde. Cependant, un plan d'aménagement de la pêcherie de crevettes profondes a été soumis en novembre 2009 pour avis au Conseil National Consultatif des Pêches Maritimes pour application.

Au Sénégal, la gamba a fait l'objet de plusieurs évaluations par le COPACE, en maintenant justement l'hypothèse d'un stock Sénégalais indépendant. Il ressort de ces évaluations une estimation de la production maximale équilibrée (MSY) de 2 447 tonnes. Toutefois, il est très important de noter que ce potentiel de production doit être pris à titre «indicatif» et comme un potentiel «moyen» car sa marge de variabilité interannuelle est probablement importante, du fait de la biologie de cette espèce. De là, il est important que le plan d'aménagement prévoit un système flexible de fixation des possibilités de captures. La pêcherie exploite la ressource au-delà du MSY. Cette surexploitation biologique est accompagnée d'une surexploitation économique. La conséquence de cette dernière est que la pêcherie produit très peu de bénéfices pour le Sénégal. Tout d'abord, la pêcherie a un impact

négalif sur d'autres ressources. La pêche occasionne des prises accessoires de poissons relativement importantes avec par la suite un niveau de rejet élevé. L'état du stock de *P. longirostris* est évalué au niveau du COPACE. Le tableau 1.4 résume les principaux résultats obtenus lors de différents groupes de travail.

Le maillage actuel est fixé à 40 mm. Une étude de sélectivité a été menée afin de bien appréhender l'impact de différentes tailles de maille minimale. Ensuite, l'identification de concentration de juvéniles permettra aux pêcheurs d'éviter ces concentrations, et de cette façon améliorer le diagramme d'exploitation vers les crevettes adultes. Bien entendu, vu le cycle de vie de la crevette, il y aura toujours des crevettes de petite taille dans les captures, donc le but n'est pas de les éliminer mais simplement de les réduire afin d'augmenter la richesse générée par l'exploitation de la ressource. Vu la forte disparité des prix au débarquement de la crevette profonde en fonction de sa taille, une amélioration du diagramme d'exploitation pourrait sensiblement augmenter le chiffre d'affaires et donc la rente de la ressource obtenue de cette pêche. Une telle amélioration sera bénéfique aussi bien pour les usagers que pour le gouvernement.

La pêche des ressources démersales profondes est gérée actuellement sur la base d'une licence de pêche spécifique. L'exercice de la pêche industrielle étant subordonné à la possession d'une licence en cours de validité, délivrée par le Ministre chargé de la pêche après avis favorable de la commission consultative d'attribution des licences suite à une demande. Ces licences ne sont pas cumulables : un navire ne peut être bénéficiaire, en même temps, de plus d'une licence de pêche pour opérer dans les eaux maritimes sous juridiction du Sénégal, sauf dispositions réglementaires spéciales. Les licences sont non transférables, la licence de pêche attribuée à un navire déterminé ne peut en aucun cas être transférée à un autre navire, sauf en cas de force majeure dûment constatée.

Plusieurs dénominations de licence concernent les espèces profondes : chalutiers crevettiers opérant sur les stocks de *P. longirostris* et de *A. Varidens*, chalutiers poissonniers qui concernent les navires opérant sur les stocks de merlus principalement, palangriers de fond, casiers à langouste rose, casiers à crabe profond. L'octroi d'une licence de pêche ou son renouvellement est subordonné au versement d'une redevance dont le montant et les modalités de paiement sont fixés par arrêté interministériel : option chalutiers glaciers poissonniers qui opèrent sur les stocks de merlu, la redevance est de 20 000 francs CFA/TJB/an, option chalutiers congélateurs crevettiers qui s'exercent sur les stocks de crevette profonde notamment le *P. Longirostris* la redevance est de 50 000 francs CFA/TJB/an.

---

## 2. Evolution de l'abondance du stock de crevettes profondes

---

### Introduction

Une méthode de modélisation de type GLM (Generalized Linear Model en anglais ou Modèle Linéaire Généralisé en français) est utilisée pour estimer des indices annuels d'abondance, à partir des données de captures par unité d'effort (CPUE) de pêche industrielle étrangère. Cette approche conduit à estimer un schéma de répartition spatio-temporelle et à utiliser ce schéma moyen dans le calcul des indices d'abondance annuels.

De nombreuses co-variables sont susceptibles de faire varier la capture par unité d'effort : type de bateau, puissance du bateau, zone de pêche, etc. La procédure statistique mise en œuvre permet de faire le choix des variables explicatives à conserver dans le modèle statistique. Le GLM «rééquilibre» en quelque sorte, le plan d'échantillonnage pour toutes les modalités des variables qui sont retenues dans le modèle. Les variables retenues sont celles qui ont un effet statistiquement significatif et qui expliquent une part non négligeable de la variabilité des données. Le principe consiste alors à filtrer l'effet des variables retenues autres que l'année pour extraire une série d'indices d'abondance annuels.

L'estimation d'indices d'abondance annuels de *P. longirostris* vise deux objectifs : (1) ils permettent de suivre l'abondance de l'espèce au cours des années ; ce sont donc des indicateurs directs de l'état d'un stock et (2) ils peuvent être utilisés comme variables d'entrée dans les modèles d'évaluation des stocks ; ils permettent d'estimer des efforts de pêche théoriques dans le cas du modèle global (Gascuel et Thiam, 1994).

## 2.1. Matériel et méthodes

### 2.1.1. Données de statistiques de pêche

Les deux principales sources de données halieutiques du Sénégal représentées par les cellules statistiques du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT) et de la Direction des Pêches Maritimes (DPM) sont utilisées. Ces deux sources sont sollicitées mais on s'appuiera principalement sur les données fournies par le CRODT, institution possédant l'information la plus complète et la plus diversifiée sur les ressources (les quantités débarquées). Et parallèlement, le CRODT collecte aussi l'information nécessaire, dans un format scientifique adapté aux besoins de l'évaluation des stocks, en ce qui concerne l'activité de pêche : nombre et caractéristiques des bateaux (dimensions, volume, pavillon, types de licence, engin, etc.), temps de mer, etc. Les bases de données publiques de la DPM sont utilisées comme complément d'information, et pour des besoins de recoupements et de vérifications, en particulier sur les efforts de pêche totaux et les quantités totales débarquées.

L'indice d'abondance des crevettes profondes *P. longirostris* a été estimé à partir des données de la pêche industrielle étrangère sur la période 1992-2006. Pour la pêche industrielle sénégalaise, les données des différentes espèces de crevettes n'ont pas été séparées dans la base. Pour toute espèce de crevettes profondes, les données sont saisies dans la rubrique espèce « crevettes profondes ».

Les prises par unité d'effort de la pêche industrielle étrangère côtière et profonde, exprimées en kilogramme par jour de mer sont utilisées pour estimer des indices d'abondance standardisés représentatifs de l'abondance du stock de crevettes profondes. Les données de la pêche industrielle sont agrégées par trait de chalut (Tableau 3.1) et disponibles par année, par mois, nombre de jours en mer, navire et zone de pêche, au cours de la période 1992-2006. Pour l'estimation des indices d'abondance des crevettes profondes, nous avons considéré comme variables explicatives potentielles les effets « zone », « saison », « nombre de traits de chaluts » et « classe TJB ». Les modalités pour chacune de ces variables sont présentées dans le tableau 3.2.

### 2.1.2. Méthodes

#### 2.1.2.1. Principes généraux

De nombreuses méthodes existent pour estimer des indices d'abondance. Le modèle linéaire fait partie des outils les plus utilisés et est appliqué aux données des campagnes scientifiques ou aux données de prises par unité d'effort de différentes flottilles. Le GLM (Generalized Linear Model) est une extension du modèle linéaire (McCullagh et Nelder, 1989 ; Dobson, 1990 ; Hastie et Pregibon, 1992). Comparativement au modèle linéaire, il permet de lever certaines hypothèses plus ou moins contraignantes telles que l'hétérogénéité des variances, la normalité des erreurs et de prendre compte des contraintes dans le domaine de la variation de l'espérance de l'observation (in Laurans, 2005).

En général, on ne dispose que de données indirectes (captures et efforts de la pêche industrielle) pour estimer un indice d'abondance. Or celui-ci est, en fait, la capture par unité d'effort (CPUE) qui est très variable suivant la flottille considérée. Une première approximation d'un indice d'abondance consiste à estimer pour chaque flottille, une CPUE moyenne par année. Cette méthode, en raison de sa rapidité d'exécution présente un grand avantage et est souvent retenue. Cette approche est utilisée dans un but comparatif entre les résultats issus de cette démarche et ceux obtenus par modélisation GLM de ces mêmes CPUE (Gascuel et Thiam, 1994).

La modélisation de type GLM est utilisée pour deux raisons principales :

D'une part, le modèle conduit en quelque sorte à un « *rééquilibrage du plan d'échantillonnage* ». Les jeux de données sont en général très déséquilibrés (la répartition saisonnière et spatiale des relevés est variable d'une année à une autre). En attribuant un même poids à chaque modalité des variables explicatives retenues, le modèle conduit à des estimations équivalentes à celle d'un plan d'échantillonnage équilibré.

D'autre part, la modélisation permet *un traitement simultané des données de différentes années, en tenant compte des informations acquises chaque année*. En particulier lorsque les tests statistiques le justifient, on tient compte des effets de puissance de pêche par catégorie de navire et des schémas de répartition spatio-temporelle calculés en valeur moyenne sur l'ensemble de la période. L'indice d'abondance ainsi estimé chaque année par ce modèle tient alors compte de ces facteurs de standardisation et/ou de ces schémas saisonniers.

La modélisation GLM permet également d'analyser des séries de CPUE dont la distribution n'est pas normale (par exemple une distribution gamma, poissonnienne, binomiale ou delta). Ce type de modèle décrit la distribution et la variabilité d'une CPUE au regard de certains facteurs mesurables. Ces derniers permettent d'expliquer, au moins pour partie, la variabilité des CPUE. Les effets pouvant être pris en compte, relativement à la fraction accessible de la population, sont :

- ✓ un effet « année » qui prend en compte la variation interannuelle de l'abondance du stock et de l'efficacité de la (ou des) flottille (s),
- ✓ un effet « mois » ou « saison » qui intègre la disponibilité saisonnière du stock par rapport à la zone, la période d'étude et l'efficacité saisonnière de la flottille liée aux modifications d'activité,
- ✓ un effet « zone » qui tient compte de la variation spatiale d'abondance et d'accessibilité du stock sur la période ainsi que l'efficacité spatiale de la flottille sur la période,
- ✓ un effet « catégorie de navire » qui intègre l'efficacité différentielle d'un groupe de navire sur la zone et la période d'étude par rapport au restant de la flottille.

Lors de l'application du modèle, les effets simples et d'interactions sont recherchés. Mais en général, peu d'effets d'interactions sont conservés car ils expliquent une faible part de la déviance du modèle tout en augmentant fortement le nombre de degré de liberté.

La décision de retenir ou de rejeter un modèle dépend de (1) l'analyse de la significativité de l'ajustement du modèle aux données, (2) l'examen du coefficient de détermination ( $R^2$ ) et du degré de liberté jusqu'à un niveau raisonnable lié à l'ensemble du modèle et à chaque facteur introduit, (3) la vérification des hypothèses de base de l'analyse de variance : analyse des résidus (histogramme de fréquence des résidus, graphique résidus-prédits, graphique variance-prédits et vérification de la normalité des résidus), (4) des critères biologiques et/ou halieutiques liés à la cohérence et à « l'interprétabilité » des résultats obtenus mais surtout (5) du critère d'Akaike (AIC, Akaike, 1974). Ce dernier permet de comparer la qualité des différents modèles testés en vue de choisir le meilleur d'entre eux.

Tableau 3.1. Données de pêches commerciales (CRODT) utilisées pour l'estimation des indices d'abondance de *P. longirostris* par modélisation GLM

Types de pêche	Période	Caractéristiques de la donnée unitaire	Nombre d'enregistrements
Pêche industrielle étrangère	1992 - 2006	CPUE par traits de chalut (Kg/jour en mer)	9200

Tableau 3.2. Description des variables explicatives associées aux données commerciales pêche industrielle étrangère CRODT.

Variables explicatives	Modalités	Description des modalités
	1	Grande Côte
	2	Dakar
	3	Petite Côte
	4	Saloum
	5	Gambie
	6	Casamance
	7	Roxo
2 saisons	1	Novembre à mai
	2	Juin à octobre
3 saisons	1	Janvier à mai
	2	Juin à août
	3	Septembre à décembre
4 saisons	1	Janvier à mars
	2	Avril à juin
	3	Juillet à septembre
	4	Octobre à Décembre
Mois	12 mois	12 mois de chaque année
Classe TJB	1	< 50 TJB
	2	50 ó 149 TJB
	3	150 ó 249 TJB
	4	250 ó 499 TJB
	5	× 500 TJB
Type de pêche	1	Chalutier congélateur
	2	Chalutier glacier
Nombre de traits de chalut	1	[0 ; 9]
	2	[10 ; 49]
	3	[50 ; 99]
	4	× 100

Les différentes valeurs de CPUE sont transformées par le logarithme népérien afin de diminuer leur variabilité et de rendre compte de la nature multiplicative des processus qui déterminent les changements d'abondance. La transformation logarithmique des CPUE suit généralement une distribution proche de la loi gaussienne. Par ailleurs, l'importance des enregistrements nuls dans les CPUE (e.g. « zero-inflated data ») empêche souvent l'utilisation d'un modèle de type LM pour modéliser les effets des différents facteurs (année, zone, type de navire  $i$ ). Pour remédier à cela, on a recouru à un modèle de type Delta (Le Pape et al., 2003 ; Laurans, 2005). Ce modèle est obtenu en combinant deux sous-modèles : (1) un premier modèle pour modéliser l'absence et la présence de l'espèce dans les traits de chalut ; (2) l'autre pour modéliser les valeurs positives des CPUE. Selon le cas, un modèle est ajusté, pour chaque série. A partir de ce modèle, l'indice d'abondance annuel est estimé.

### 2.1.2.2. Sous modèle 1 : Distribution binomiale de présence-absence

Les probabilités de présence sont d'abord obtenues par un recodage binaire (0 = absence et 1 = présence) des CPUE. Ensuite, un modèle GLM avec l'hypothèse d'une distribution binomiale est mis en œuvre :

$$(1) \quad z_{i,j,k,l,m,n} = \log \text{it} ( p_{i,j,k,l,m}^{>0} )$$

$$(2) \quad z_{i,j,k,l,m} = \mu_i + \alpha_j + \beta_k + \gamma_l + \delta_m$$

où  $P_{i,j,k,l,m}$  est l'espérance de la probabilité de présence de l'espèce considérée pour le bateau  $i$  de classe de taille  $j$ , calculée pour la zone de pêche  $k$ , à la saison  $l$  de l'année  $m$ ,  $\mu_i$  un effet classe de taille du bateau exprimée en TJB,  $\beta_k$  un effet zone de pêche,  $\gamma_l$  un effet saison,  $\delta_m$  un effet année.  $i, j, k, l$  et  $m$  sont utilisés pour indiquer les niveaux de chaque variable. Notons que ce modèle est écrit ici avec seulement 4 variables explicatives pour la pêche industrielle et que dans les analyses, il peut être élargi à d'autres variables explicatives existantes dans les bases de données et pour d'autres pêcheries.

La prédiction de la probabilité de présence est faite en premier lieu dans l'échelle de la fonction de lien logit () et le passage au référentiel initial est obtenu par la transformation inverse (calcul automatique sous R) :

$$(3) \quad \hat{p}_{i,j,k,l,m}^{>0} = \frac{e^{z_{i,j,k,l,m}}}{1 + e^{z_{i,j,k,l,m}}}$$

### 3.1.2.3. Sous modèle 2 : Distribution gaussienne du log des CPUE non nulles

Le modèle GLM est appliqué ici uniquement sur les enregistrements correspondant à des CPUE positives. Dans un premier temps, une transformation logarithmique est appliquée sur les données afin d'homogénéiser les variances et de tenir compte de la nature multiplicative des effets étudiés. On suppose que la réponse  $\log(\text{IA})$  suit un modèle linéaire du type :

$$(4) \quad U_{i,j,k,l,m} = \log( \text{IA}_{i,j,k,l,m} ) = \mu_i + \alpha_j + \beta_k + \gamma_l + \delta_m + \varepsilon_{i,j,k,l,m}$$

où  $IA_{i,j,k,l,m}$  est la CPUE du bateau  $i$ , de classe de taille  $j$ , calculée pour la zone de pêche  $k$ , à la saison  $l$  de l'année  $m$  et  $\hat{u}_{i,j,k,l,m}$  un terme d'erreur résiduelle.

Afin de revenir à l'échelle initiale des CPUE, une transformation exponentielle est effectuée en tenant compte de la correction de Laurent (1963) qui permet d'obtenir des valeurs non biaisées de l'espérance de l'indice d'abondance (IA) :

$$(5) \quad \hat{IA}_{i,j,k,l,m}^{>0} = e^{\hat{u}_{i,j,k,l,m}^{>0}} \cdot e^{1/2 \cdot \sigma^2}$$

$\sigma^2$  est la variance de l'estimateur associé à l'observation.

#### 2.1.2.4. Combinaison des deux sous-modèles

Les indices d'abondances prédits par le modèle delta (IA) sont obtenus par le produit des probabilités de présence-absence et des CPUE prédites pour les observations non nulles (in Le Pape et al., 2003 ; Laurans, 2005) :

$$(6) \quad \hat{IA}_{i,j,k,l,m} = \hat{p}_{i,j,k,l,m}^{>0} \cdot \hat{IA}_{i,j,k,l,m}^{>0}$$

Les valeurs prédites par l'équation (6) sont calculées dans un tableau généré par une boucle sous R, pour toutes les combinaisons possibles des modalités des variables retenues. Ensuite, une moyenne sur l'ensemble des modalités des facteurs autres que l'année permet d'obtenir la prédiction de l'indice d'abondance pour l'année correspondante.

## 2.2. Résultats

### 2.2.1. Ajustement des modèles

L'histogramme des CPUE de la crevette profonde (figure 3.1) montre une proportion de valeurs nulles (0). Cela justifie l'utilisation d'une loi « Delta » qui caractérise le fait que pour un grand nombre de traits de chalut, aucune capture n'est réalisée.

Le modèle binomial explique 39.1% de la déviance totale des données de présence/absence (Tableau 3.3). Les facteurs retenus sont : l'année, la classe de TJB, le mois, le nombre de traits et le type de conservation (congélateur ou glacier). Les effets statistiques les plus importants, en termes de déviance expliquée, sont le type de conservation (55.1% de la déviance expliquée), le nombre de traits (15.6%), l'année (10.8) et la zone (10.3%).

Les probabilités de présence estimées montrent que *P. longirostris* est de moins en moins présent dans les débarquements au cours de la série chronologique. Sa probabilité de présence au cours des années 1990 fluctuait entre 0,4 et 0,75, et elle est de 0,3 en 2006 (soit 3 traits de chalut sur 10 par an).

Pour le modèle gaussien, le modèle retenu intègre les facteurs explicatifs suivants : l'année du trait de chalut, la zone de pêche, la classe de TJB du navire, le nombre de traits de chalut et son type de conservation. Le modèle explique 29.9% de la déviance. Le nombre de traits de chalut, la zone de pêche et l'année expliquent la part la plus importante de la variabilité (Tableau 3.3).

Les résidus en fonction des valeurs observées du modèle retenu sur les valeurs positives, montre globalement un bon ajustement avec l'absence d'auto-corrélation des résidus, et une distribution assez homogène sur l'ensemble des valeurs. La droite de Henry (Q-Q plot) qui compare les valeurs des quantiles de la loi empirique aux quantiles de la loi normale centrée réduite, confirme aussi la normalité de la distribution.

### **2.2.2. Schéma de répartition spatio-temporelle**

Les résultats montrent que l'occurrence est particulièrement importante dans les régions nord et sud du Sénégal (Figure 3.2a). La crevette profonde est présente dans la région centre, mais les occurrences sont faibles. Ceci permet de localiser les stocks de crevettes profondes ou zones de pêche aux larges des côtes sénégalaises. Les résultats obtenus montrent qu'il existe deux (2) zones de pêche de crevettes profondes (Annexe 3). L'espèce est présente toute l'année avec des occurrences plus élevées en saison froide. Autrement dit, son occurrence est plus importante durant la période octobre à juin avec pic important en mai-juin (Figure 3.2b). Par contre, son occurrence est relativement faible en été.

Les rendements élevés de crevettes profondes sont observés dans la région sud et nord (Figure 3.4a). L'essentiel des captures nationales de crevettes profondes sont issues dans ces deux zones où l'importance des flottilles industrielles au Nord et au Sud. Le rendement moyen annuel est de l'ordre de 380 Kg/jour de pêche au Nord et de 350 Kg/jour de pêche au Sud. Les abondances les plus élevées sont observées en début et fin de chaque année, c'est-à-dire de septembre-octobre à juin et les abondances faibles, en juillet et août (Figure 3.b). Une analyse mensuelle des rendements de gamba montre que la meilleure saison de pêche se situe de novembre à juin, les rendements faibles étant observés en fin de saison chaude, en septembre (Thiam et al., 1990).

### **2.2.3. Evolution de l'abondance**

L'évolution de l'indice d'abondance montre une nette diminution d'un facteur de 2 (Figure 3.5); l'abondance des crevettes qui était près de 300 Kg/jour de pêche et par trait de chalut en 1994 diminue jusqu'à 50 Kg/jour de pêche en 2006. En plus de cette diminution, l'abondance de l'espèce varie d'une année à une autre. Les indices d'abondance calculés par le modèle delta et gaussien présentent globalement la même allure que l'évolution de l'occurrence de l'espèce (Figure 3.6). L'année 1998 a été particulièrement marquée par des captures élevées. Ces captures s'expliquent par des niveaux de rendements aussi élevés.

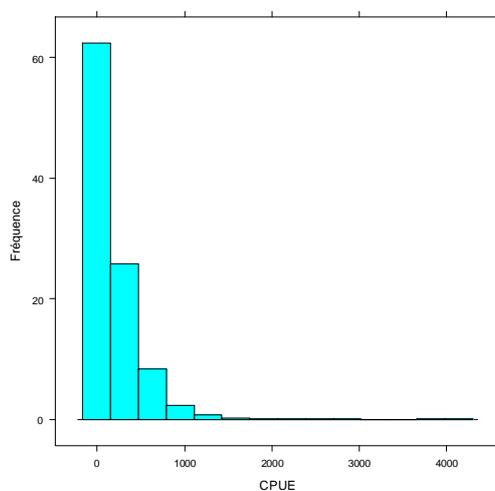


Figure 3.1 : Fréquences des valeurs de CPUE de *P. longirostris*

Tableau 3.3. Modélisation GLM des CPUE de la crevette profonde, *Parapenaeus longirostris*, pêche industrielle sénégalaise (Sources : données pêche industrielle sénégalaise CRODT)

Modèle binomial : Présence/absence *P. longirostris* ~ Année + zone de pêche + mois + classe TJB + nombre de traits + Type de pêche.

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	% Deviance	P(> Chi )
NULL			9199	12494.2		
Année	15	525.35	9184	11968.9	4.20	2.20E-16
Zone de pêche	6	501.1	9178	11467.8	4.01	2.20E-16
Saison	3	143.26	9175	11324.5	1.15	2.20E-16
Classe TJB	3	263.41	9172	11061.1	2.11	2.20E-16
Nombre de traits	4	760.3	9168	10300.8	6.09	2.20E-16
Type de pêche	1	2686.59	9167	7614.2	21.50	2.20E-16

Modèle gaussien : CPUE *P. longirostris* ~ Année + 8 zones + mois + TJB + nombre de traits + Type de pêche.

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	% Deviance	P(> Chi )
NULL			5370	7158.5		
Année	14	337	5356	6821.5	4.71	< 2.2e-16
Zone de pêche	6	589.11	5350	6232.4	8.23	< 2.2e-16
Mois	11	126.77	5339	6105.6	1.77	< 2.2e-16
Classe TJB	3	15.74	5336	6089.9	0.22	0.0008095
Nombre de traits	4	959.76	5332	5130.1	13.41	< 2.2e-16
Type de pêche	1	109.66	5331	5020.4	1.53	< 2.2e-16

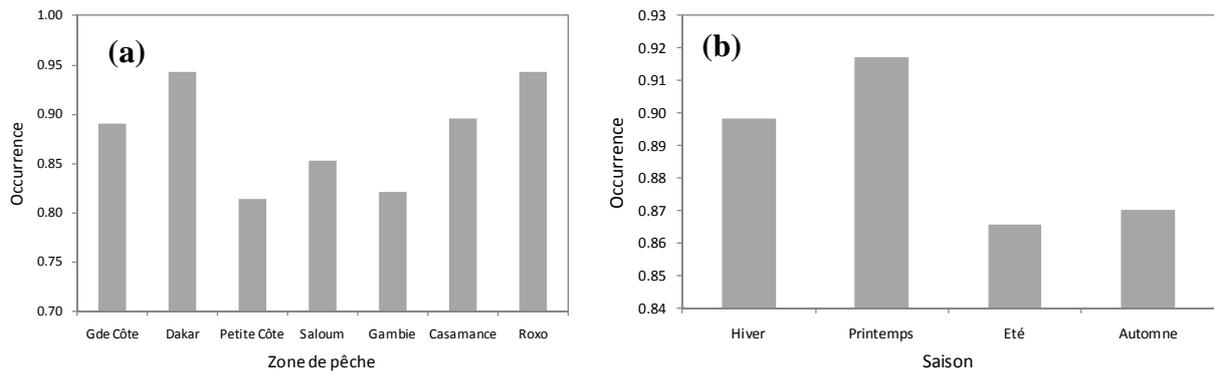


Figure 3.2. Variations spatiale (a) et saisonnière (b) de l'occurrence de *P. longirostris*.

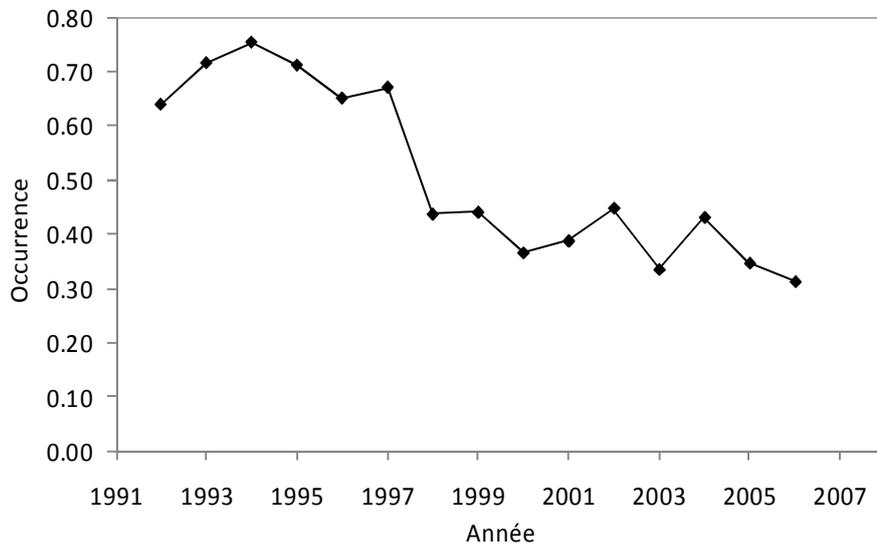


Figure 3.3. Evolution des probabilités de présence de *P. longirostris* dans les traits de chalut

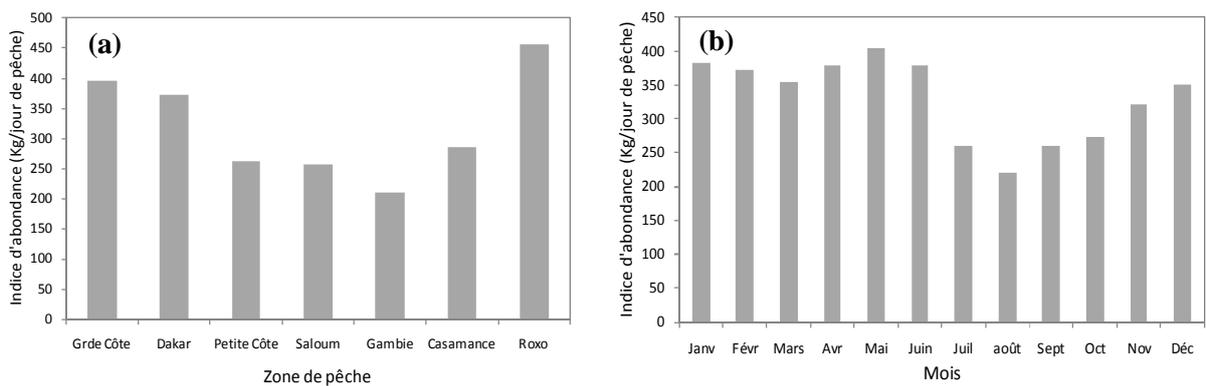


Figure 3.4. Répartition géographique (a) et variation saisonnière (b) de l'abondance de *P. longirostris*

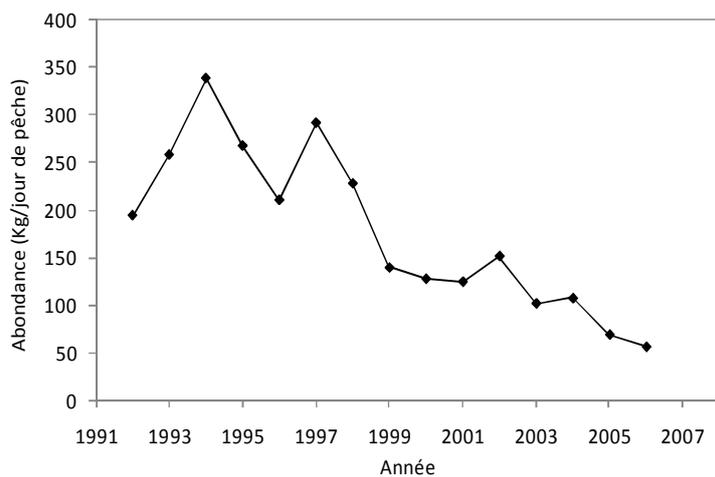


Figure 3.5. Indices d'abondance standardisés des crevettes profondes *P. longirostris*.

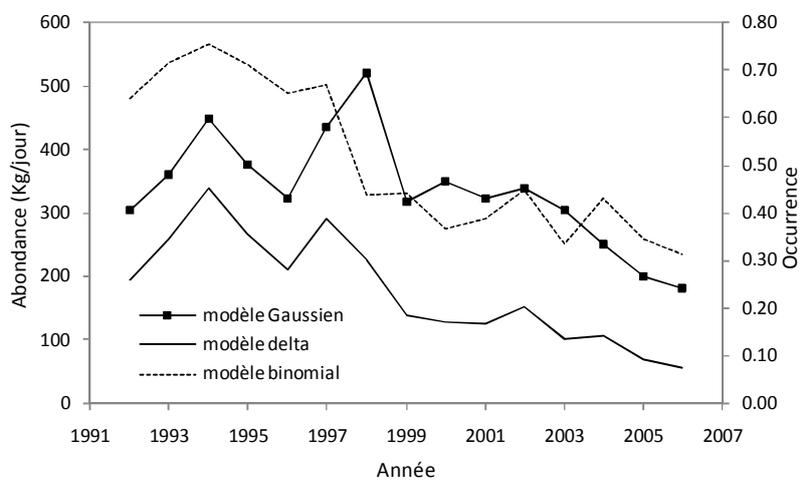


Figure 3.6. Indices d'abondance estimés pour le stock de crevettes profondes.

### 2.3. Discussion et conclusion

*P. longirostris* présente une nette diminution de son abondance au cours de la période 1992-2006. En plus de cette diminution, son abondance varie d'une année à une autre.

Quant à la diminution régulière des rendements de crevettes profondes avec le temps, on pourrait la relier à l'augmentation de l'effort de pêche. Cette explication a été également proposée par Thiam et al. (2009) qui avaient déjà observé cette diminution des rendements.

Les tendances traduites par les CPUE semblent être plus cohérentes avec la connaissance issue de l'expertise. Par exemple, la nette diminution de l'abondance de la crevette profonde depuis 1992 est constatée sur le terrain. Ceci s'explique par le fait que les navires commerciaux sont plus enclin à capturer cette espèce, vu l'importance du temps de pêche fourni.

Au Sénégal, le peuplement demersal côtier est soumis, depuis une cinquantaine d'années, à une intense exploitation, entraînant ainsi des changements importants (Gascuel et al., 2004) et une instabilité accrue (Domalain et al., 2004) dans la composition du peuplement marin. Sur le long terme (5 dernières décennies), les captures de la plupart des poissons démersaux sont en nette diminution (Gascuel et al., 2004 ; Thiaw et al., 2009 ; Thiaw, 2010).

---

### 3. Diagnostic sur l'état du stock de crevettes profondes

---

#### Introduction

Cette partie est consacrée à l'évaluation de l'impact de la pêche sur la dynamique des populations de crevettes profondes *P. longirostris*. C'est une espèce à courte durée de vie, dont l'abondance et la production sont très variables d'une année à l'autre, en liaison notamment avec l'influence du climat sur le recrutement.

Les modèles globaux de production sont appliqués, en vue d'analyser l'impact de la pêche et de l'environnement, en particulier l'upwelling côtier sur l'abondance du stock de crevettes profondes. Pour cela, deux types de modèles sont mis en œuvre : les modèles globaux sans effet de l'environnement (Modèles de Schaefer (1954), Pella et Tomlinson (1969), de Fox (1970)) et le modèle global avec effet de l'environnement (Fréon, 1991). A partir des captures annuelles et de l'indice d'abondance estimé par GLM, les efforts de pêche théoriques sont calculés. Le modèle de Fox exprime les abondances et captures annuelles du stock comme une fonction de l'effort de pêche. Le modèle avec variable environnementale est ajusté à l'indice d'abondance, à partir des données environnementales et de l'effort théorique de pêche. Ce modèle quantifie les parts respectifs des effets dus à la pêche et à l'environnement. L'ensemble de ces modèles aboutissent à un diagnostic sur l'état d'exploitation du stock de crevettes profondes.

### 3.1. Matériel et méthodes

#### 3.1.1. Données

##### ❖ Données biologiques

Les données de captures de crevettes sont utilisées par les modèles (Fox, 1970 ; Fréon, 1991). Elles sont fournies par le CRODT et couvrent la période 1992-2006. Les indices d'abondance utilisés dans le modèle sont estimés par GLM à partir des données de statistiques de pêche de la pêche industrielle étrangère du CRODT. Les captures par unité d'effort issues de ces données sont utilisées pour examiner les potentiels de production dans un environnement fluctuant.

##### ❖ Données environnementales

On a aussi cherché des données environnementales pour essayer d'étudier la relation abondance de la crevette profonde/environnement pour expliquer la variabilité interannuelle de l'abondance connue des crevettes de la famille des Penaeidae. Les données environnementales utilisées dans les modèles sont obtenues à partir des images satellites. L'indice d'upwelling côtier calculé à partir des données de vitesse du vent fournies par le capteur SeaWIFS et la température à la surface de la mer obtenue à partir des images NOAA/AVHRR sont alternativement testés dans les modèles.

#### 3.1.2. Méthodes

##### ❖ Principe de base des modèles globaux

Les modèles globaux sont comparables à ceux utilisés pour l'étude des relations prédateur-proie. Ils considèrent le stock comme une entité dont l'abondance dépend de l'action de prédation exercée par l'homme ici l'effort de pêche (FAO, 1981). Ces modèles peuvent ainsi être considérés comme des modèles de compétition intra-spécifique, basés sur l'existence de mécanismes de régulation densité dépendants (Gascuel, 2008). Ces modèles peuvent être utilisés pour une gestion des pêcheries par quotas de capture ou limitation de l'effort. Ils sont les modèles les plus utilisés dans l'évaluation des stocks de plusieurs pêcheries en Afrique de l'Ouest.

L'idée de base d'un modèle global est qu'une ressource renouvelable exploitable voit son rendement à l'équilibre varier en fonction de son exploitation.

Le modèle global s'exprime en écrivant que la variation de biomasse d'un stock est égale à la production biologique  $g(B)$  diminuée de la capture effectuée par la pêche selon l'expression suivante :

$$\frac{dB}{dt} = g(B) - q \times E \times B$$

avec  $q$  : coefficient de capturabilité,  $B$  : la biomasse et  $E$  : l'effort

Trois formes d'équations sont utilisées pour la fonction de production de biomasse  $g(B_t)$  :

$$g(B_t) = r \times B_t \times \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) \quad \text{Schaefer (1954)}$$

avec  $r$ , le taux intrinsèque d'accroissement et  $K$ , la capacité biotique du milieu

$$g(B_t) = r \times B_t \times \left(1 - \frac{\ln(B_t)}{\ln(K)}\right) \quad \text{Fox (1970)}$$

$$g(B_t) = r \times B_t \times \left(1 - \left(\frac{B_t}{K}\right)^{m-1}\right) \quad \text{Pella et Tomlinson (1969)}$$

avec  $m$ , un paramètre de forme.

Cette étape de l'étude permet de répondre à des interrogations concrètes et d'intérêt majeur pour les acteurs chargés de l'aménagement, concernant en particulier le niveau d'exploitation de ce stock.

Les modèles de production sont des modèles simples, appliqués aux données de captures sans structure d'âge et d'efforts de pêche. Le surplus de production est la quantité de biomasse pouvant être enlevée de la population sans changement de taille de celle-ci. La capacité de réaction de la population est donc une fonction de la densité (Jensen, 2005).

A partir d'une série d'abondance, un effort de pêche théorique est estimé, en faisant le ratio captures totales sur abondance. Le modèle global est ensuite ajusté à la série historique des données d'efforts théoriques et d'abondance, par les méthodes de pseudo-équilibre (i.e. sous l'hypothèse que l'abondance observée chaque année est en équilibre, en termes d'espérance, avec l'effort de pêche correspondant).

Trois types de modèles sont généralement testés :

- le modèle de Schaefer (1954),
- le modèle exponentiel de Fox (1970),
- le modèle généralisé de Pella et Tomlinson (1969).

On en déduit notamment des indicateurs tels que :

- le potentiel de production (production maximale équilibrée ou MSY) ;
- l'effort de maximisation de la production ( $m_{MSY}$ , exprimé en multiplicateur d'effort comparativement à la situation actuelle, ici 2006).

Un autre modèle, appelé modèle de Fréon (1991) qui intègre une variable environnementale peut être aussi testé, en vue (1) d'analyser l'impact de la pêche et de l'environnement sur l'abondance des stocks de crevettes profondes et (2) d'établir un diagnostic sur l'état d'exploitation de ces stocks.

Un modèle de Fox (1970) sans effet de l'environnement est d'abord ajusté à partir des efforts de pêche théoriques ( $E_i$ ). Il estime la série d'indice d'abondance ( $IA_i$ ) de la manière suivante :

$$IA_i = b \times e^{a \times E_i}$$

avec  $i$  faisant référence à l'année et  $a$  et  $b$  les paramètres du modèle.

Deux types de modèles globaux avec effet de l'environnement, basés sur le modèle de Fox sont ensuite testés (Fréon, 1991). Ils traduisent un effet de l'environnement sur l'abondance. Les modèles sont ajustés aux séries de données allant de 1985 à 2005 et expriment l'abondance ( $IA$ ) de chaque stock comme une fonction de l'effort de pêche ( $E$ ) et de l'indice environnemental ( $V$ ), (Fréon, 1991 ; Fréon et al., 1992). Le modèle de Fox, contrairement au modèle de Schaefer (1954) qui suppose des captures nulles au-delà d'un certain niveau d'effort de pêche (ce qui n'est vraisemblablement pas

réaliste), implique une évolution de la biomasse vers l'équilibre plus progressive. De plus, le modèle de Fox donne la meilleure corrélation avec les abondances observées que les autres modèles globaux (modèles de Schaefer et de Pella et Tomlinson (1969)). Ces modèles considèrent le stock comme une entité dont l'abondance dépend de l'action de prédation exercée par l'homme, ici l'effort de pêche. Ils peuvent être considérés comme des modèles de compétition intra-spécifique, basés sur l'existence de mécanismes de régulation de densité dépendants (Gascuel, 2008).

Le premier modèle correspond à un effet linéaire de l'indice d'upwelling.

$$IA_i = (a + b.V_i) \times e^{c \times E_i} \quad (\text{Modèle 1})$$

avec a, b et c les paramètres du modèle. Les paramètres a et b n'ont pas la même signification que dans le cas du modèle de Fox.

Le second correspond à un effet non linéaire.

$$IA_i = (a \times V_i^b) \times e^{c \times E_i} \quad (\text{Modèle 2})$$

Ces modèles sont ajustés sur feuille Excel sur toute la série disponible qui va de 1985 à 2005. L'ajustement du modèle est conduit en utilisant la méthode des moindres carrés. Après ajustement, un coefficient de détermination ajusté, donc corrigé des degrés de liberté est calculé entre les séries d'indices d'abondance prédites par les différents modèles testés et la série d'indices observés.

$$R^2_{\text{corrigé}} = 1 - (1 - R^2) \times \frac{n-1}{n-p-1}$$

avec n, le nombre de valeurs et p, le nombre de paramètres du modèle.

Les deux modèles supposent que la variable environnementale n'agit que sur l'abondance. Compte tenu de la faible longévité des crevettes Penaeidae (de l'ordre d'un an), les modèles ont été ajustés à l'équilibre, sans recourir aux méthodes de pseudo-équilibre de Fox (1975). Les ajustements ont été conduits sous feuille Excel, par la méthode des moindres carrés sous l'hypothèse d'une distribution normale des erreurs. Un modèle et une série environnementale sont finalement retenus. Ce choix correspond à l'association qui permet d'expliquer aux mieux les années où l'abondance est forte et qui donne donc le meilleur coefficient de détermination ajusté. Le modèle ajusté est ensuite utilisé pour estimer la courbe de production équilibrée en fonction du multiplicateur d'effort, pour une valeur donnée de la variable environnementale.

### 3.2. Résultats

L'abondance des crevettes profondes varie d'une année à une autre, avec une tendance nette à la diminution (Figure 4.1). Ainsi, l'abondance du stock a été réduite de deux sur l'ensemble de la période analysée. Quant à l'effort de pêche, il a considérablement augmenté sur toute la période d'étude (Figure 4.2).

Le modèle de Fox et celui avec effet de l'environnement ajustés « prédisent » bien les abondances annuelles observées (Tableau 4.1). Cependant le modèle de Fox (impact de la pêche) donne la meilleure prédiction ( $R^2$  corrigé=0.64). Ceci montre que l'évolution des abondances observées (diminution de l'abondance) serait principalement due à l'exploitation (Figure 4.3).

Le potentiel de captures du stock de crevettes profondes est estimé en moyenne à 2 500 tonnes par année. Les captures actuelles sont de l'ordre de 2 200 tonnes ; la surexploitation conduit ainsi à une perte de capture estimée à 16% du potentiel théoriquement disponible, avec des excédents d'efforts estimés à 67% (Tableau 4.2).

Le diagnostic indique que le stock de crevettes est dans un état de surexploitation avéré (Figure 4.4). Le surplus de l'effort de pêche actuel comparativement au  $E_{MSY}$  (2006) est estimé à environ 16% (Tableau 4.2), et ceci, indépendamment de l'intensité de l'upwelling. Par rapport à cette situation moyenne, la surexploitation est donc forte, avec un excédent d'effort, de l'ordre de 67% et une perte de capture, comparativement au MSY, qui atteint 16%.

Quant aux modèles de Fréon, les deux modèles ajustés donnent des résultats semblables mais les meilleurs résultats sont obtenus avec le modèle 1. Ainsi, seuls les résultats du modèle 1 sont présentés dans le tableau 4.1. Les résultats montrent aussi qu'il peut y avoir des changements significatifs des captures prédites suivant l'intensité de l'upwelling. Donc, d'une année à une autre, la pêche peut montrer de fortes fluctuations, en termes d'effort de pêche et surtout de captures, lesquelles pouvant être expliquées par les variations interannuelles de l'intensité de l'upwelling côtier.

Tableau 4.1.  $R^2$  corrigés entre les abondances observées et celles prédites par les modèle globaux (sans effet de l'environnement) et les modèles de Fréon (avec effet de l'environnement).

$R^2$ corrigé	Modèles globaux			Modèle de Fréon	
	IA Schaefer	IA Généralisé	IA Fox	IA IUC	IA SST
IA observé	0.60	0.61	0.64	0.53	0.53
	0.60	0.61	0.64	0.56	0.53

Tableau 4.2. Paramètres et quantités estimés par les modèles de Fox et de Fréon appliqués au stock de crevettes sud du Sénégal.

Paramètres	Signification	Fox model
a		-1.71
b		305.64
MSY (en tonnes)	production maximale équilibrée	2 560
$mE_{MSY}$	multiplicateur d'effort correspondant au MSY	0.60
$E_{MSY}$ (en nombre de jours de pêche)	effort correspondant au MSY	23 406
$E_{act}$ (en nombre de jours de pêche)	effort actuel	39 010
$E_{act}/E_{MSY}$	Etat du stock: surexploitation	1.67
$(E_{act} - E_{MSY})/E_{MSY}$	Excédent effort	0.67
$Y_{e act}$ (en tonnes)	capture actuelle équilibrée	2 152
$Y_{e act.}/MSY$	proportion du potentiel capturée	0.84
$(Y_{e act}-MSY)/MSY$	perte de capture	-0.16
$R^2$ corrigé	coefficient de détermination	0.64

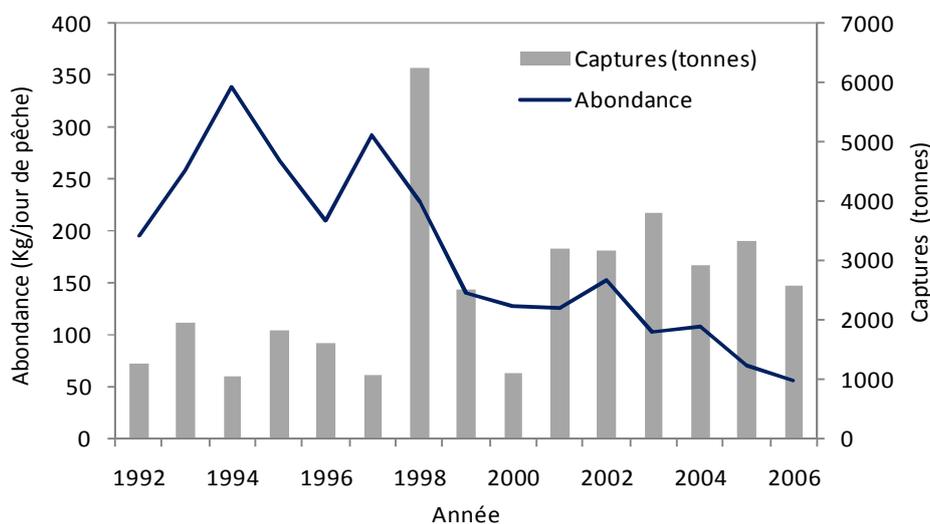


Figure 4.1. Captures et abondance annuelles de crevettes profondes *P. longirostris* de 1992 à 2006.

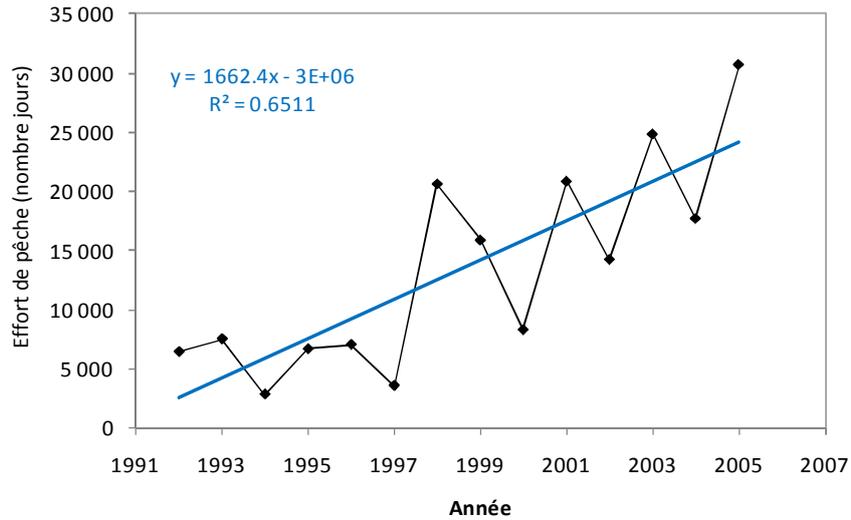


Figure 4.2. Evolution de l'effort de pêche théorique moyen annuel sur la période 1992 - 2006

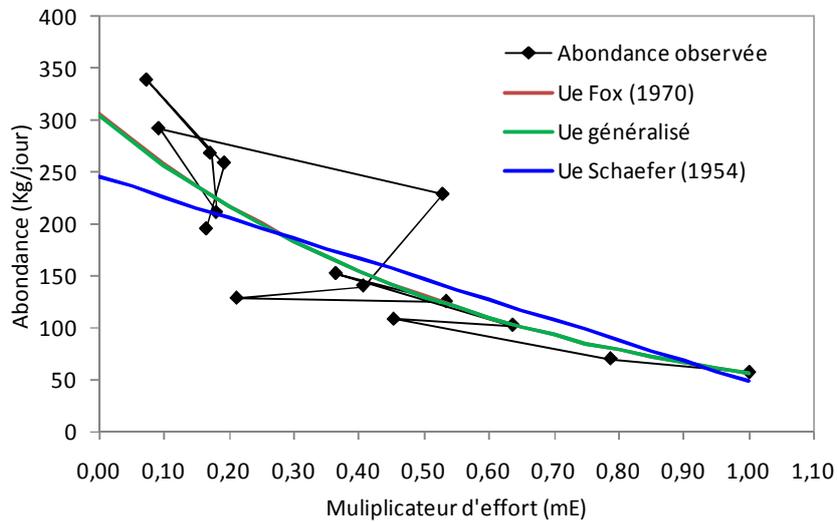


Figure 4.3. Courbes d'abondance à l'équilibre en fonction du multiplicateur de l'effort (mE)

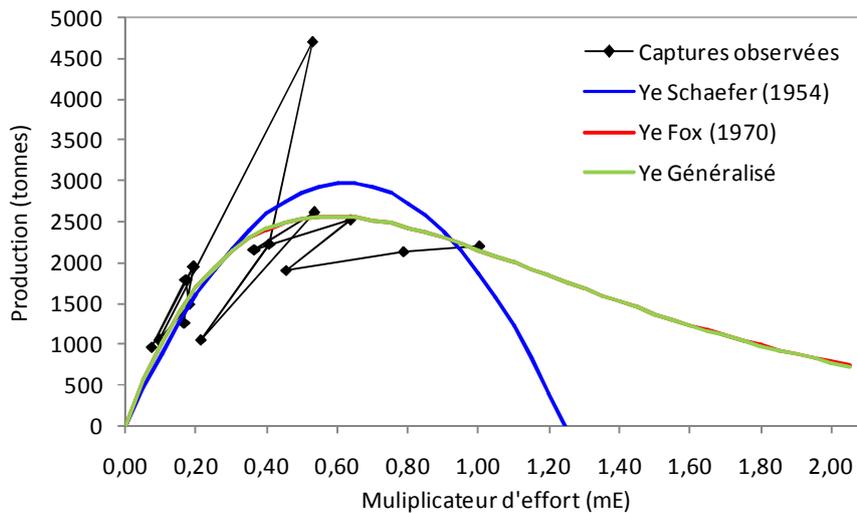


Figure 4.4. Courbes de production à l'équilibre en fonction du multiplicateur de l'effort (mE)

### 3.3. Discussion et conclusion

L'un des objectifs de ce travail est d'établir un diagnostic sur l'état d'exploitation du stock de crevettes profondes au Sénégal.

Les résultats montrent que le stock de crevettes *P. longirostris* est surexploité mais semble moins affecté par l'upwelling. L'effet de la pêche sur le stock est largement prédominant sur l'abondance des crevettes au regard de celle de l'environnement. Le stock est dans un état de surexploitation plus marquée, avec des abondances très faibles au cours de ces dernières années. Dans une approche de précaution, cette situation impose de réduire l'effort de pêche pour accroître les biomasses et assurer la durabilité du stock et de l'exploitation. Une réduction de l'effort de pêche annuel sur le stock de l'ordre de 67% permettrait ainsi d'accroître les biomasses et d'assurer la durabilité du stock et de son exploitation. Suivre l'évolution de l'intensité de l'upwelling permettrait également de prédire à l'avance les captures, pour une meilleure gestion des stocks.

Une évaluation du même stock a été faite par Thiam et al. (1990). Ces derniers ont montré que la prise optimale serait de 2 700 tonnes pour un effort de 2 792 jours de pêche.

Depuis longtemps, on cherche par diverses méthodes à gérer au mieux les pêcheries de crevettes à la fois pour en tirer le maximum possible (MSY), pour réglementer la pêche sur des bases scientifiques et pour prévoir à l'avance la production. De nombreux modèles prévisionnels ont été établis par corrélation à partir de données historiques, afin de mettre en évidence une relation quantitative suffisamment précise entre l'abondance et un paramètre biologique ou climatique pour prédire à l'avance les variations interannuelles des captures. L'idée de rechercher l'existence de relations pêche-environnement chez les crevettes Penaeidae est fondée sur plusieurs principes de base (Lhomme, 2001) : (1) les crevettes ont un cycle vital court et le stock réagit rapidement à l'exploitation et/ou aux conditions environnementales du milieu, (2) l'observation des données historiques de certaines pêcheries permet d'observer des anomalies (très bonnes ou très mauvaises années) au niveau de la CPUE sans que l'effort de pêche ait varié de façon notable et enfin (3) les phases post larvaires et juvéniles du cycle se déroulent en zone côtière où elles peuvent être confrontées à de fortes variations du milieu et même de pression de pêche élevée, conditionnant ainsi leur survie.

Le potentiel de production des crevettes profondes dépend aussi d'une moindre mesure de l'intensité de l'upwelling côtier. Suivre l'évolution de l'intensité de l'upwelling permettrait donc de prédire à l'avance les captures, pour une meilleure gestion des stocks. La dynamique des populations de crevettes est fortement influencée par une large gamme de facteurs physiques qui affectent en général la migration des juvéniles, de stade planctonique (larves et postlarves) depuis les zones de ponte en mer aux zones de nurseries (Garcia et Le Reste, 1986).

---

## 4. Conclusion générale

---

### Contexte scientifique et objectifs du mémoire

Au Sénégal, le peuplement démersal côtier est soumis, depuis une cinquantaine d'années, à une intense exploitation, entraînant ainsi des changements importants et une instabilité accrue de l'abondance des différentes ressources de la composition spécifique des communautés et des captures. Sur le long terme (2 ou 3 dernières décennies), les captures de la plupart des poissons démersaux sont en nette diminution. Par conséquent, l'effort de pêche se reporte sur les ressources émergentes à forte valeur commerciale telles les céphalopodes et les crevettes côtières et profondes qui sont des espèces à vie courte. Bien que ces espèces soient exploitées depuis longtemps, l'évolution de leurs captures et rendements est assez mal documentée jusqu'aux années récentes.

En Afrique de l'Ouest, à l'exception du poulpe et de la crevette côtière *P. notialis*, les espèces à courte durée de vie, ont fait l'objet jusqu'à présent d'un nombre limité d'études visant à évaluer l'état de leurs stocks et à quantifier l'impact de la pêche. De plus, il s'agit d'espèces à vie courte, dont leur abondance et leur production sont très variables d'une année à l'autre, en liaison notamment avec l'influence du climat sur le recrutement. Donc, l'exploitation durable de ces stocks implique un aménagement des pêches adapté, tenant compte de leur dynamique particulière hautement variable.

Les crevettes profondes, qui présentent par ailleurs d'importantes variations naturelles de leur abondance, sont pourtant à l'origine d'une activité de pêche très intense au cours de ces dernières décennies. Le déficit criant de suivi des stocks de crevettes implique que les potentiels de productions

restent largement méconnus ainsi que l'impact de l'exploitation sur ces stocks, et *a fortiori*, sur le fonctionnement des écosystèmes sous-jacents. Ceci est d'autant plus préoccupant que les observations récentes montrent une diminution nette des captures de crevettes profondes.

Ainsi, nous avons essayé de (1) comprendre la dynamique du stock de crevettes profondes au Sénégal et de son exploitation, (2) d'établir un diagnostic sur l'état d'exploitation de ce stock et (3) d'analyser l'impact de la pêche et de l'environnement sur la dynamique de ce stock.

## **Principaux résultats**

### **Considérations scientifiques**

La dynamique des populations de crevettes profondes est variable d'une année à une autre, entraînant ainsi une forte variabilité interannuelle des captures. L'abondance varie d'une année à une autre, mais avec une tendance nette à la diminution. Cette diminution régulière des rendements de crevettes avec le temps peut être reliée à l'augmentation de l'effort de pêche. Et que le développement de cette pêcherie est pour partie, lié à la diminution des autres stocks de crevettes et/ou poissons démersaux côtiers auparavant fortement recherchés.

Les résultats du modèle global de Fox (1970) montrent que l'abondance varie d'une année à une autre, avec une tendance nette à la diminution ; l'abondance du stock a été divisée par deux sur les quinze dernières années. Ce modèle confirme que le stock est dans un état de surexploitation avéré avec une influence moindre de l'upwelling sur l'abondance et les captures. Le surplus de l'effort de pêche récente (2006) est estimé à plus de 67% comparativement au  $mE_{MSY}$ , même s'il faut rester prudent quant à l'interprétation de cet indicateur pour les espèces à vie courte.

### **Considérations économiques**

Vu les intérêts potentiels de ce travail, la possible utilisation des résultats obtenus comme outils permet de faciliter les discussions entre les acteurs de la pêche. En effet, l'étude montre qu'il est intéressant de suivre l'évolution de l'effort de pêche appliqué sur ce stock car la pêche influence fortement l'abondance du stock de crevettes. Ainsi, il serait possible de rentabiliser l'exploitation en diminuant la pression de pêche de 67% et donc augmenter la production. Cette information pourrait être importante en terme économique si elle permet de maximiser la rentabilité, en réduisant les coûts d'exploitation par exemple. Ce point est sensible dans un pays comme le Sénégal où les produits de la pêche, en particulier les crevettes, ont un poids important dans la balance commerciale nationale.

### **Aménagement des pêcheries de crevettes profondes**

Les relations ressources/pêche/environnement identifiées ici doivent être prises en compte dans les évaluations de stocks et surtout dans la mise en place de plans d'aménagement pour cette espèce d'intérêt économique. Les résultats obtenus permettent notamment de mettre sur place une mesure de gestion des pêcheries de crevettes profondes fondée sur la gestion de l'effort de pêche et qui tient compte aussi de l'intensité de l'upwelling. Ceci permettrait par exemple, de tirer de ce stock, une production maximale. Par ailleurs, la gestion durable des ressources basée sur l'effort de pêche demeure la méthode la plus appropriée pour limiter l'impact de la pêche sur les stocks exploités. Ceci est d'autant plus vrai que les principaux stocks exploités, en particulier les crevettes, sont dans un état de surexploitation. Ainsi, les futurs plans d'aménagement qui seront élaborés pour ces espèces doivent en principe intégrer la gestion de l'effort de pêche et l'évolution de l'intensité de l'upwelling côtier.

Les rendements de crevettes peuvent être améliorés en réduisant aussi l'effort de pêche global, ceci à partir des données de la pêche industrielle qui exploite exclusivement ce stock. La surexploitation des crevettes profondes toutes les années pourrait sans doute jouer un rôle dans l'écosystème marin. En effet, il est bien connu que, pour beaucoup d'espèces marines, la surexploitation a comme conséquence, de fragiliser les espèces qui deviennent plus sensibles à des modifications du milieu. Cette diminution de la pression de pêche aurait sans doute des conséquences nulles ou positives sur les captures. Elle induirait une baisse des coûts de production et une hausse des rendements. Elle permettrait en effet un accroissement de la biomasse du stock de crevettes et une diminution de l'impact de la pêche sur le reste de l'écosystème (dégradation des habitats et effets sur les autres poissons commerciaux). On peut en conclure que le cadre de la modélisation de la dynamique des espèces à courte durée de vie répond aux différentes questions de recherche formulées dans la partie introduction.

Au Sénégal, six (6) recommandations sont importantes à noter :

- Réduire la pression de pêche de 67% ;
- améliorer les statistiques de captures et de débarquements afin de mieux cerner la production totale de crevettes profondes ;
- mettre en place un échantillonnage biologique au débarquement ;
- améliorer les connaissances sur la biologie de l'espèce ;
- mener des études de sélectivité pour réduire les prises accessoires ;
- revoir l'identification du ou des stock (s) de crevettes profondes aux larges des côtes sénégalaises.

---

## Références bibliographiques

---

- Aida Campos, Paulo Fonseca, Karim Erzini. 2002. Size selectivity of diamond and square mesh cod ends for rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*) and Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) off the Portuguese south coast. *Fisheries Research*, Volume 58, Issue 3, 30 November 2002, Pages 281-301.
- Akaike H. 1974. A new look at the statistical model identification. *Trans. Autom. Control* 19 (6), 716-723.
- Artículo, Guijarro, Beatriz, Massutí, Enric, Moranta, Jo. 2009. Short spatio-temporal variations in the population dynamics and biology of the deep-water rose shrimp *Parapenaeus longirostris* (Decapoda: Crustacea) in the western Mediterranean. *European Food Research and Technology* Volume 214, Number 6, 469-475.
- Ardizzone G.D., Gravina M.F., Bellucio A., Schintu P. 1990. Depth-size distribution pattern of *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) (Decapoda) in the Central Mediterranean. *Jour. Crust. Biol.*, 10 (1) : 139 ó 147.
- Barry M., Laurans M., Thiao D., Gascuel D. 2004. « Diagnostic de l'état d'exploitation de cinq espèces démersales côtières sénégalaises », *In Chavance et al.* (éd., 2004). 183-194.
- Bayhan Y. K., Unlüer T., Akkaya M. 2005. Some biological aspects of *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) (Crustacea, Decapoda) inhabiting the Sea of Marmara. *TURK j. Vet. Anim. Sie.* 29 (2005) 853-856.
- Benkabouche Bekadja I., Mouffok S., Kherraz A., Boutiba Z. 2009. Etude Préliminaire sur la Biologie et la Dynamique des Populations de la Crevette Profonde *Parapenaeus Longirostris* (LUCAS, 1846) de la Façade Maritime Oranaise. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X Vol.36 No.1 (2009), 134-144.

- Burukovsky R.N. 1998. On the distribution of shrimp in West African waters. *Russian Journal of Zoology*, Vol. 2, No.3, pp 400-408. Translated from *Zoologicheskii Zhurnal*, vol.77, No. 7, 1998, 778-787.
- Bryan C.E. 1980. Organisms captured by the commercial shrimp fleet on Texas brown shrimps (*Penaeus aztecus* Ives) grounds. PhD Thesis, Corpus Christi State University. Division of Biology, Corpus Christi, Texas, 44 pp.
- Caverivière A. 1994. « Comparaison sur une période de 20 ans (1972-1992) des indices d'abondance obtenus sur le plateau continental sénégalais à partir des campagnes de chalutage de fond ». in : Barry-Gérard, M. , Diouf, T. & Fonteneau, A. (eds). L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise. Orstom éditions, Paris, coll. *Colloques et séminaires*, Tome 2 : 163-177.
- Caverivière A., Thiam M., Thiam D., Lopez Abellan L. 1986. Rapport de synthèse des quatre campagnes conjointes hispano-sénégalaises de chalutages sur les stocks profonds du Sénégal (1982-1984). *Archive CRODT*. 233 p.
- Champagnat C., Domain F. 1978. Migrations des poissons démersaux le long des côtes ouest-africaines de 10° à 24° de latitude nord. Annexe au rapport du groupe de travail ORSTOM-ISRA sur la reproduction des espèces exploitées du Golfe de Guinée. Dakar (1977).
- Charles-Dominique C., Ndiaye V. 2003. Bilan des recherches sur la pêche des crevettes en Casamance. IDEE Casamance © Ziguinchor (Sénégal), Réunions de restitution des colloques sur les Zones Humides en Casamance. Contribution IRD et CRODT, Dakar, DRAFT, 19 p.
- Chavance P., Bâ M., Gascuel D., Vakily J.M., Pauly D. (éds.). 2004. Pêcheries maritimes, écosystèmes & sociétés en Afrique de l'Ouest : Un demi-siècle de changement, [Marine Fisheries, Ecosystems and Societies in West Africa: Half a Century of Change], actes du symposium international, Dakar (Sénégal), 24-28 juin 2002, Bruxelles, Office des publications officielles des Communautés européennes, XXXVI- 532-XIV p., 6 pl. h.-t. coul., coll. *Rapports de recherche halieutique A.C.P.-U.E.*, n° 15.
- CRODT/IEO, 1984. Rapport de la quatrième campagne conjointe hispano-sénégalaise de chalutage sur les stocks profonds du Sénégal. *Doc. Scient.* 155 p.
- Crosnier A., Fontana A., Le Guen J.C., Wise J.P. 1970. Ponte et croissance de la crevette péneïde *Parapenaeus longirostris* (Lucas) dans la région de Pointe-Noire (République du Congo). *Cah. ORSTOM.*, vol. VIII, n° 4, 89-102.
- De Bondy E.T. 1970. Note sur les ressources de *Penaeus duorarum* au Sénégal. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*. 16, 128-131.
- Demarcq H., Faure V. 2000. Coastal upwelling and associated retention indices derived from satellite SST. Application to *Octopus vulgaris* recruitment. *Oceanologica Acta* 23 (2000) 391-408.
- Dème-Gning I., Roy C., Touré D. 1990. Variabilité spatio-temporelle de la température, des nitrates et de la chlorophylle devant les côtes du Sénégal. *Docums scient. Cent. Rech. Océanogr., Dakar-Thiaroye* 122: 21 p.
- Demestre M. 1990. *Biologia pesquera de gamba Aristeus antennatus* (RISSO, 1816) en el Mar Catalan. PhD thesis, Univ Barcelona.
- Diop M. 1995. Prises accessoires des pêcheries crevettières et Merluttières spécialisées dans les eaux mauritaniennes : évaluation qualitative. *Bulletin du centre National de Recherche Océanographique et des Pêches*, 27, 10 pp.
- Diouf T. 2008. Analyse des résultats des rapports de marées des observateurs embarqués à bord de crevettiers et de merluttiers profonds. *Mémoire de DESS, IUPA ó UCAD*. 128 p.
- Dobson A.J. 1990. *An Introduction to Generalized Linear Models*. London: Chapman and Hall.

- Domain F. 1980. Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégal-mauritanien - Les ressources démersales dans le contexte général du golfe de Guinée. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie-Curie-Paris VI, 342 p.
- Domain F. 1977. Carte sédimentologique du plateau continental sénégalais. Extension à une partie du plateau continental de la Mauritanie et de la Guinée-Bissau. ORSTOM, *Notice explicative*. 68, 17 p.
- Domain F., Diallo I., Doumbouya A., Inejih C., Traoré S. 2002. Rapport de la campagne d'évaluation des ressources démersales du N.O. AL AWAM en Guinée. Doc. Sci., N° 35, mars 2003, 19 p.
- Fall M., Samba A., Laloë F. 2006. Fishing tactics and strategies in coastal demersal trawling fisheries in Senegal. *Aquatic living resources*. 19, 307-316.
- Fall M., Thiam N. 2008. Restitution des résultats des campagnes d'évaluation des ressources démersales profondes du Sénégal de 2008. CRODT/DPM/SAGPS. 40 p.
- FAO. 2011. Capture production 1950-2009. FISHSTAT Plus ó Universal software for fishery statistical times series. Rome. (Available at [www.fao.org/fishery/statistics/global-production/fr](http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/fr))
- FAO. 2007. Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. Agadir, Morocco, 17-26 April 2007. Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale. Agadir, Maroc, 17-26 avril 2007. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 849. Rome, FAO. 2007. 238 p.
- FAO. 2003. Rapport du Groupe de travail FAO/COPACE sur l'évaluation des ressources démersales, Conakry, Guinée, 19-29 septembre 2003. COPACE/PACE/ SERIES 06/678. 357 p.
- FAO. 2000. Report of the third Workshop on the Assessment of Shrimp and Groundfish Fisheries on the Brazil-Guianas Shelf. Belém, Brazil, 24 May - 10 June 1999. FAO Fisheries Report. No. 628. Rome, FAO. 2000. 206 p.
- FAO. 1997. Rapport du groupe de travail sur les merlus et les crevettes d'eaux profondes dans la zone nord du COPACE, COPACE/PACE Séries: 90 p.
- FAO. 1993. « Groupe de travail Copace sur les ressources démersales du plateau et du talus continental de la Guinée-Bissau, de la Guinée et de la Sierra Léone (Conakry, 4-9 février 1991) », FAO, Copace/Pace/-Series, 91/54, 206 p.
- FAO. 1990. Rapport du groupe de travail sur les merlus et les crevettes d'eaux profondes dans la zone nord, COPACE/PACE Séries, 90/51: 249 p.
- FAO, 1986. Rapport du groupe de travail sur les merlus et les crevettes d'eaux profondes dans la zone nord du COPACE. Série 86/33.
- Faraj A., Bez N. 2007. Spatial considerations for the Dakhla stock of *Octopus vulgaris*: indicators, patterns, and fisheries interactions. ó *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1820-1828.
- Frogliani C. 1982. Contribution to the knowledge of the biology of *Parapenaeus longirostris* (Lucas) (Decapoda, Penaeoidea). *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, 3(2-5): 163-168.
- Fox W.W. 1970. An exponential yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. Am. Fish. Soc.* 99, 80-88.
- Fréon P. 1984. Des modèles de productions appliquées à des fractions de stock dépendantes des vents d'upwelling. *Océanographie Tropicale*, 19 (1): 67-94.
- Fréon P. 1991. L'introduction d'une variable climatique dans les modèles globaux de production. In : Cury P., Roy C., (éds.): *Pêcheries ouest-africaines, Variabilité, Instabilité et Changement*. Paris, *Orstom éditions* : 395-424.
- Fréon P., Kwiecinski B., Lopez D. 1992. Utilité du système expert Climprod pour la connaissance du déterminisme du recrutement. *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, 1992, 68 (1-2), 193-210.

- Garcia, S. M. 1985. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations. Dans: Second Australian National Prawn Seminar, Rothlisberg, P.C., Hill, B. J. et Staples, D. J. (éds). Cleveland, Ohio, pp. 139-158.
- Garcia S., Le Reste L. 1981. Cycles vitaux, dynamique, exploitation et aménagement des stocks de crevettes péneïdes côtières - FAO *Doc. Tech. Pêches*, 203, 210 p.
- Garcia S., Lhomme F. 1979. Les ressources de crevette rose (*Penaeus duorarum notialis*). In : Troadec J.P., Garcia Serge. Les ressources halieutiques de l'Atlantique centre-est : première partie : les ressources du Golfe de Guinée de l'Angola à la Mauritanie. Document Technique sur les Pêches ; 186.1.Rome : FAO, 1979, 123-148.
- Gascuel D. 2004. 50 ans d'évolution des captures et biomasses dans l'Atlantique Centre-Est: analyse par les spectres trophiques de captures et de biomasses. In: Chavance P., Bah M., Gascuel D., Vakily M., Pauly D. (éds.), Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi-siècle de changements. Dakar, Sénégal, juin 2002.
- Gascuel D. 2008. Dynamique des populations et gestion des stocks halieutiques. Support de cours en ligne, Agrocampus Ouest/Campus numérique ENVAM éd., Rennes, France, 128 p.
- Gascuel D., Laurans M., Sidibé A., Barry M.D. 2004. Diagnostic comparatif de l'état des stocks et évolution d'abondance des ressources démersales, dans les pays de la C.S.R.P., In Chavance et al. (éds., 2004) : 205-222.
- Gascuel D., Thiam M. 1994. Evolution de l'abondance des ressources démersales sénégalaises : estimation par modélisation linéaire des CPUE. In : Barry-Gérard M., Diouf T., Fonteneau A. (éds.): L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise. Paris, Orstom, coll. *Colloques et séminaires*, tome II : 245-256.
- Hastie T.J., Pregibon D. 1992. Generalized linear models. Chapter 6 of Statistical Models in S eds J. M. Chambers and T. J. Hastie, Wadsworth & Brooks/Cole.
- Heldt J.H., 1938. La reproduction chez les Crustacés Decapodes de la famille des Peneides. *Annl. Inst. oceanogr.*, Monaco, 18(2): 31-206.
- Hilborn R., Walters C.J. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman & Hall, New York, 570 p.
- Holthius L.B., 1987. Crevettes. In: Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1.
- Ignacio Sobrino, Teresa Garcia, Jorge Baro. 2000. Trawl gear selectivity and the effect of mesh size on the deep-water rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) fishery off the gulf of Cádiz (SW Spain). *Fisheries Research*, Volume 44, Issue 3, January 2000, Pages 235-245.
- IMROP, 2004. Rapport du Groupe de Travail sur les Crevettes. Nouadhibou, 12-15 décembre 2004. Institut Mauritanien de Recherches Oceanographiques et des Pêches (IMROP). Document technique No 1. ISSN 1992-2728.
- Jensen, A.L. 2005. Harvest in a fluctuating environment and conservative harvest for the Fox surplus production model. *Ecological Modelling* 182 (2002). 1-9.
- Kojemiakine A., Diop M. 1996. Les crustacés (le crabe profond *Geryon martaë*) de Mauritanie. Bull. centr. Nat. Recher. Océano. Pêches, vol 27.
- Laurans M. 2005. Evaluation des ressources halieutiques en Afrique de l'ouest : dynamique des populations et variabilité écologique. Thèse pour l'obtention du Diplôme de docteur de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, mention Halieutique, Rennes, France. 233 p.
- Lagardère J.P. 1971. Les crevettes des côtes du Maroc. Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien et de la faculté des sciences, sér. Zool., n° 36: 6-140.
- Laurans M., Gascuel D., Barry M. 2004. « Évolution des abondances des principales espèces exploitées au Sénégal », in Chavance et al. (éds., 2004). 195-204.

- Large-Soto J. C. 1981. Integration approaches of the shrimp fishery. Univ. Auton. Baja Calif. Sur. n° 5, 47 p.
- Laurent A.G. 1963. Lognormal distribution and the translation method : description and estimation problems. *J. Americ. Statist. Assoc.*, 58, 231-235.
- Le Pape O., Chauvet F., Mahevas S., Lazure P., Guerault D., Desaunay Y., 2003. Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea* L) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population. *J. Sea Res.*, 139-149.
- Levi D., Andreoli M.G., Giusto R.M. 1995. - First assessment of the rose shrimp, *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the Central Mediterranean. *Fisheries Research*, 21: 375-393.
- Lhomme F. 1981. Biologie et dynamique de *Penaeus* (*Farfante Penaeus*) *notialis* (Perez farfante, 1967) au Sénégal, *th. doct. État Sciences, univers. Pierre-et-Marie-Curie, Paris-VI*, 248 p.
- Lhomme F. 1994. Les crustacés exploitables. In : Durand, Jean-René (ed.); Dufour, Philippe (éds.) ; Guiral, Daniel (ed.); Zabi, S.G.F. (ed.) - Environnement et ressources aquatiques en Côte d'Ivoire : 2. Les milieux lagunaires. Source : ORSTOM, Paris (FRA), 229-238.
- Lhomme F., 2001. Relation pêche-environnement chez les crevettes pénaïdes. Revue mondiale ; problème posé par l'application à Madagascar. In : Ranaivoson E. et Kasprzyk Z. (eds), Actes de l'atelier sur l'aménagement de la pêche crevettière à Madagascar, Antananarivo, 12-14 décembre 2000, 113-129.
- Lhomme L., Garcia S. 1984. Biologie et exploitation de la crevette pénaïde *Penaeus notialis* (Pérez Farfante, 1967) au Sénégal. In: J. A. Gulland and B. J. Rothschild (éds.). 111-141.
- Lhomme F., Vendeville P. 1993. La crevette rose *Penaeus notialis* (Pérez Farfante, 1967) en Côte d'Ivoire. In : P. Le Løuf, É. Marchal, J. B. Amon Kothias (éds.), Environnement et ressources aquatiques de Côtes d'Ivoire. I- Le milieu marin. Paris, Orstom : 489-520.
- McCullagh P., Nelder J.A. 1989. Generalized Linear Models. New York: Chapman & Hall.
- Mouffok S., Kherraz A., Bouras D., Bennoui A., Boutiba Z. 2008. Premières observations biologiques de la crevette profonde *Aristeus antennatus* (Decapoda: Aristeidae) exploitée le long du littoral occidental algérien (Méditerranée du sud-ouest). *European journal of scientific research* ISSN 1450-216X, Vol.19 No.4 (février 2008).817-827p.
- Overko S., Boukatine P., Ly B. 1986. Quelques données sur les merlus de la zone économique mauritanienne. En: Rapport du Premier Groupe de travail spécial sur les pêcheries de merlus et de crevettes profondes dans la zone nord du COPACE. COPACE/PACE Sér., 86/33: 1876201. FAO, Roma, Italia.
- Pella J.J., Tomlinson P.K. 1969. A generalized stock production model. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission* 13: 420-496.
- Pérez-Farfante J., Kensley B. 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawn of the World. Key and diagnoses for the families et genera. *Mémoires du museum national d'histoire naturelle*, Paris, 175, 1-133.
- Pope J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF. Res. Bull.*, 9: 65-74.
- Ungaro N., Gramolini R., 2006. Possible Effect of Bottom Temperature on Distribution of *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the Southern Adriatic (Mediterranean Sea). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 6: 109-116.
- Rébert J.P. 1983. Hydrologie et dynamique des eaux du plateau continental sénégalais. *Doc. Scient. Centre Rech.Océanog.Dakar-Thiaroye*, 93-186.
- Relini G., Bertrand J., Zamboni A. (eds.). 1999 - Synthesis of the knowledge on bottom fishery resources in Central Mediterranean (Italy and Corsica). *Biol. Mar. Medit.*, 6 (suppl. 1).

- Rossignol M. 1973. Contribution à l'étude du complexe guinéen. Doc. ORSTOM, Centre du Cayenne.
- Rossignol M., Aboussouan M.T. 1965. Hydrologie marine côtière de la presqu'île du Cap-Vert. Contribution à l'étude de la productivité des eaux. *Publ. prov. Centre Rech.Océanog. Dakar-Thiaroye*, 156 p.
- Roy C. 1989. Fluctuations des vents et variabilité de l'upwelling devant les côtes du Sénégal. *Oceanologica Acta*, 1989. 12, 4, 361-369.
- Roy C. 1992. Réponses des stocks de poissons pélagiques à la dynamique des upwellings en Afrique de l'Ouest : analyse et modélisation, *th. doct.*, Paris, Orstom (Coll. Etudes et Thèses).
- Sarda F., Cartes J.E. 1997. Morphological features and ecological aspects of early juvenile specimens of the aresteid shrimp gamba *Aristeus antennatus* (Risso, 1816). *Mar. Freshwater Res.*, 48, 73-77.
- Schaefer M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important for the management of the commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission* 1: 27-56.
- Sidibé A., Domain F., Gascuel D. 2004. Evaluation et diagnostic par l'approche globale et structurale de quatre stocks de poissons démersaux côtiers de Guinée *Galeoides decadactylus*, *Pseudotolithus elongatus*, *P. senegalensis* et *P. typus*. In: Chavance P., Bah M., Gascuel D., Vakily M., Pauly D. (Eds.), *Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi-siècle de changements*. Dakar, Sénégal, juin 2002.
- Slimani S., Hamdi H. 2004. Etat des stocks des principales ressources démersales en Méditerranée marocaine. Groupe de Travail du Sous comité d'évaluation des stocks (SCES) sur les espèces démersales. Malaga (Espagne), 6 - 7 mai 2004.
- Sobrina I., Garcia T. 1994. Biology and fishery of the deepwater Rose shrimp, *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) from the Atlantic Moroccan coast. *Scientia Marina*, 299 ó 305.
- Sparre P., Venema S.C. 1998. Introduction to tropical fish assessment. F.A.O. *Fisheries Technical Paper*, 306.
- Thiam D., Caverivière A., Thiam M. 1990. L'exploitation des merlus et des crevettes profondes au Sénégal. In COPACE/PACE SERIES 90/51.
- Thiam N. 2009. Echantillonnage biologique à bord des crevettiers sénégalais. Rapport d'étape. CRODT/AFD/DPM/SOPASEN/HISEPEC. 24 p.
- Thiam N. 2008. Rapport de mission du 10/05 au 29/05/2008 sur l'expérimentation de la grille nordmore dans la ZEE mauritanienne. Rapport interne CRODT. 19 p.
- Thiam N, Diadiou H.D., Fall M., Diop M., Thiam D., Barry S. 2009. Bioécologie et évaluation des stocks de la crevette gamba (*Parapenaeus longirostris*) au Sénégal. Rapport commission technique "Eco-biologie et évaluation des stocks démersaux profonds. MEMTMP/DPMCRODT/AFD/ AECID, 23 p.
- Thiam N., Fall M. 2010. Prises accessoires des pêcheries crevettières profondes au Sénégal: variations nyctémérales et saisonnières des captures. Thiam et Fall (2010) *J. Sci. Hal. Aquat.*, 1: 49-53.
- Thiam N, Diadiou H. D., Fall M., Diop M., Thiam D., Barry S. 2009. Bioécologie et évaluation des stocks de crabe géryon (*Geryon martaie*) au sénégal. Rapport commission technique "Eco-biologie et évaluation des stocks démersaux profonds. MEMTMP/DPM/CRODT/AFD/AECID, 18 p.
- Thiaw M., 2010. Dynamique des ressources halieutiques à durée de vie courte: cas des stocks de poulpe et de crevettes exploités au Sénégal. *Thèse pour l'obtention du Diplôme de docteur de l'Agrocampus Ouest, mention Halieutique, Rennes, France.* 194 p.

- Thiaw M., Gascuel D., Jouffre D., Thiaw O.T. 2008. A biomass production model with environmental effect: application to the shrimp fishery in Senegal. Scientific report ISTAM project. Work Package 3: Stock Assessment Methods and Analysis Tools, Deliverable D. 3.2: Standard procedures for stock assessment and case studies, 17 p.
- Thiaw M., Gascuel D., Jouffre D., Thiaw O.T. 2009. A surplus production model including the effect of environment : application to the white shrimps stocks in Senegal. *Progress in Oceanography*, 83. 351-360.
- Wibeiro-Cascalho A.F.V., Arrobas. 1987. Observations on the biology of *Parapenaeus longirostris*. (Lucas, 1846) from the South coast of Portugal. *Inv. Pesq.* 51 (1) 201-212.

---

## Annexes

---

### **Annexe 1. Captures totales de crevettes gamba de 1992 à 2006.**

<b>Année</b>	<b>Captures PIEP (Kg)</b>	<b>Captures PIS (Kg)</b>	<b>Captures totales (Kg)</b>
1992	1 249 235	5 058	1 254 293
1993	1 940 625	258	1 940 883
1994	851 028	112 836	963 864
1995	1 755 548	31 266	1 786 814
1996	1 328 532	154 787	1 483 319
1997	992 102	49 736	1 041 838
1998	2 386 218	2 314 078	4 700 296
1999	1 781 836	435 692	2 217 528
2000	979 524	79 330	1 058 854
2001	1 697 686	902 792	2 600 478
2002	660 212	1 498 445	2 158 657
2003	637 299	1 892 370	2 529 669
2004	385 071	1 519 420	1 904 491
2005	353 318	1 780 991	2 134 309
2006	133 664	2 067 200	2 200 864

---

## Annexe 2. Différentes catégories commerciales des crevettes gamba

Catégorie commerciale	Nombre de crevettes
G0	60-70
G1	70-80
G2	80-90
G3	90-100
G3A	100-120
G3B	120-140
G3C	150-180
G4	180-210

## Annexe 3. Identification du stock de crevettes profondes

Le COPACE a tenu sa première réunion ad hoc sur l'évaluation des stocks de crevettes profondes en 1978. Sur la base de différence géographique, trois unités de pêche ou stocks de crevettes profondes ont été identifiées aux larges des côtes ouest africaines (FAO, 2003) ; au Maroc, l'espèce est rencontrée sur les fonds sablo-vaseux de profondeur comprise entre 50 et 700 m, délimités au nord par le Cap Spartel (35°47'N) et au sud par la région de Sidi Ifni (29°22'N) ; en Mauritanie, elle est pêchée dans la zone de latitudes 21-19°N et au Sénégal, elle est exploitée particulièrement au Nord, à partir de la latitude 16°N. Ces délimitations conventionnelles, particulièrement motivées par les limites juridiques des eaux territoriales des pays riverains ainsi que le niveau d'agrégation des statistiques de pêche collectées à l'échelle nationale, ont été conservées durant tous les groupes de travail du COPACE qui se sont succédés (FAO, 2003, 2007). Ces délimitations peuvent donc présenter des incertitudes, entraînant ainsi des diagnostics faibles sur l'état de ces stocks.

Par définition, une unité de stock en halieutique est théoriquement un groupe d'individus de la même espèce dont les gains par immigration et les pertes par émigration, s'ils en existent, sont négligeables par rapport aux taux de croissance et de mortalité (FAO, 1974). Un stock est essentiellement une population indépendante avec sa propre aire de reproduction. Il est isolé, et la pêche sur ce stock est sans effet sur les individus d'autres stocks. Par conséquent, les modèles d'évaluation des stocks reposent généralement sur les propriétés biologiques propres à la population d'où l'importance d'identifier à priori le stock à étudier.

C'est pour ces raisons que, nous avons d'abord essayé d'affiner la définition du stock de crevettes profondes sénégalais, en utilisant les données de campagnes scientifiques de chalutage réalisées dans la ZEE sénégalaise par le centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye (CRODT).

### A3.1. Matériel et méthodes

#### A3.1.1 Données

Pour cela, deux types de données sont utilisées : (1) les données de campagnes scientifiques extraites de la base Trawlbase établie au cours du projet SIAP, pour la période 1986-1999 et (2) les données de campagnes scientifiques du CRODT réalisées en saisons chaude et froide en 2008.

Pour les données issues de la base Trawlbase, différentes campagnes scientifiques ont été réalisées sur l'ensemble du plateau continental sénégalais. Les campagnes utilisées pour cette étude sont celles réalisées par le navire Louis Sauger, entre 1986 et 1995. Les données ont été extraites de la base Trawlbase. Conformément à la charte des utilisateurs de cette base, on utilise ici les données déclarées publiques par le CRODT. Huit campagnes ont été réalisées de 1986 à 1995, cinq en saison froide et trois en saison chaude. Elles ont été effectuées à des profondeurs allant de 5 à 200 m. En revanche, nous n'avons malheureusement pas eu accès aux données des campagnes récentes.

Depuis 1986, des campagnes de prospection des ressources démersales du plateau continental sénégalais sont régulièrement conduites par chalutage sur la base d'un échantillonnage aléatoire stratifié. Pour ce faire, la surface du plateau continental comprise entre les isobathes 5 et 200 m a été divisée en 1150 rectangles dont les côtés mesurent 20 de longitude et 2,50 de latitude, distance suffisante à la réalisation d'un trait de chalut de 30 minutes. Les rectangles ont ensuite été regroupés en trois zones : zone Nord, de la frontière avec la Mauritanie à la Pointe des Almadies (Dakar) ; zone centre, de Dakar à la frontière nord de la Gambie et zone sud, de la frontière sud de la Gambie au Cap Roxo (frontière sud du Sénégal) et quatre bandes bathymétriques : 10-30 m ; 30-60 m ; 60-100 m et 100-200 m. Les différentes combinaisons zone-profondeur forment 12 sous-strates. Les strates 100-200 m des zones centre et sud n'ont pas été échantillonnées car les fonds sont difficilement chalutables. L'échantillonnage stratifié au hasard (sans remise) est employé pour diminuer la variance des estimations par rapport à l'échantillonnage aléatoire simple, quand les strates sont judicieusement choisies en fonction de l'hétérogénéité des populations échantillonnées (Grosslein et Laurec, 1982).

Les campagnes ont été effectuées par le navire océanographique sénégalais Louis Sauger, chalutier de pêche arrière de 282 tonneaux de jauge brute, 800 cv et 36,6 m de longueur hors-tout. Le chalutier utilisé est un chalut le Drezen à grande ouverture verticale de 27 m de corde de dos et 36 m de bourrelet. La largeur d'ouverture du chalut est de 16 m. Le bourrelet est muni de rondelles en caoutchouc de 15 cm environ de diamètre et d'une chaîne pesant 80 Kg. Le cul du chalut est formé par des mailles de 25 mm de côté, soit 45,4 mm d'ouverture de maille. Son fond est protégé par un tablier en caoutchouc. La durée prévue des traits a été standardisée à une demi-heure entre le blocage du treuil après la descente et le début de la remontée. La vitesse moyenne en pêche a été de 3,5 nòuds soit 6,67 km/h.

La donnée de chaque trait est exprimée en capture moyenne (Kg) par surface chalutée (Km<sup>2</sup>). Ces données sont ensuite utilisées pour estimer un indice d'abondance standardisé des crevettes profondes pour la période 1986-1999.

A ces données, s'ajoutent les données de campagnes scientifiques profondes réalisées par le navire de recherche N/O Itaf Dème du CRODT. Ce chalutier est long de 37.4 m et large de 8.1 m, a un tirant d'eau de 3 m, un volume intérieur de 318 tonneaux de jauge brute et une puissance motrice de 1 100 CV au niveau de son moteur principal. L'engin de pêche est un chalut à poissons standard pour les stocks démersaux côtiers. Ce chalut a une longueur totale de 31.82 m, un bourrelet de 33.9 m, une corde de dos de 24.5 m et une poche avec des mailles étirées de 45 mm. Toutefois, afin de capturer davantage de juvéniles, une poche avec des petites poches de 25 mm de maille étirée a été utilisée. Les autres matériels se composent essentiellement de balances de pesée, d'ichtyomètres, de pieds à coulisses, d'appareils de mesure de la température et de la salinité, de clés de détermination des espèces pêchées et de divers instruments d'étude de la biologie des espèces.

Les stations côtières et profondes ont été chalutées de jour, entre le lever et le coucher du soleil. Deux particularités importantes sont à noter :

(a) la prise en compte de stations côtières de remplacement pour diverses raisons : sonde instable, proximité de la côte, risques de croches avec des engins de pêche artisanaux, fonds rocheux abrupts, récifs artificiels, engins explosifs, etc. Les remplacements se font en recourant à la station de la même strate la plus proche.

(b) chaque station profonde doit être chalutée, en veillant autant que possible à couper les sondes moyennes des gammes de profondeur retenues : 175 m, 275 m, 375 m, 475 m, 575 m et 675 m.

Pour les stations profondes (150 à 700 m de profondeur), un plan d'échantillonnage systématique a été adopté. La côte a en effet été subdivisée en 9 radiales comprenant chacune 6 stations, soit 54 stations par saison. Les 9 radiales notées de I à IX, sont réparties comme suit : 4 au nord (Gandiole, Nord Lompoul, Nord Mboro et Kayar), 4 au centre (Nord Mbour, Mbour, Palmarin et Sangomar) et 1 au sud (Cap Skiring). Les 6 stations correspondent aux tranches bathymétriques suivantes : 150 à 200 m, 250 à 300 m, 350 à 400 m, 450 à 500 m, 550 à 600 m et 650 à 700 m. Au Sénégal, la saison froide va généralement de décembre à Mai et la saison chaude, de juin à Novembre. Les 54 stations ont été par conséquent visitées du 28 avril au 5 mai pour la saison froide et du 11 au 28 septembre pour la saison chaude.

Les données recueillies sont relatives :

- aux opérations de chalutage : latitudes, longitudes et heures de début et de fin de chaque trait, zone, numéro du trait, zone, saison, vitesse de chalutage ;
- à la biologie des espèces : listing des espèces ou taxons, poids en kg, effectifs et fréquences de taille. Les captures ont été traitées selon la méthodologie de travail classique du CRODT : tri total ou tri partiel puis échantillonnage si la capture est trop importante. Dans ce dernier cas, un coefficient multiplicateur CM ou facteur d'extrapolation est calculé selon la formule :

$$CM = \frac{PT}{PE}$$

avec PT, le nombre de pelles totales et PE le nombre de pelles de l'échantillon, est calculé. De plus, le nombre de pelles rejetées PR est noté.

- à l'environnement : températures (°C) et salinités (g/l) de surface et de fond, profondeurs (m) de début et de fin de trait et pression atmosphérique (bars). Toutefois, seules la profondeur et la pression atmosphérique ont été prises en compte pour les campagnes profondes du fait de difficultés persistantes rencontrées lors de la 1ère campagne profonde.

### **A3.1.2. Méthodes**

Pour répondre à cette question, nous avons fait recours aux données de campagnes de prospection par chalutage réalisées tout au long des côtes sénégalaises par le CRODT, notamment sur la base du profil latitudinal des densités moyennes de crevettes profondes (Faraj et Bez, 2007). La première opération a été de calculer des indices de densités standardisés de crevettes profondes, qu'on représente selon un profil latitudinal pour toute la ZEE sénégalaise.

### **A3.2. Résultats et discussions**

Les résultats obtenus montrent que l'abondance des crevettes profondes est élevée dans la zone Nord et au Sud, plus particulièrement dans la zone commune du Sénégal.

Les résultats obtenus à partir des données de campagnes scientifiques réalisées en 2008 indiquent aussi, l'existence de deux stocks ou zones d'abondance de crevettes profondes au Sénégal ; un stock au sud entre les latitudes 12 et 13°N et un autre d'abondance plus élevée au Nord à partir de la latitude

15°N (Figure A.3). Le profil latitudinal des indices d'abondance standardisés de crevettes profondes montre une tendance croissante des densités de crevettes profondes dans ces deux zones.

Les figures A.2 et A.4 montrent que l'abondance des crevettes profondes est particulièrement élevée au Sud (12-13°N) et surtout au Nord du Sénégal (14.5-16°N) et reste faible au centre (13°-14°N). Cette répartition géographique de l'abondance de la *P. longirostris* est comparable à celle d'une autre espèce de crevette Penaeidae, *Farfantepenaeus notialis* qui est une espèce côtière. La différence réside dans la proximité par rapport à la côte : *P. longirostris* vit plus au large alors que *F. notialis* est rencontré plus vers la côte.

Il ressort de ces résultats, l'existence probable d'un stock partagé de crevettes profondes *P. longirostris* au sud du Sénégal, plus précisément au niveau de la zone commune entre le Sénégal et la Guinée-Bissau. La question sur l'existence probable de ce stock mérite d'être approfondie, notamment à partir d'études génétiques. Le stock nord a été cependant longtemps défini dans la littérature comme une unité de gestion indépendante (FAO, 2004). Ce stock a fait l'objet de beaucoup d'évaluations lors de groupes de travail réunis par le COPACE.

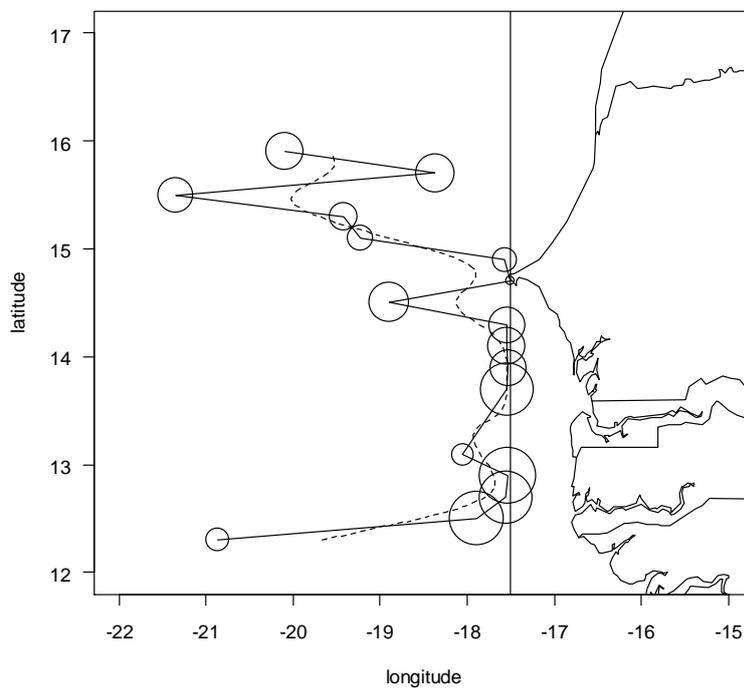


Figure A3.1 : Profil latitudinal des indices d'abondance standardisés de crevettes profondes, calculés à partir des données de campagne scientifiques entre 1986 et 1999.

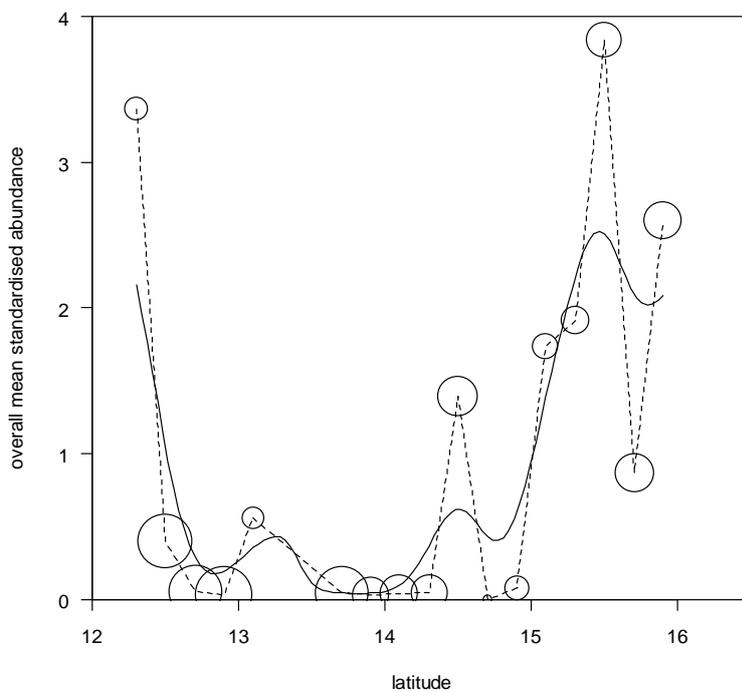


Figure A3.2 : Profil latitudinal des indices d'abondance standardisés de crevettes profondes, calculés à partir des données de campagne scientifiques entre 1986 et 1999.

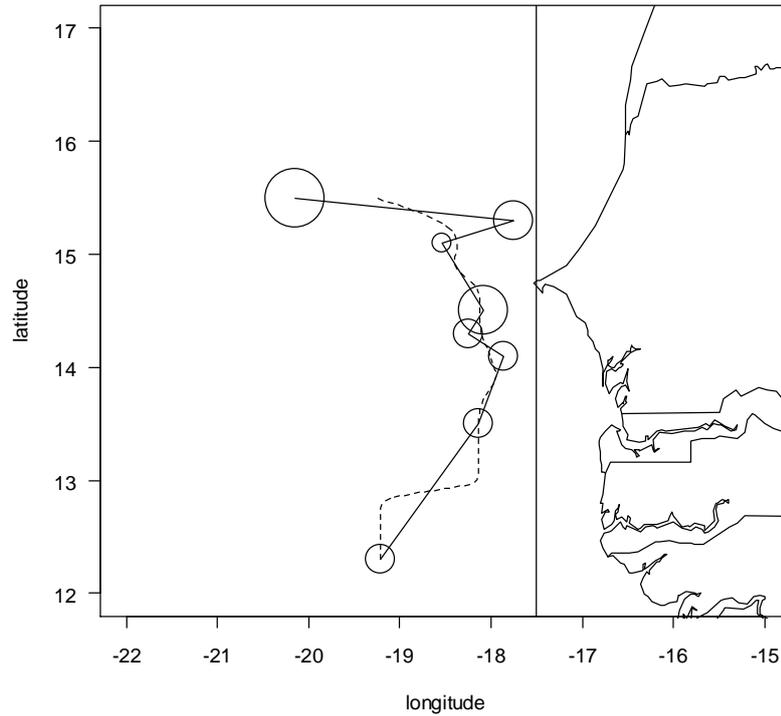


Figure A3.3 : Profil latitudinal des indices d'abondance standardisés de crevettes profondes, calculés à partir des données de campagne scientifiques de 2008.

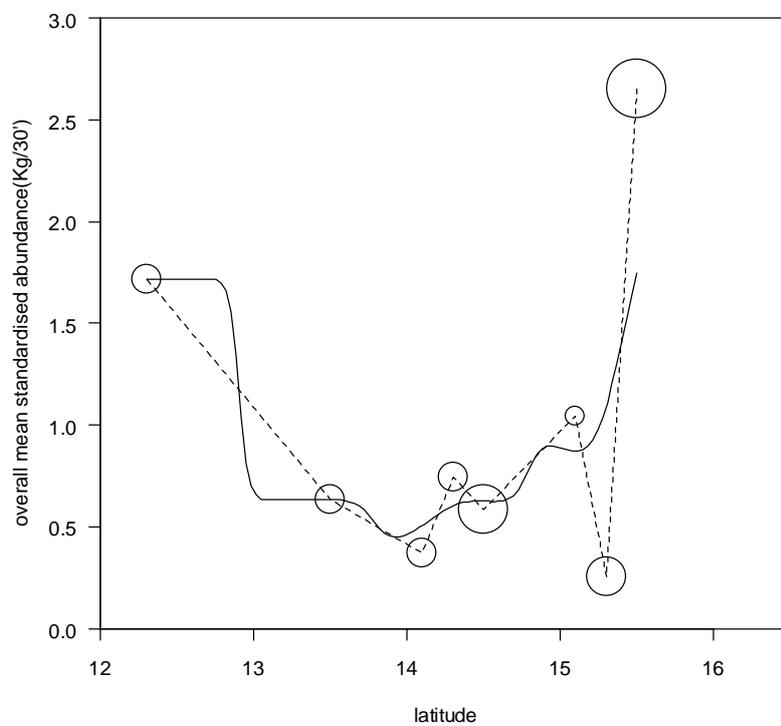


Figure A3.4 : Profil latitudinal des indices d'abondance standardisés de crevettes profondes, calculés à partir des données de campagne scientifiques de 2008.

## RESUME

Au Sénégal, les travaux sur l'évaluation du stock de crevettes profondes effectués sont basés sur les données du groupe de travail COPACE. Les résultats issus de ces travaux souffrent cependant d'incertitudes liées à la fiabilité des données de captures par unité d'effort (CPUE) utilisées comme un indice d'abondance. Ces CPUE sont utilisées dans de nombreux travaux d'évaluation des stocks. L'utilisation de ces données pose un certain nombre de problèmes ; elles résultent à la fois de l'abondance d'un stock dans une région donnée et des pratiques de pêche et de leurs contraintes. Les séries temporelles de CPUE brutes reflètent l'évolution de ces facteurs sans qu'il soit aisé de quantifier l'influence de chacun d'entre eux. Par conséquent, le développement de méthodes permettant de réduire les incertitudes dans les évaluations des stocks constitue un challenge.

Ce travail a pour objectif principal de comprendre la dynamique des populations de crevettes profondes en vue de consolider les bases scientifiques d'un plan d'aménagement pour cette pêcherie.

1. La première partie résume l'information scientifique tirée d'une bibliographie mondiale sur les crevettes profondes exploitées au Sénégal. Elle synthétise les informations environnementales, biologiques, écologiques et halieutiques indispensables dans l'établissement de modèles de dynamiques des populations spécialisés.
2. La deuxième partie décrit l'évolution et les variations spatio-temporelles de l'abondance de *P. longirostris*. Les indices d'abondance annuels sont estimés par les méthodes de modélisation linéaire de type GLM des CPUE, à partir de données commerciales. L'abondance du stock de *P. longirostris* varie saisonnièrement et d'une année à une autre, avec tendance nette à la diminution. De plus, les rendements les plus élevés sont observés en saison froide dans les zones Nord et Sud du pays.
3. La troisième partie établit un diagnostic sur le niveau d'exploitation actuel du stock de *P. longirostris* à partir du modèle global intégrant une variable environnementale. Pour cela, des données de productions annuelles, d'indices d'abondance estimés par GLM et de variables environnementales (IUC, SST) sont utilisées. Les résultats montrent que la pêche explique une large part de la diminution de l'abondance du stock de crevettes et indiquent une surexploitation pour ce stock. Les captures maximales équilibrées subissent des variations interannuelles selon l'intensité de l'upwelling qui est le principal facteur structurant l'hydroclimat des régions ouest africaines.

Ce travail conclue à la nécessité de réduire la pression de pêche sur cette ressource et de suivre l'évolution de l'intensité de l'upwelling. Pour une telle ressource fortement surexploitée, l'effort de pêche constitue le principal facteur qui mérite d'être contrôlé. Cependant, d'autres facteurs secondaires comme l'upwelling et la dynamique des populations peuvent aussi être considérés dans l'élaboration d'un plan d'aménagement durable pour cette pêcherie.

**Key words:** Afrique de l'Ouest ; crevettes profondes ; diagnostic ; dynamique des populations ; environnement ; indicateurs ; modélisation.

## **ABSTRACT**

In Senegal, the stock of deep water shrimp, *Parapenaeus longirostris*, is intensively exploited. We used surplus production models including environmental effects to analyse their changes in abundance over the past 15 years and to estimate their Maximum Sustainable Yield (MSY) and the related fishing effort ( $E_{MSY}$ ). First, yearly abundance indices were estimated from foreign industrial fishery data using GLM techniques. Then, two environmental indices were alternatively tested in the model: the coastal upwelling intensity from wind speeds provided by the SeaWifs database and the sea surface temperature. Models were fitted, with or without the environmental effect, to the 1992-2006 time series. They express stock abundance and catches as functions of the fishing effort and the environmental index (when considered).

The main objective of the present work was to understand the deep water shrimp stocks dynamics, in order to improve the scientific bases of fisheries management plans.

1. Firstly, we sum up the scientific information from a worldwide bibliography on deep water shrimps exploited in the Senegalese waters. We synthesize environmental, biological and ecological and fisheries information required in building specific models of the dynamics of populations.
2. In part two, we describe trends and variations in abundance of the deep water shrimp exploited in Senegal. Yearly abundance indices were estimated from commercial statistics using GLM techniques. Deep water shrimp abundance showed a seasonal and year-to-year variability. It appears that the abundance of deep water shrimp has strongly decreased. And high abundances were observed in fresh season and in northern et southern areas.
3. Finally, fishing and environment effect were simultaneously considered using surplus production models including environmental effects. Models were fitted from annual landings and abundance indices estimated by GLM. The model shows that the stock was overexploited in 2006. Fishing effort has strongly increased over the past 15 years, while abundance has been reduced 2-fold. MSY was slightly insensitive to environmental conditions. MSY was equal to 2 500 tons.

In conclusion, we recommend the responsible of fishing management to reduce the fishing effort on this resource and take account on the evolution of upwelling intensity. Others variables like upwelling intensity and populations dynamics of deep water shrimp can be take account on the implementation of improvement plan of deep water shrimps stock.

**Key words:** deep water shrimps; diagnosis; environment; indicators; modeling; population dynamics; Western Africa.

: