

# Halieutique Journal

Web : <http://www.halieutique.org>

Volume I, Juin 2010; J. Sci. Hal. Aqua

**Journal  
des sciences  
Halieutique et Aquatique**



ISSN 2108-8373

## **Volume I, Juin 2010**

Le Journal des Sciences Halieutique et Aquatique

Internet: <http://www.halieutique.org>

### **Comité Scientifique**

- Rédacteur en Chef

Patrice Brehmer (France)

- Comité éditorial

Francis Laloe (France)

François Galgani (France)

François Gerlotto (France)

Ewan Josse (France)

Hector Villalobos (Mexique)

Jean Guillard (France)

Alain Van Wormhoudt (France)

Olivier Maury (Afrique du Sud)

Jean-Bernard Perodou (France)

Djiga Thiao (Sénégal)

Daniel Gaertner (France)

Aboubacar Sidibe (Canada)

Pascal Bach (La Réunion, France)

Bruno Voituriez (France)

## Editorial

Cette revue scientifique a pour ambition de faire suite à une longue interruption du travail d'édition qui a par le passé été réalisé par l'IRD (ex-Orstom), dans le domaine des sciences de la mer. Remontons quelques années en arrière: les plus anciennes et anciens d'entre nous ont connu et apprécié les « Cahiers O.R.S.T.O.M. Série océanographie et Série Hydrobiologie » édités par l'Office de la recherche scientifique et technique outre-mer de 1966 à 1978, dont la suite a été, au moins pour l'océanographie, le journal « Océanographie tropicale » de 1982 à 1986. Depuis ce travail d'édition a été mutualisé avec l'IFREMER pour donner naissance à la revue « Aquatic Living Resources », avec l'anglais comme principale (pour ne pas dire unique) langue d'usage.

Notre revue associative s'est inspirée de cette riche expérience, mais propose une nouvelle ligne éditoriale plus généraliste, touchant les sciences aquatiques au sens large, orientée vers la science au Sud, sans être restrictive, avec la vocation de mettre en valeur les travaux réalisés par les scientifiques au Sud. Nous encourageons aussi les études ayant un intérêt local, leur publication permet de garder une mémoire collective de ces travaux. Le libre accès à nos articles, leur diffusion sous forme numérique et leurs citations assurent la conservation de cette mémoire. Ces travaux trouvent leurs intérêts dans l'établissement de statuts écologiques pour les écosystèmes aquatiques, l'observation des perturbations d'origine anthropiques et la conception d'indicateurs. Par ailleurs elles améliorent et alimentent ces approches environnementalistes.

Ce premier numéro, qui se trouve être totalement francophone, ne doit pas dissuader les auteurs de langues anglaise et espagnole. Notre objectif est de couvrir l'ensemble des régions, particulièrement tropicales et méditerranéennes, où existent de nombreux travaux de scientifiques qualifiés et spécialisés sur leurs zones, réalisés aussi bien dans un cadre étatique que financés - de plus en plus souvent - par des ONG et autres fondations dont l'objectif n'est pas la publication d'articles de recherche. Cet état de fait, propre à notre époque, n'est pas sans causer un préjudice à la visibilité de la science au Sud. Il est d'une impérieuse nécessité de valoriser et mettre en avant les travaux réalisés au Sud sous un format et avec un référencement communs à l'ensemble de la communauté scientifique mondiale, en prenant en considération le fait que ce mode de fonctionnement de la recherche au Sud génère certaines contraintes. Notons que cette situation n'est pas l'exclusivité des pays du Sud: de nombreux travaux réalisés au Nord ont une diffusion extrêmement restreinte se limitant parfois à un cadre institutionnel. Notre revue offre ainsi un media dédié aux scientifiques du Sud comme du Nord dont le but est de permettre la publication rapide d'articles de recherche mais aussi de 'Points de vue', soumis à comité de lecture. Gageons que par la création de ce journal cette tâche sera pour partie accomplie. Nous profiterons de cet éditorial pour remercier les auteurs, arbitres et relecteurs qui ont accepté de mener avec nous cette nouvelle 'histoire' éditoriale.

Patrice A., J-P., BREHMER  
IRD, Laboratoire des Sciences de  
l'Environnement Marin  
Plouzané, France

Research paper

## Mise en place d'une procédure statistique pour la sélection des modèles en halieutique

Amine AMAR<sup>1,\*</sup>, Zine El abidine GUENNOUN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté des sciences de Rabat, Université Mohamed V-Agdal, Département de mathématiques et d'informatique, 4 Avenue Ibn Battouta BP 1014 RP, Rabat, Maroc

\*Correspondance: Tél.: (+212) 0537-77-54-71; Télécopie: (+212) 0537-77-54-71; Courriel: [amar.abd@gmail.com](mailto:amar.abd@gmail.com)  
(A. Amar)

Reçu le 02 novembre 2009; accepté le 11 janvier 2010; Publié en ligne le 01/03/2010  
MS 021009-01

### Résumé

L'un des problèmes inhérents à l'évaluation des stocks halieutiques réside dans le fait que chaque modèle d'évaluation proposé peut reposer sur une théorie particulière. Ainsi, les halieutes peuvent se retrouver face à un dilemme avec plusieurs modèles incomparables. Notre travail vise la résolution de ce problème de comparabilité des modèles. Ce papier se base essentiellement sur un article de Schnute (1985) qui présente une théorie générale basée sur un modèle de croissance et incluant la plupart des modèles existants comme cas particuliers. Le modèle global généralisé de Schnute présente une très grande souplesse pour décrire des relations entre CPUE (capture par unité d'effort) et l'effort de pêche. Une amélioration de cette théorie générale est présentée, elle consiste à mettre en place une procédure algorithmique pour la sélection de la forme la plus appropriée du modèle. La sélection est basée sur la procédure de Box et Jenkins, notamment par trois étapes: (i) identification, (ii) estimation et (iii) vérification (Box *et al.*, 2008), ainsi que par l'application de la théorie de la régression statistique, en particulier: (i) les tests permettant de juger la significativité des paramètres biologiques estimés (test t de student), (ii) un critère de sélection approprié qui intègre dans sa formule parcimonie et degré d'explication (AIC), (iii) analyse de la variance et enfin (iv) l'analyse des résidus permettant de tester les hypothèses du modèle. L'approche améliorée a été récapitulée dans un diagramme algorithmique et a été testée sur un stock national, le stock Marocain méridional d'*Octopus vulgaris* durant la période 1993-2003, en évaluant plusieurs scénarii possibles de modèles. La procédure proposée a abouti, dans notre cas d'étude, à la sélection d'un modèle unique à composantes constantes (mortalité, croissance, recrutement). Le modèle retenu fournit un  $R^2$  et  $AIC_c^2$  significatifs (17 % et 12 % respectivement) dont les paramètres estimés sont statistiquement et biologiquement valides.

**Mots-clés:** Evaluation de stock, Ajustement, Modèle statistique, Croissance, Mortalité, Recrutement, Procédure de Box et Jenkins.

### Abstract

One of the inherent problems of fish stock assessment is that each proposed model can be based on a particular theory. Thus, the fisheries manager can meet facing a dilemma with several incomparable models. Our work aims to resolve this comparability problem. This paper is essentially based on an article of Schnute (1985) who have presented a general theory based on a model of growth, which includes most of the existing models as particular cases. The Schnute's generalized model present a high suppleness to describe some relations between CPUE (catch per unit of effort) and the fishing effort. An improvement of this general theory is presented; it consists in setting up an algorithmic procedure for the selection of the most suitable shape of the model. The selection is based on the procedure of Box and Jenkins, notably by the three steps: (i) identification, (ii) evaluation and (iii) verification (analysis of the chronological sets:

forecasting and control), as well as by the application of the theory of the statistical regression, in particular: (i) the tests permitting to evaluate the signification of the biological parameters (t test of student), (ii) a suitable selection criteria which integrates in its formula parsimony and degree of explanation (called AIC), (iii) the analysis of variance and finally (iv) the analysis of the residues allowing to test the model hypotheses. The improved approach has been summed up in an algorithmic diagram and has been tested on a national stock, the Moroccan southern stock of *Octopus vulgaris* during the decade 1993-2003, by evaluating several possible model scenarios. The proposed procedure succeeded, in our case study, to the selection of only one model with constant components (mortality, growth, recruitment). The retained model provides a meaningful R<sup>2</sup> and AICR<sup>2</sup> (17 % and 12 % respectively) which the valued parameters are statistically and biologically valid.

**Keys words:** Stock assessment, Adjustment, Statistical model, Growth, Mortality, Recruitment, Box and Jenkins.

---

## 1. Introduction

Les ressources halieutiques représentent une richesse importante, du point de vue économique, écologique et social. A caractère renouvelable mais limité, les ressources halieutiques nécessitent leurs préservations dans le cadre d'un développement durable qui suppose la prise en compte de plusieurs éléments, notamment une bonne connaissance de leur dynamique qui permette l'appréciation de l'état des stocks. Ainsi, l'évaluation des ressources halieutiques s'avère nécessaire et primordiale pour une gestion durable et rationnelle des stocks. En termes précis, l'évaluation d'un stock halieutique signifie la détermination du statut de ce stock *i.e.* niveau d'abondance, distribution, composition par classe d'âge, influences sur l'écosystème, etc., et la capacité de pouvoir proposer des mesures efficaces de gestion. Le processus de l'évaluation comprend plusieurs étapes: (i) La description des méthodes et des objectifs appropriés au stock à évaluer; (ii) L'élaboration d'un plan de collecte des données; (iii) La modélisation et l'analyse; (iv) L'interprétation des résultats et les recommandations.

L'un des problèmes fondamentaux qui relèvent de la gestion des pêcheries, est la détermination du niveau des stocks à partir des séries chronologiques de l'effort de pêche et des captures. Dans la littérature, plusieurs modèles ont été proposés. Ces modèles peuvent être regroupés en deux grandes catégories : les modèles globaux et les modèles structurés par classe d'âge. Le modèle global considère le stock comme une biomasse homogène et ne prend pas en compte des paramètres comme la structure d'âge du stock. Les modèles analytiques quant à eux, se basent sur une description plus détaillée du stock et requièrent la connaissance de la composition en âge des captures (Haddon, 2001). Sachant que chacun des modèles de ces deux catégories se base sur une théorie spécifique, leurs résultats sont incomparables. Notre travail s'attache à répondre à cette question soulevée dans le cadre halieutique: quel modèle est le plus approprié pour un stock donné ? Schnute (1985) propose une théorie basée sur des équations naturelles pour une population structurée par classe d'âge. Au lieu d'un seul modèle fixe, il propose une classe de modèles qui peut être adaptée à une pêcherie donnée, et dont les modèles de Schaefer (1957), Pella et Tomlinson (1969), Schnute (1977), Deriso (1980), et Roff (1983) représentent des cas particuliers. Schnute (1985) postule que la méthode de détermination du cas particulier est essentiellement identique au problème de détermination d'un modèle que mentionnent Box et Jenkins (1970) relativement à l'analyse des séries chronologiques. Le modèle de Schnute implique des fonctions de l'âge du stock. Les relations entre ces fonctions permettent d'aboutir aux équations différentielles qui décrivent la dynamique du stock étudié (processus de croissance, de mortalité et de recrutement). La formulation finale du modèle de Schnute (1985) est l'équation de la capture.

Des outils statistiques seront présentés en vue d'améliorer la méthode de Schnute, afin de sélectionner la forme appropriée à un stock spécifique parmi les différentes variétés de l'équation de la capture. Cette amélioration qui n'a pas été considérée dans l'article de Schnute (1985), est testée et appliquée autour d'une étude de cas, l'évaluation du stock national d'*Octopus vulgaris* au Maroc. L'objectif de la procédure d'amélioration est de proposer les outils théoriques permettant d'achever la procédure de Schnute (*i.e.* accomplir les étapes: (i) identification d'un modèle qui appartient à la classe postulée au départ, (ii) estimation des paramètres du modèle choisi et (iii) test de validité du modèle retenu, afin (i) d'ajuster le modèle le plus approprié à un stock donné, (ii) de diagnostiquer un modèle proposé, et (iii) de comparer les résultats de plusieurs modèles 'candidats'.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Présentation du modèle de Schnute

En reposant sur l'hypothèse d'un stock structuré par âge, le modèle de Schnute (1985) (pour plus de détails, voir 'A General Theory for Analysis of Catch and Effort Data'), implique des valeurs qui dépendent de l'âge du stock et de la période d'observation (variation annuelle). Ainsi les valeurs associées à la croissance sont:

$N_{at}$  : Nombre de poissons, du stock considéré, âgés de 'a' au début de l'année 't'.

$C_{at}$  : Nombre de poissons capturés à l'âge 'a' durant l'année 't'.

$w_{at}$  : Poids d'un poisson âgé de 'a' à l'année 't'.

Les biomasses se définissent ainsi:

$$(1.1) N_{at}^* = w_{at} N_{at}, C_{at}^* = w_{at} C_{at}$$

Le recrutement et l'effort de pêche sont supposés indépendants de l'âge du stock:

$R_t$  : Le nombre de poissons recruté à l'âge k au début de l'année t. Les paramètres associés au recrutement sont  $\alpha_t, \beta$  et  $\gamma$

$E_t$  : L'effort de pêche durant l'année t.

La biomasse de poissons recrutés est:

$$(1.2) R_t^* = w_{kt} R_t$$

Ainsi les totaux des effectifs et de la capture se définissent par:

$$(1.3) N_t = \sum_{a=k}^{\infty} N_{at} \text{ et } C_t = \sum_{a=k}^{\infty} C_{at}$$

Les biomasses totales sont représentées par les quantités suivantes:

$$(1.4) N_t^* = \sum_{a=k}^{\infty} N_{at}^* \text{ et } C_t^* = \sum_{a=k}^{\infty} C_{at}^*$$

D'autres paramètres dérivés sont utilisés par Schnute (1985), notamment:

$V_t$  : le poids à l'âge de recrutement (*i.e.* à l'âge k) associé à la cohorte née l'année t et recrutée à l'année t+k, cette même cohorte est supposée avoir un poids extrapolé au pré-recrutement (*i.e.* à l'âge k-1), noté  $v_t$ , et un coefficient de croissance de Ford  $\rho$ .

Ainsi :  $V_t = w_{k,t+k}$  et  $v_t = w_{k-1,t+k-1}$

Quant à la mortalité, Schnute (1985) utilise le paramètre  $M_t$  associé à la mortalité naturelle, et  $q_t$  associé à la mortalité due à la pêche. Ceci induit la définition des paramètres suivants:

$\sigma_t$  : Fraction des survivants naturels.

$\phi_t$  : Fraction des poissons qui ont échappés à la pêche,

$\tau_t$  : Fraction totale des survivants.

La combinaison des valeurs définies précédemment aboutit aux équations suivantes décrivant:

La dynamique du stock halieutique:

$$(1.6) N_{a+1,t+1} = \tau_t N_{at}$$

$$(1.7) C_{at} = [1 - \phi_t] N_{at}$$

$$(1.8) N_{kt} = R_t \{N_{t-k} - C_{t-k}\}$$

La dynamique de la croissance du stock:

$$(1.9) w_{a+1,t+1} - w_{at} = \rho(w_{at} - w_{a-1,t-1})$$

Les relations entre les fractions:  $\tau_t, \sigma_t, \phi_t$ .

$$(1.10) \tau_t = \sigma_t \phi_t$$

Les équations (1.6) à (1.10) impliquent:

$$(2.1) N_{a+1,t+1} - \tau_t N_{at} = 0$$

$$(2.2) N_{a+1,t+1}^* - \tau_t N_{at}^* = \rho \tau_t (N_{at}^* - \tau_{t-1} N_{a-1,t-1}^*)$$

$$(2.3) N_{t+1} - \tau_t N_t - R_{t+1} = 0$$

$$(2.4) N_{t+1}^* - \tau_t N_t^* - R_{t+1}^* = \rho \tau_t (N_t^* - \tau_{t-1} N_{t-1}^* - v_{t-k} R_t^* / V_{t-k})$$

$$(2.5) N_t = C_t / (1 - \phi_t)$$

$$(2.6) N_t^* = C_t^* / (1 - \phi_t)$$

$$(2.7) N_{t+1}^* = (1 + \rho) \tau_t N_t^* - \rho \tau_t \tau_{t-1} N_{t-1}^* + V_{t+1-k} R_{t+1} \{ \phi_{t+1-k} N_{t+1-k}^* \} - \rho \tau_t v_{t-k} R_t \{ \phi_{t-k} N_{t-k}^* \}$$

$$(2.8) C_{t+1}^* / (1 - \phi_{t+1}) = (1 + \rho) \tau_t C_t^* / (1 - \phi_t) - \rho \tau_t \tau_{t-1} C_{t-1}^* / (1 - \phi_{t-1}) + V_{t+1-k} R_{t+1} \{ \phi_{t+1-k} C_{t+1-k}^* / (1 - \phi_{t+1-k}) \} - \rho \tau_t v_{t-k} R_t \{ \phi_{t-k} C_{t-k}^* / (1 - \phi_{t-k}) \}$$

Le modèle proposé par Schnute (1985) est explicité par l'équation de la capture (2.8). Cette équation admet huit variétés (sous-modèles) selon les sous modèles possibles décrivant les processus biologiques:

Pour la croissance:

$$(1.11.a) \sigma_t = \exp(-M_t), (1.11.b) \sigma_t = \frac{M_t + q_t E_t}{M_t \exp(M_t + q_t E_t) + q_t E_t},$$

$$(1.11.c) \sigma_t = \{1 + \exp(q_t E_t) [\exp(M_t) - 1]\}^{-1}, \text{ ou } (1.11.d) \sigma_t = \exp(-M_t)$$

Pour la mortalité:

$$(1.12.a) \phi_t = \exp(-q_t E_t); (1.12.b) \phi_t = \frac{M_t + q_t E_t \exp(-M_t - q_t E_t)}{M_t + q_t E_t},$$

$$(1.12.c) \phi_t = 1 - \exp(-M_t) [1 - \exp(-q_t E_t)]; \text{ où } (1.12.d) \phi_t = 1 - q_t E_t$$

Pour le recrutement:

(1.13 a)  $R_t \{S\} = \alpha_t S (1 - \beta \gamma S)^{1/\gamma}$  où, (1.13 b)  $R_t = R$ , où S est la biomasse totale du stock étudié.

Les différentes formes de l'équation de la capture sont explicitées dans la table 1, où l'identificateur du modèle réfère aux formes des processus biologiques du modèle dans l'ordre suivant: mortalité, croissance, recrutement (pour plus de détail voir 'General Theory for Analysis of Catch and Effort Data').

## 2.2. Amélioration du modèle de Schnute

Pour améliorer l'approche de Schnute, nous proposons d'ajouter un terme d'aléa dans les diverses équations de la capture, et par la suite nous utilisons les outils de la régression linéaire pour évaluer les paramètres de chaque équation (en utilisant un critère de sélection, l'analyse des résidus, l'analyse de la variance et les tests de validation). Notre approche améliorée a été résumée dans un diagramme algorithmique (voir diagramme récapitulatif de l'amélioration de la méthode de Schnute (1985)).

Notre approche est basée sur la théorie statistique de la régression qui permet de modéliser l'interdépendance entre variables spécifiant un phénomène donné, par une fonction simple (fonction de la régression) et selon des critères interprétables. La fonction de la régression peut avoir une forme analytique quelconque, l'analyste (en particulier l'halieute confronté au problème d'évaluation des stocks halieutiques) devra donc faire le choix de la forme fonctionnelle (le modèle de régression) en se basant sur sa connaissance des données de base (Gourieroux & Monfort, 1995).

Il conviendra donc de (i) construire plusieurs modèles qui diffèrent en général par le choix de la forme fonctionnelle du modèle, puis de (ii) soumettre ces modèles à des épreuves de validation, et enfin (iii) retenir, parmi les modèles candidats, celui ayant les meilleures performances estimées, en faisant appel aux critères de sélection, aux approches statistiques de validation et à la connaissance sur les données de base.

## 2.3. Les critères statistiques de sélection des modèles

La sélection des modèles est un problème bien connu en statistique. Plusieurs méthodes ont été proposées pour la résolution de cette problématique. L'une des réponses apportées par les statisticiens est la minimisation d'un critère pénalisé, notamment AIC (Akaike, 1973) ou ses versions corrigées (AICC, c-AIC, AICR, QAIC ou c-QAIC) (Spanos, 2008).

Parmi ces critères, seuls quelques uns ont été largement diffusés et appliqués, et d'un point de vue théorique, beaucoup de travaux ont été réalisés concernant leurs propriétés statistiques et leur adaptation à des modèles spécifiques.

Des considérations pratiques et théoriques montrent qu'il n'existe pas de critère universellement meilleur, mais seul l'objectif de l'expérimentateur (par exemple la parcimonie ou les performances prédictives de son modèle) et sa connaissance des données à analyser peuvent donner un sens à la notion de supériorité d'un critère sur l'autre. En plus des critères de sélection, d'autres approches statistiques complémentaires ont été proposées, ayant pour objectif de tester la validité des modèles candidats, permettant ainsi de déceler les défaillances des modèles retenus. Parmi ces méthodes nous retenons les trois étapes suivantes: (i) L'analyse des résidus qui se base principalement sur des méthodes d'analyse graphique, afin de vérifier que la représentation des résidus ne présente aucune structure particulière. (ii) L'analyse de la variance qui consiste à expliquer la variance totale en fonction de la variance due aux facteurs (la variance expliquée par le modèle), de la variance due à l'interaction entre les facteurs et de la variance résiduelle aléatoire (la variance non expliquée par le modèle), et puis de comparer ces variances. (iii) Les tests d'hypothèses, essentiellement ceux qui se basent sur la statistique de Wald, permettant ainsi de tester la significativité des paramètres.



**Table 1.** Les différentes formes de l'équation de la capture associées à chaque modèle.

	Identificateur du modèle	Equation de la capture correspondante
Avec $N_t$ : Le nombre de poissons, parmi le stock étudié, au début de l'année $t$ . $C_t$ : Le nombre de poissons capturés durant l'année $t$ (les biomasses ( $N_t^*, C_t^*$ ) se définissent par: $N_t^* = w_t N_t$ , $C_t^* = w_t C_t$ ). $E_t$ : l'effort de pêche. $w_t$ : Le poids d'un poisson à l'année $t$ . $V_t$ : Le poids à l'âge de recrutement ( <i>i.e.</i> à l'âge $k$ ) associé à la cohorte née à l'année $t$ et recrutée à l'année $t+k$ , cette même cohorte est supposée avoir un poids extrapolé au pré-recrutement ( <i>i.e.</i> à l'âge $k-1$ ), notée $v_t$ , et un coefficient de croissance de Ford $\rho$ . $\sigma_t$ : La fraction des survivants naturels. $\phi_t$ : La fraction des poissons qui ont échappés à la pêche. $\tau_t$ : La fraction totale des survivants. $\alpha, \beta$ , et $\gamma$ : paramètres de recrutement. $M$ : Paramètre associé à la mortalité naturelle. $q$ : Le coefficient de capturabilité. $S$ : La biomasse totale du stock étudiée.	$\langle 111 \rangle$	$(1 - e^{-qE_{t+1}})^{-1} C_{t+1}^* = (1 + \rho)e^{-M} (e^{qE_t} - 1)^{-1} C_t^* - \rho e^{-2M - qE_t} (e^{qE_{t-1}} - 1)^{-1} C_{t-1}^* + \alpha V (e^{qE_{t+1-k}} - 1)^{-1} C_{t+1-k}^* [1 - \beta \gamma (e^{qE_{t+1-k}} - 1)^{-1} C_{t+1-k}^*]^{1/\gamma} - \rho \alpha v e^{-M - qE_t} (e^{qE_{t-k}} - 1)^{-1} C_{t-k}^* [1 - \beta \gamma (e^{qE_{t-k}} - 1)^{-1} C_{t-k}^*]^{1/\gamma}$
	$\langle 114 \rangle$	$\frac{C_{t+1}^*}{1 - e^{-qE_{t+1}}} = \frac{(1 + \rho)e^{-M} C_t^*}{e^{qE_t} - 1} - \frac{\rho e^{-2M - qE_t} C_{t-1}^*}{e^{qE_{t-1}} - 1} + RV - Rv \rho e^{-M - qE_t}$
	$\langle 131 \rangle$	$(1 - e^{-qE_{t+1}})^{-1} C_{t+1}^* = e^{-M} (e^{qE_t} - 1)^{-1} C_t^* + \alpha V (e^{qE_{t+1-k}} - 1)^{-1} C_{t+1-k}^* [1 - \beta \gamma (e^{qE_{t+1-k}} - 1)^{-1} C_{t+1-k}^*]^{1/\gamma}$
	$\langle 134 \rangle$	$\frac{C_{t+1}^*}{1 - e^{-qE_{t+1}}} = \frac{e^{-M} C_t^*}{e^{qE_t} - 1} + RV$
	$\langle 211 \rangle$	$C_{t+1}^* = (1 + \rho)\tau C_t^* - \rho \tau^2 C_{t-1}^* + \alpha V \phi C_{t+1-k}^* [1 - \beta \gamma \phi (1 - \phi)^{-1} C_{t+1-k}^*]^{1/\gamma} - \rho \alpha v \tau \phi C_{t-k}^* [1 - \beta \gamma \phi (1 - \phi)^{-1} C_{t-k}^*]^{1/\gamma}$
	$\langle 214 \rangle$	$C_{t+1}^* = (1 + \rho)\tau C_t^* - \rho \tau^2 C_{t-1}^* + (1 - \phi)RV - (1 - \phi)\rho \tau Rv$
	$\langle 231 \rangle$	$C_{t+1}^* = \tau C_t^* + \alpha V \phi C_{t+1-k}^* [1 - \beta \gamma \phi (1 - \phi)^{-1} C_{t+1-k}^*]^{1/\gamma}$
	$\langle 234 \rangle$	$C_{t+1}^* = \tau C_t^* + (1 - \phi)RV$

## 2.4. Les critères de validité des paramètres biologiques

L'utilisation des méthodes statistiques (critères statistiques, analyse de la variance, analyse des résidus, tests d'hypothèse) pour le choix d'un modèle approprié à un stock donné, peuvent conduire à sélectionner un modèle statistiquement valide, mais qui ne représente pas la réalité biologique du stock (exemple: le cas d'un modèle statistique dont le paramètre de mortalité est nul).

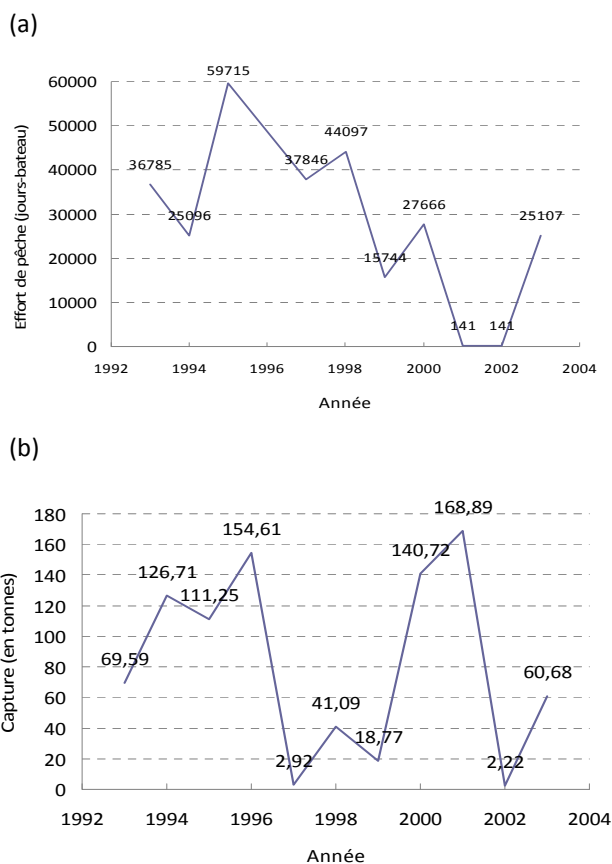
Ainsi, nous avons mentionné dans l'algorithme de sélection de notre approche améliorée, l'obligation de comparer les valeurs des modèles statistiquement valides avec les valeurs connues a priori, qui résultent de connaissances élémentaires sur le stock étudié. La figure 2 montre qu'après la constitution de l'ensemble des modèles valides, les valeurs des paramètres estimés vont être confrontées à un test de validité biologique basé sur la connaissance de l'espèce étudiée. Deux cas peuvent en résulter:

Les paramètres estimés de tous les modèles valides ne reflètent pas la réalité biologique du stock étudié. Dans ce cas, l'halieute est obligé de procéder à une transformation de la forme du modèle de départ (l'équation de la capture), soit en se basant sur la forme de l'aléa (modèle additif ou multiplicatif), soit sur les composantes (*i.e.* recrutement, croissance et mortalité) du modèle.

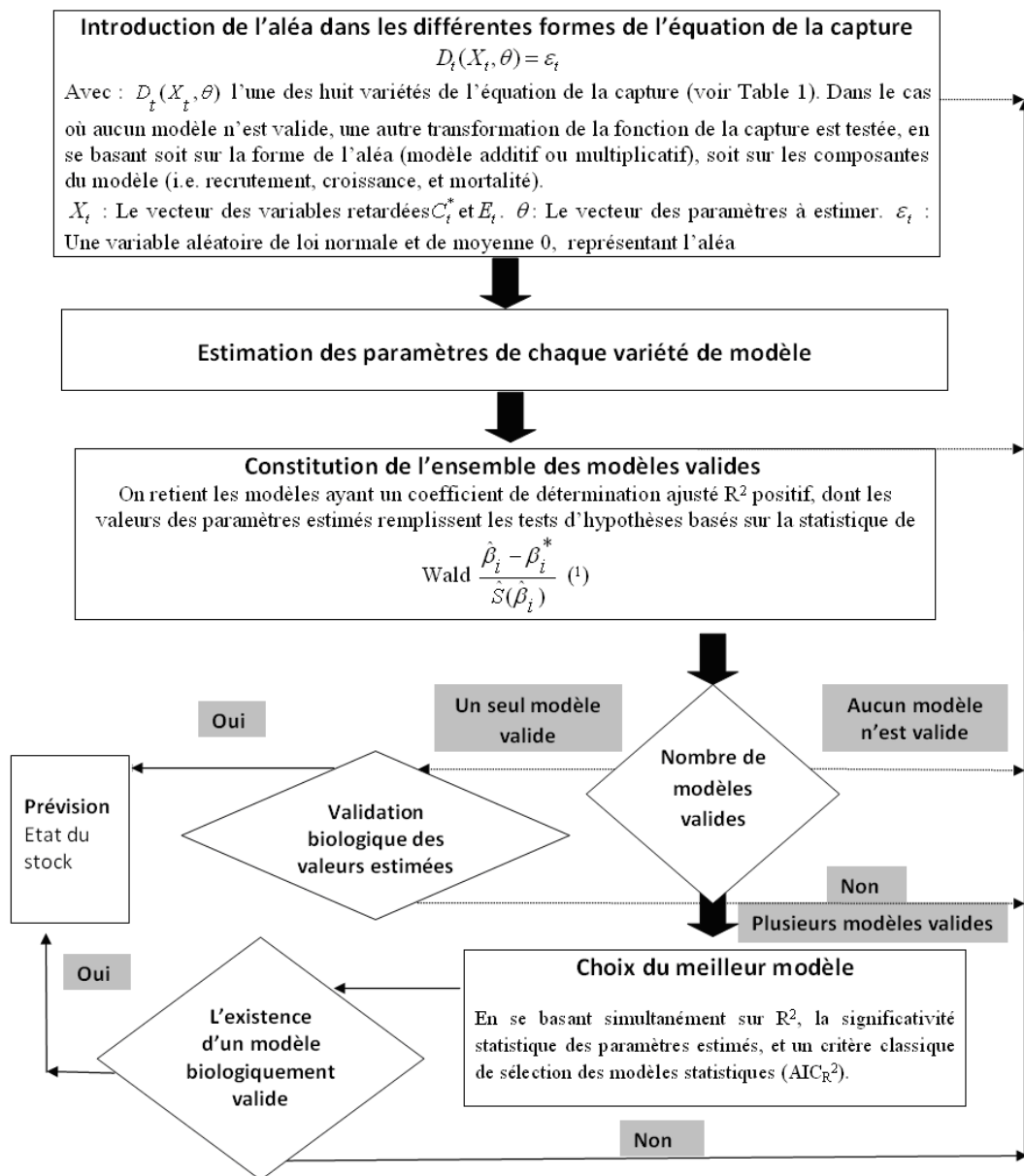
L'existence d'un modèle statistiquement et biologiquement valide. Dans ce cas ce modèle pourra être utilisé pour prévoir l'état du stock et appliquer des mesures de gestion ad hoc efficaces.

## 2.5. Biologie d'*Octopus vulgaris*

*Octopus vulgaris* est une espèce benthique à faible déplacement, caractérisée par (i) une courte durée de vie; (ii) une croissance rapide; (iii) et une forte saisonnalité dans la reproduction et le recrutement des juvéniles; mais aussi par (iv) une mortalité massive des femelles après la ponte ainsi que par sa (v) répartition le long des côtes jusqu'à une profondeur de 100 à 200 mètres avec une préférence pour les récifs coralliens et les fonds rocheux (Caverivière *et al.*, 2002). Il peut être rencontré également sur les fonds sableux ou vaseux voire sur les herbiers.



**Figure 1.** (a) L'effort de pêche (en jour-bateau) appliqué au stock méridional d'*Octopus vulgaris* et (b) la capture correspondante (en tonnes) au cours de la période: 1993-2003.



**Figure 2.** Diagramme récapitulatif résumant les différentes étapes de l'amélioration de la méthode de Schnute, à savoir l'introduction de l'aléa, l'estimation des paramètres, la constitution des modèles valides, les critères de choix du meilleur modèle et la prévision. (1) Significatif vis à vis de l'analyse de la variance, et dont les résidus sont indépendants et identiquement distribués, suivant tous une loi de type  $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ .

### 2.6. Reproduction d'*Octopus vulgaris*

*Octopus vulgaris* a deux saisons de ponte; l'une principale au printemps et l'autre secondaire en automne. Une femelle ne se reproduit qu'une fois (rarement deux fois) et pond entre 100.000 et 500.000 œufs (de 2,4 mm chacun) et meurt généralement après l'éclosion des œufs. Les alevins vivent de 5 à 12 semaines en pleine eau avant de se poser sur les fonds et adopter le mode de vie des adultes. Les femelles atteignent la maturité sexuelle entre 12 et 13 cm (longueur du manteau) alors que les mâles sont adultes à partir de 7 cm.

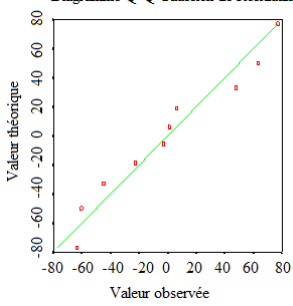
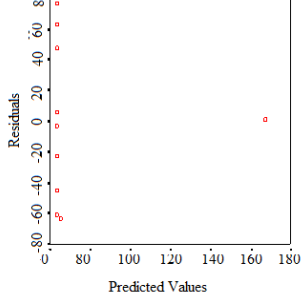
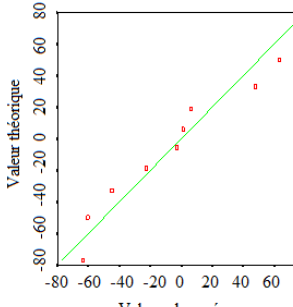
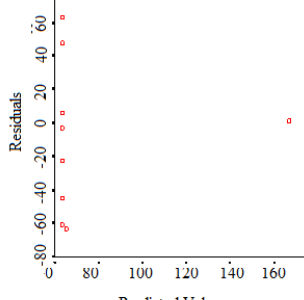
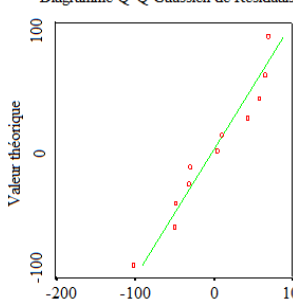
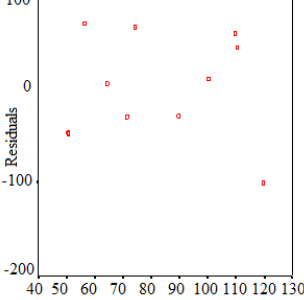
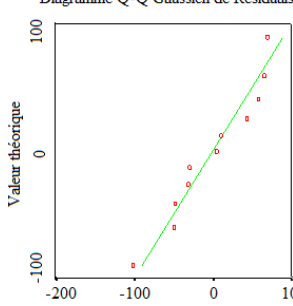
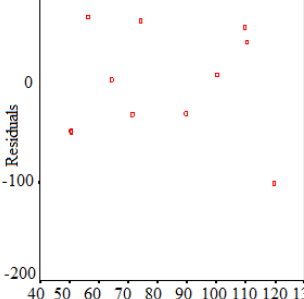
Modèle	Q-Q plot	Résidus (Residus) et valeurs ajustées (predicted values)
⟨114⟩	<p>Diagramme Q-Q Gaussien de Residuals</p> 	
⟨134⟩	<p>Diagramme Q-Q Gaussien de Residuals</p> 	
⟨214⟩	<p>Diagramme Q-Q Gaussien de Residuals</p> 	
⟨234⟩	<p>Diagramme Q-Q Gaussien de Residuals</p> 	

Figure 3. Graphes de l'analyse des résidus de chaque modèle déclaré valide. L'analyse se base sur le QQ plot et le graphe des résidus en fonction des valeurs ajustées.

**Table 2.** Validation de l'application de la méthode améliorée basée sur le coefficient de détermination, la significativité biologique des paramètres, le test t de Student et l'analyse de la variance. L'initialisation des valeurs des paramètres provient de l'Office National des Pêche du Maroc.

Modèle	Valeurs initiales des paramètres	Coefficient R <sup>2</sup> ajusté	Estimations des paramètres	Test de Student (p<0.05) et analyse de la variance	Validation du modèle
<111>	M=0,66; q= 0 ,11; ρ = 0,63; α= 1; β= 1; γ=1	< 0	-	-	Invalide
<114>	M=0,66; q= 0 ,011; R=50000; V=0,0001; v=0; ρ=0,63	0,00344	M=0; q= 0,043; R=50000,015 V=0,017; v=0; ρ=0,63	Les valeurs des paramètres appartiennent à l'intervalle de confiance	Valide
<131>	M=0,66; q= 0,11; α=1; β=1; V=1	< 0	-	-	Invalide
<134>	M=0,66; q= 0,11; R=50000; V=0,0001.	0,30171	M=0; q= 0,006; R=4999,87;V=0,001	Les valeurs des paramètres appartiennent à l'intervalle de confiance	Valide
<214>	τ= 1; ρ=0,63; Φ=0; V= 0,0001; R=50000; v=0	0,17109	τ= 0,36;ρ=0; Φ=0,4; V= 0,01; R=49999; v=0,02	Les valeurs des paramètres appartiennent à l'intervalle de confiance	Valide
<231>	τ= 1; α=1;Φ=0;V= 0; β=1; γ=0,5	< 0	-	-	Invalide
<234>	τ= 1; Φ=0; R= 50000; V= 0,001	0,17109	τ= 0,36; Φ=0,0006; R= 50000; V= 0,00099	Les valeurs des paramètres appartiennent à l'intervalle de confiance	Valide

**Table 3.** Résultats de l'application de la méthode améliorée: coefficient de détermination (mesurant le degré d'explication), signification biologique des paramètres et  $AIC_R^2$ .

Modèle	Degré d'explication	Signification biologique des paramètres	$AIC_R^2$
114	0,03	Mortalité invalide (mortalité nulle)	11,00
134	0,30	Mortalité invalide (mortalité nulle)	7,97
214	0,17	Croissance invalide (croissance nulle)	9,41
234	0,17	Biologiquement acceptables	11,00

**Table 4.** Variables retardées (capture et effort de pêche) et paramètres intervenants dans les différentes formes de l'équation de la capture.

Identificateur du modèle	Pas des variables retardées	Paramètres	Liste des paramètres	Nombre de paramètres
	Capture	Effort de pêche		
$\langle 111 \rangle$	1,2, $k, k+1$	0, 1, 2, $k, k+1$	$M, q, \rho, \alpha v, \beta, \gamma$	6
$\langle 114 \rangle$	1,2	0, 1, 2	$M, q, \rho, RV, Rv$	-
$\langle 131 \rangle$	1, $k$	0, 1, $k$	$M, q, \alpha V, \beta, \gamma$	5
$\langle 134 \rangle$	1	1	$M, q, RV$	3
$\langle 211 \rangle$	1,2, $k, k+1$	-	$\tau, \rho, \phi \alpha V, \phi \alpha v, \phi \beta / (1 - \phi), \gamma$	6
$\langle 214 \rangle$	1,2	-	$\tau, \rho, (1 - \phi)R(V - \rho \tau v)$	3
$\langle 231 \rangle$	1, $k$	-	$\tau, \phi \alpha V, \phi \beta / (1 - \phi), \gamma$	4
$\langle 234 \rangle$	1	-	$\tau, (1 - \phi)RV$	2

### 3. Résultats

Les résultats statistiques de chaque modèle sont résumés dans les tables 2, 3 et la figure 3. D'après les résultats produits sous SPSS (pour plus de détails sur SPSS, voir Wacker, (2000)), on peut classer les modèles testés en deux catégories: modèles valides et modèles invalides. Cette distinction est basée premièrement sur le coefficient de détermination, le résultat du test de Student sur les paramètres, ainsi que les pré-requis sur les paramètres biologiques utilisés.

D'après la table 4 on constate quatre points notables: (i) le modèle 114 fournit un  $AIC_R^2$  trop élevé (le modèle n'explique que 0,034 % des données), de plus le paramètre de mortalité est estimé à 0, ce qui est biologiquement impossible, (ii) Le modèle 134 fournit un meilleur  $AIC_R^2$  (le modèle explique 30 % des données), mais le paramètre de mortalité reste invalide, (iii) Le modèle 214 fournit un  $R^2$  de 17 %, mais cette fois-ci le coefficient de la croissance est invalide  $\rho = 0$ ; (iv) Le modèle 234 fournit un  $R^2$  significatif 17 % dont les paramètres estimés sont biologiquement valides, ainsi que le test t de Student sur la signification des paramètres.

La figure 3 associe à chaque modèle la représentation des résidus en fonction des valeurs prévues, ainsi que la distribution des résidus. Seuls deux modèles, le 214 et le 234 (Table 4), vérifient l'hypothèse de la normalité et l'indépendance des résidus. Notons qu'un "diagramme Quantile-Quantile", ou "Q-Q Plot" est un graphique permettant de comparer visuellement un échantillon et une distribution théorique de référence (le plus souvent, normale), dans le but de décider s'il est vraisemblable que cette distribution théorique ait généré l'échantillon, et d'analyser les raisons qui peuvent éventuellement rejeter cette hypothèse. Le Q-Q plot peut donc être considéré comme un "test de normalité visuel".

Ainsi, si on combine les cinq mesures de performance: (i) Degré d'explication élevé; (ii) Acceptation, d'un point de vue biologique, des paramètres estimés; (iii) Validité du test de Student; (iv) Critère  $AIC_R^2$  minimal; (v) Validation des hypothèses de la normalité et l'indépendance des résidus, on retient le modèle 234. Ainsi pour le stock étudié au travers de notre cas d'étude, les processus biologiques sont constants par rapport au temps:

- modélisation de la mortalité (M2):  $\sigma = \exp(-M)$ ;  $\phi = \text{constant}$ ;
- modélisation de la croissance: croissance à poids constant avec  $u = V$ ;
- modélisation du recrutement: recrutement à poids constant, avec  $R_t = R$ .

### 4. Conclusion

Ce travail nous a permis d'améliorer la méthode de Schnute, essentiellement par l'introduction de l'aléa dans la classe de modèles proposée par Schnute, et sur les résultats de la théorie statistique de la régression. Cette démarche a été appliquée autour d'un cas d'étude, sur le stock d'*Octopus vulgaris* situé dans la partie méridionale du Maroc, permettant ainsi la comparaison puis la sélection entre plusieurs modèles candidats, et l'ajustement du modèle adéquat. Le modèle ajusté ainsi validé permettra d'améliorer les prévisions faites par simulations sur l'état du stock considéré.

### Remerciements

Un remerciement spécial est dédié à l'Office National de la Pêche de Casablanca (Maroc), qui a fourni les statistiques de pêche qui nous ont permis d'achever cet article. Nous remercions aussi les arbitres anonymes pour leurs commentaires constructifs.

### Références

- BOX, G.E.P., JENKINS, G.M., & REINSEL, G.C., 2008. Time Series Analysis: Forecasting and Control. (Ed.) Wiley, John & Sons, New Jersey, 730p.
- DERISO, R.B., 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age-structured model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 268-282.
- GOURIÉROUX, C., & MONFORT, A., 1995. Statistics and Econometric Models. Cambridge University Press, Cambridge Economica, USA, 528p.
- HADDON, M., 2001. Modeling and Quantitative Methods in Fisheries. Chapman and Hall, CRC, USA, 424p.
- LANCELOT, R., & LESNO, M., 2005. Sélection de modèles avec l'AIC et critères d'information dérivés. Version 3. *Annals of statistics*, 6, 461-464.

- PELLA, J.J., & TOMLINSON, P.K., 1969. A generalized stock production model. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.* 13, 419-496.
- ROFF, D.A., 1983. An allocation model of growth and reproduction in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, 1395-1404).
- SCHNUTE, J., 1977. Improved estimates from the Schaefer production models: theoretical consideration. *Journal of Fisheries Research Board Canada*, 34, 583-603.
- SCHNUTE, J., 1985. A General Theory for Analysis of Catch and Effort Data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42, 414-429.
- SCHNUTE, J., 1987. A General Fishery Model for a Size-Structured Fish Population. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44, 924-940.
- SHAFFER, M.B., 1957. Some considerations of population dynamics and economics relation to the management of marine fisheries. *Journal of Fisheries Research Board Canada*, 14, 669-681.
- SPANOS, A., 2008. Akaike-Type Criteria and the Reliability of Inference, Model Selection vs. Statistical Model Specification, Department of Economics, Virginia tech., USA, 34p.
- WACKER, D., 2000. SPSS Department Training, SPSS.10.0 Syntax Reference Guide for SPOSS Base, SPSS Regression Models, SPSS Advanced Models, Chicago, 144p.



## Short Note

### **Evaluation de la concentration en cadmium d'un poisson pélagique commun, *Sardinella aurita*, dans la baie d'Oran**

Nardjess BENAMAR<sup>1,\*</sup>, Mohammed BOUDERBALA<sup>2</sup>, Zitouni BOUTIBA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université de Mostaganem, Département des Sciences de la mer et des Ressources Halieutiques, 27 000 Mostaganem, Algérie

<sup>2</sup>Laboratoire Réseau de Surveillance Environnementale, Département de Biologie Faculté des Sciences, BP 1524 El Mnaouer Oran, Algérie

\*Correspondance: Tél.: (+213) 777-41-76-98; Télécopie: (+213) 741-42-90-26; courriel: [nardjess16@yahoo.fr](mailto:nardjess16@yahoo.fr) (N. Benamar)

Reçu le 23/02/2010; accepté le 02/03/2010; publié en ligne le 22/03/2010  
Oceanraise © MS 021009-03

## Résumé

Notre travail présente l'évaluation de la contamination par le cadmium, d'un poisson pélagique commun dans les eaux algériennes: *Sardinella aurita* (l'allache). Les concentrations en Cadmium, ont été déterminées par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique sur des échantillons de la baie d'Oran. 200 lectures ont été effectuées sur des tissus hépatiques et musculaires. Les résultats obtenus révèlent que l'allache bioaccumule le cadmium. On observe une variabilité mensuelle des teneurs en cadmium liée au cycle de reproduction de l'espèce. Le cadmium se bioaccumule mieux chez les femelles, et particulièrement dans les tissus hépatiques (vs. musculaires). Enfin *S. aurita* relâche le Cd au cours de son cycle de vie, les juvéniles étant plus touchés que les adultes. Les niveaux de concentrations de cet élément métallique traduisent une possible pollution de la zone d'étude, la baie d'Oran et plaide pour une étude plus approfondie.

**Mots clés:** *Sardinella aurita*, cadmium, toxicité, pollution marine, baie d'Oran.

## Abstract

The aim of our study focused on the assessment of contamination by cadmium, a trace metal, the cadmium, on *Sardinella aurita*, a common pelagic fish species in Algerian waters. This species is caught in the Oran Bay where we have carried out our study. The concentrations of metallic elements cadmium were determined by atomic absorption spectrophotometry on 200 liver and muscle samples. The concentration levels of the studied metallic element in *S. aurita* have shown that this species was contaminated by the cadmium at a low level. Such results encourage regular and deeper studies.

**Keywords:** *Sardinella aurita*, cadmium, toxicity, marine pollution, Bay of Oran.

## 1. Introduction

La pollution est un problème d'actualité; elle affecte pratiquement tous les écosystèmes y compris l'environnement marin. Elle présente un risque pour la santé humaine et est celle des écosystèmes notamment marins. Parmi les éléments polluants qui peuvent arriver dans le milieu marin, il y a les éléments métalliques qui se trouvent généralement à de faibles concentrations, de l'ordre du ppm. Ces derniers sont susceptibles de présenter un danger potentiel pour la santé. La contamination peut se produire de façon directe, ou indirecte par les phénomènes de transfert au travers de la chaîne trophique. La baie d'Oran n'échappe pas à cette forme de pollution qui constitue localement une menace sur la santé publique à prendre en considération (Benamar, 2006). Le cadmium est utilisé dans une multitude d'industries, principalement pour la fabrication de batterie, piles, pigments, agents de polymérisation ou de stabilisation des matières plastiques et dans les traitements des surfaces de métaux (Barre, 2005). Par

ailleurs, les engrais chimiques du groupe des super-phosphates constituent une source de contamination (Ramade, 1979). Les effets toxiques du cadmium sur les écosystèmes notamment de son transfert dans les chaînes trophiques et la santé des organismes sont connus: atteintes rénale, pulmonaire, osseuse par ailleurs cancérogénèse et mutagenèse. Notre travail présente les résultats obtenus sur la contamination au cadmium de *Sardinella aurita*.

## 2. Matériels et Méthodes

Notre étude c'est réalisée dans la baie d'Oran, en raison de sa proximité avec la zone industrielle d'Arzew et du port a vocation industrielle et commerciale, mais aussi en raison de la présence de rejets urbains non traités.

*Sardinella aurita* a été retenue dans cette étude pour les raisons suivantes: (i) sa position importante dans la production globale des ressources ichthyophages; (ii) son abondance régulière le long des côtes algériennes (Grimes & Boudjadi, 1996); (iii) sa valeur commerciale élevée; et enfin (iv) son importance locale il est en effet le poisson le plus consommé et le plus pêché sur les côtes algériennes après la sardine et la bogue (Mortet, 1987).

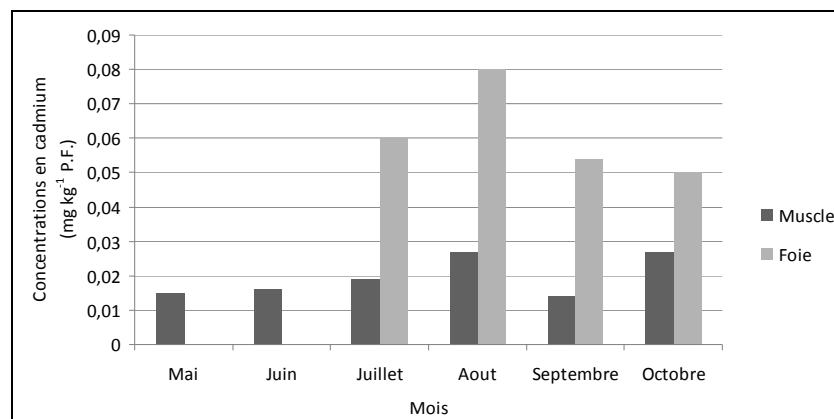
L'échantillonnage s'est déroulé sur une période de six mois de mai à octobre 2005 sur le lieu de débarquement. Au total, 6 prélèvements mensuels de 3 kg d'allaches ont été échantillonnés de mai, à octobre. Après mensurations, Les foies et muscles sont prélevés, pesés et congelés jusqu'au moment de leurs analyse chimique.

La minéralisation par voie humide des échantillons s'est effectuée selon la méthode d'Amiard *et al.* (1987). 1 ml d'acide nitrique est ajouté à 1 gr d'échantillon puis ajusté à 4 ml d'eau bidistillée âpres une heure à 95°C. Un échantillon biologique de thon de Méditerranée, fourni par l'Agence International de l'Energie Atomique (A.I.E.A) et codé 350 a été utilisé comme standard, il nous permet de valider les tests présentés. Les analyses ont été réalisées a l'aide d'un spectrophotomètre d'Absorption Atomique avec Flammes 'Perkin Elmer, ANALYSTE 100' (SONATRACH). Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Statistica version 5.0 (Microsoft Co.)

## 3. Résultats

Les concentrations moyennes du cadmium ont été évaluées sur trois classes de tailles (LT): 17-23 cm, 23-29 cm, et 29-35 cm. et sur des échantillons mensuels réalisé en mai, juin, juillet, aout, et septembre 2005. Les résultats montrent des moyennes significativement différentes ( $p < 0,05$ ).

Au niveau musculaire les concentrations moyennes en Cd augmente progressivement à partir du mois de mai ( $0,015 \text{ mg kg}^{-1}$  de Poids Frais 'P.F.') pour atteindre une concentration 1,8 fois plus élevée au mois d'août ( $0,027 \text{ mg kg}^{-1}$  de P.F.). Entre ces deux mois, une différence significative ( $p < 0.05$ ) a été décelée (Fig. 1). Les concentrations mensuelles en Cd de septembre sont deux fois plus faibles que celle du mois d'août ( $p < 0.05$ ). Pour le foie, les concentrations moyennes sont plus élevées que celles relevées au niveau musculaire notamment durant les deux mois les plus chauds de l'année *i.e.* juillet et d'août (Fig. 1). Néanmoins, à partir de septembre, ces concentrations chutent pour atteindre leur minimum en octobre avec une concentration de  $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$  de P.F.

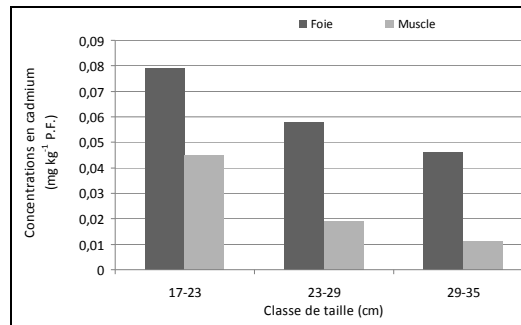


**Figure 1.** Évaluation mensuelle (mai à octobre) des concentrations moyenne en cadmium exprimées en  $\text{mg kg}^{-1}$  de poids frais au niveau du muscle et du foie chez *Sardinella aurita*.

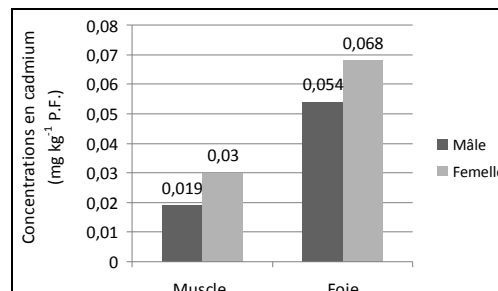
Les concentrations moyennes les plus élevées se retrouvent dans l'échantillon de foie pour les trois classes. Les concentrations sont à leur maximum chez le lot des plus jeunes, et ce pour les deux échantillons,  $0,079 \text{ mg kg}^{-1}$  pour le foie et  $0,045 \text{ mg kg}^{-1}$  pour le muscle (Fig. 2a)

Les valeurs moyennes cadmiques varient entre  $0,019$  et  $0,054 \text{ mg kg}^{-1}$  de P.F. pour le tissu musculaire et entre  $0,03$  et  $0,068 \text{ mg kg}^{-1}$  pour le tissu hépatique. Le cadmium se bioaccumule mieux chez les femelles que chez les mâles de *Sardinella aurita*. Il en est de même pour le foie, le cadmium se bioaccumule plus chez les femelles (Fig. 2b).

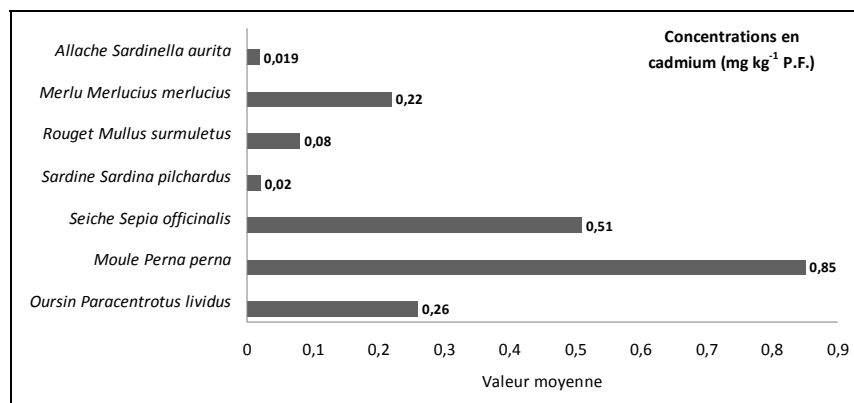
(a)



(b)



(c)



**Figure 2.** (a) Évaluation mensuelle des concentrations moyennes en cadmium exprimées en  $\text{mg kg}^{-1}$  de poids frais 'P.F.' au niveau du foie et du muscle en fonction des classes de taille chez *Sardinella aurita*. (b) Évaluation des concentrations moyennes en cadmium exprimées en  $\text{mg kg}^{-1}$  de poids frais en fonction des organes et du sexe chez *Sardinella aurita*. (c) Comparaison des concentrations moyennes en cadmium chez *Sardinella aurita* avec d'autres organismes marins de la baie d'Oran et de la baie d'Arzew. 1: *Paracentrotus lividus* (oursin); 2: *Perna perna* (moule); 3: *Sepia officinalis* (seiche); 4: *Sardina pilchardus* (sardine); 5: *Mullus surmuletus* (Rouget); 6: *Mullus barbatus* (rouget); 7: *Merluccius merluccius* (merlu); 8: *Sardinella aurita* (allache).

#### 4. Discussion

Chez les poissons téléostéens, les éléments métalliques se concentrent particulièrement dans le foie mais aussi dans les reins et plus modestement dans les muscles (Ramade, 1979). Pour notre échantillon de

*Sardinella aurita* pêchée dans la baie d'Oran, les trois éléments cadmium semblent également s'être plus accumulés dans le foie que dans le muscle, ceci est du vraisemblablement au rôle physiologique très important du foie dans la détoxification (Benamar, 2006).

Des résultats similaires ont été trouvés chez d'autres organismes marins pêchés dans la baie d'Oran tels que *boops boops*, *mullus barbatus*, *Sepia officinalis* et *Merluccius merluccius* (Aoudjit, 2001; Bensahla-talet, 2001; Haddou, 2003; Belhoucine, 2005). Comme pour les espèces précédentes, *Sardinella aurita* semblent bioaccumuler les polluants métalliques (Frazier, 1979) particulièrement durant la saison estivale en raison de l'augmentation de la température des eaux marines qui atteint son maximum durant la saison estivale dans les eaux algériennes (Boutiba, 1992).

Au fur et à mesure qu'ils vieillissent, les poissons absorbent moins les contaminants. En effet on retrouve des concentrations plus élevées chez les juvéniles d'allaches que chez les adultes. Le cycle de reproduction de *Sardinella aurita* comprend plusieurs séquences. Selon Mortet (1987) une séquence ovarienne qui débute dans la baie d'Oran vers le début juillet avec vitélogénèse accompagnée d'une accumulation de réserves susceptible d'être contaminées par des polluants métalliques présent dans leur biotope. La maturation atteint son maximum de la fin juillet à la fin août. Cet état physiologique explique la forte concentration des polluants métalliques durant le mois de juillet ainsi que celui du mois d'août. Les concentrations moyennes en métaux traces chutent significativement ( $p < 0.05$ ) après le mois de septembre, qui correspond à la séquence de ponte des œufs.

Les concentrations en métaux traces dans le muscle de *Sardinella aurita* relativement aux seuils tolérés (doses maximales admissibles 'D.M.A.') indiquent que les taux moyens enregistrés pour le Cd dans nos échantillons de *Sardinella aurita* ( $0,061 \text{ mg kg}^{-1}$  en Poids Sec et  $0,019 \text{ mg kg}^{-1}$  pour le Poids Frais) sont très faibles et restent inférieurs aux D.M.A. ( $0.15\text{-}3 \text{ ppm}$ ) du conseil supérieur d'hygiène publique de France (1991). Ces concentrations moyennes se rapprochent étroitement à celle de *Sardina pilchardus*, poisson de la même famille ( $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$  de P.F) et sont beaucoup faibles que celles des invertébrés non migratoire (Fig. 2c), sans doute à cause de ses déplacements migratoires suivant son cycle de reproduction (Fréon & Mendoza, 2003), ce qui augmente notre suspicion d'une contamination locale. D'une manière plus générale, l'origine des polluants métalliques décelés au niveau des organes de *Sardinella aurita* de la baie d'Oran relève de multiples sources: une population importante, l'absence de système d'épuration efficace et la présence de multiples industries littorales (Benamar, 2006).

## Remerciements

Nous remercions François Galgani (Ifremer, Bastia) pour son arbitrage constructif et ses commentaires. Ce travail s'est déroulé au Laboratoire Réseau de Surveillance Environnementale (LRSE) de l'Université d'Oran, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont soutenu et aider à surmonter les difficultés.

## Références

- AMIARD, J.-C., PINEAU, A., BOITEAU, H.L., METAYER, C. & AMIARD-TRIQUET, C. 1987. Application de la spectrométrie d'absorption atomique Zeeman aux dosages de huit éléments traces (Ag, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb et Se) dans des matrices biologiques solides. *Water Research*, 21, 6, 693-697.
- AOUDJIT, N., 2001. Contribution à l'étude de quelques paramètres de la reproduction de la bogue *Boops boops* et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (Zn, Fe, Ni, Cu, Pb) dans la baie d'Oran. Mémoire de magister, Université d'Oran, 243p.
- BARRE, K., 2005. The healing power of the seal: the meaning of Inuit health practice and belief. *Arctic Anthropology*, 31(1), 1-15.
- BENAMAR, N., 2006. Evaluation de la pollution marine par trois éléments en trace métalliques (plomb, cadmium et zinc) sur un poisson pélagique: l'allache *Sardinella aurita* (Valencienne, 1847) pêchée dans la baie d'Oran. Mémoire de Magister, Université d'Oran, 97p.
- BENSEHLA-TALET, L., 2001. Contribution à l'étude de caractères biologiques du rouget *Mullus barbatus* du golf d'Oran et sa contamination par les métaux lourds. Thèse de magister, Université d'Oran, 156p.
- BELHOUCINE, F., 2005. Contamination du merlu *Merluccius merluccius* par trois métaux lourds:(Cd, Pb, Zn) pêchée dans la baie d'Oran. Mémoire de magister, Université d'Oran, 132p.

BOUTIBA, Z., 1992. Les mammifères marins d'Algérie. Statut, répartition, biologie et écologie. Thèse de doctorat, Université d'Oran. 575p.

FRÉON, P., & MENDOZA, J., 2003. La sardina (*Sardinella aurita*); Su medio ambiente y su explotación en el Oriente de Venezuela. Colloques et séminaires, IRD, Paris.

GRIMES, S., & BOUDJADJI, M., 1996. La pollution en milieu portuaire: notes préliminaires sur l'impact de la pollution industrielle et domestique sur le macrozoobenthos du port d'Oran. 3<sup>ème</sup> Colloque national Climat-Environnement, thème Environnement côtier, (ARCE), 16-17 décembre, Oran, 5p.

HADDOU, A., 2003. Impact de la pollution marine par trois métaux lourds: (Cd, Pb, Zn) sur la seiche *Sepia officinalis* pêchée dans la baie d'Oran. Mémoire de magister, Université d'Oran, 109p.

MORTET, Y., 1987. Contribution à l'étude du cycle sexuel et de la fécondité des sardinelles *Sardinella aurita* dans la baie d'Oran. Diplôme d'études supérieures (DES), Université d'Oran, 80p.

RAMADE, F., 1979. Ecotoxicologie. Masson Edition, Paris, 228p.

FRAZIER, J.M., 1979. Bioaccumulation of cadmium in marine organisms. *Environmental Health Perspective*, 28, 75-9.

Research paper

**Suivi par hydroacoustique du peuplement piscicole d'une Aire Marine Protégée du Sine-Saloum (Sénégal): bilan 2003-2007**

Ibrahima SOW<sup>1</sup> et Jean GUILLARD<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>ISRA/CRODT Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye, BP 2241, Dakar, Sénégal

<sup>2</sup>INRA, UMR 042 Carrtel, BP 511, 74 203, Thonon-les-bains, France

\*Correspondance: Tél.: (+33) 0450-26-78-51; Télécopie: (+33) 0450-26-07-60; Courriel: [guillard@thonon.inra.fr](mailto:guillard@thonon.inra.fr) (J. Guillard)

Reçu le 23/02/2010; accepté le 02/03/2010; publié en ligne le 22/03/2010  
Oceanraise © MS 021009-06

---

**Résumé**

L'Aire Marine Protégée du bolon Bamboung (Siné-Saloum, Sénégal) a été échantillonnée par hydroacoustique, sondeur SIMARD 120 kHz à faisceau partagé, à différentes saisons de 2003 à 2007. Après avoir rappelé le contexte et les méthodes utilisées, les biomasses acoustiques de poissons détectés dans ce bras de l'estuaire sont estimées et leurs évolutions dans le temps analysées. Ces campagnes ont permis de mettre en évidence les avantages et les limites des méthodes hydro-acoustiques, ainsi que de discuter sur l'évolution du peuplement de poissons de cette zone au cours de ces cinq années.

**Mots clefs:** hydroacoustique, Aire Marine Protégée, Siné-Saloum, Sénégal, estuaire.

**Abstract**

The Marine Reserve of bolon Bamboung (Sine-Saloum, Senegal) has been sampled by hydroacoustic, echosounder SIMARD split-beam 120 kHz, at different seasons from 2003 to 2007. After reviewing the background and the methods used, the acoustic fish biomass detected in this arm of the estuary are estimated and their changes over time analyzed. These surveys highlight the benefits and limitations of hydro-acoustic methods, and discuss the evolution of the fish population in this area during these five years.

**Keywords:** hydroacoustic, Protected Marine Area, Sine-Saloum, Senegal, estuary.

---

**1. Introduction**

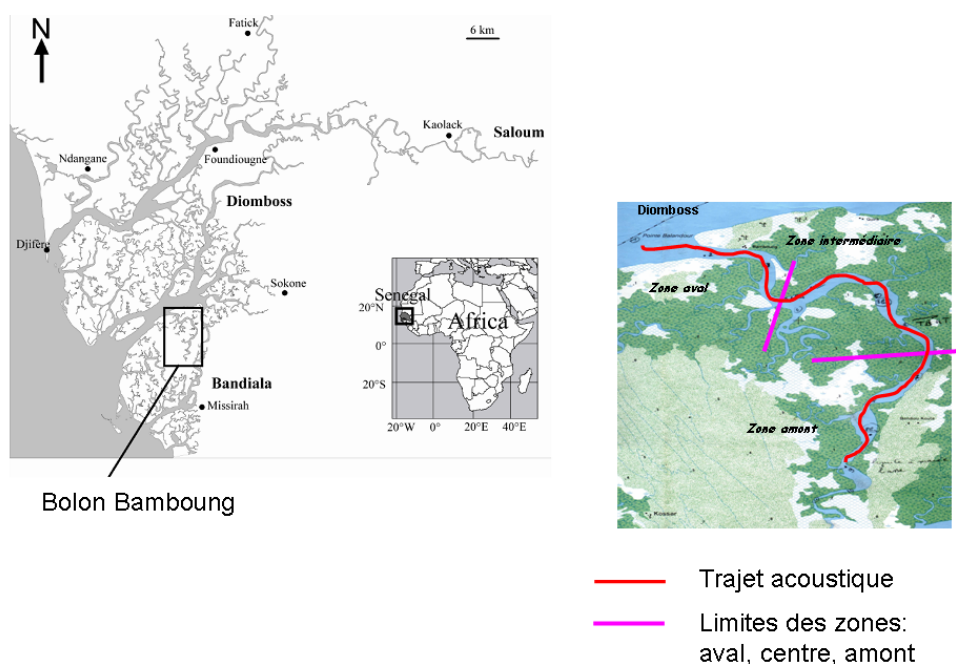
La nécessité de préserver les ressources halieutiques en constante diminution, tant aux échelles globales que locales (Troader *et al.*, 2003), a conduit à la création d'Aires Marines Protégées (AMP) afin de les préserver (Dalton, 2010). Dans l'estuaire du delta du Sine-Saloum, une zone a ainsi été créée, piloté par l'Océanum (association sénégalaise de protection des ressources marines) et financé par le Fond Français pour l'Environnement Mondial (FFEM). Le bolon Bamboung, affluent du Diomboss, est devenu une AMP en décembre 2003 et fait l'objet depuis mars 2003 d'un suivi biologique (pêches expérimentales à la senne tournante) par l'Institut de Recherche pour le Développement, avec la participation du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye pour la réalisation de suivi par hydroacoustique des populations de poissons. L'estuaire du Sine-Saloum (13°50 N, 16°33 W), devenu hyperhalin et inverse en raison du déficit cumulé de pluviométrie depuis plusieurs décennies, possède trois bras principaux et une multitude de canaux, appelés bolons; il est entouré de mangroves caractéristiques des zones humides saumâtres intertropicales. Le choix de ce site est pertinent d'un point de vue bio-écologique puisque les eaux sont peu profondes et la biodiversité réputée importante, notamment pour les oiseaux, poissons et mammifères marins (dauphins et lamantins) (Albaret *et al.*, 2006; Tito de Morais *et al.*, 2007). Cet estuaire est de plus utilisé comme lieu de reproduction et/ou de croissance des phases juvéniles par de nombreuses espèces de poissons, estuariens mais aussi côtiers, d'un grand intérêt économique ou écologique (ayant un rôle essentiel dans le fonctionnement général de l'écosystème). Les études menées depuis 2003 et synthétisées dans ce document sont centrées sur l'utilisation des méthodes acoustique pour l'évaluation des stocks de poissons dans des

milieux de faibles profondeurs: les investigations impliquent la mise en place de protocoles de suivi afin d'étudier et mesurer, à partir de l'état initial, les évolutions de ces zones de protection.

Si l'état initial repose sur les données obtenues à partir de pêches expérimentales et/ou de suivi de statistiques en provenance de la pêcherie, il est nécessaire de pouvoir suivre ces écosystèmes en les perturbant au minimum et en effectuant le moins possible de prélèvements de poissons. L'hydroacoustique est devenue une méthode standard reconnue pour les suivis de peuplement de poissons en mer (Mesnil, 2003), en lac (Wanzenböck *et al.*, 2003), mais aussi en rivière (Peirson & Frear, 2003) et en estuaire tropical (Guillard *et al.*, 2004). Outre sa rapidité d'investigation et sa capacité fine de description sur de grandes échelles spatiales, l'hydroacoustique est une méthode non destructive et sans conséquence sur le comportement des populations de poissons (Simmonds & MacLennan, 2005): c'est donc un outil idéal pour le suivi des AMP. Après la description du matériel utilisé et des stratégies d'échantillonnages employées, nous présenterons les résultats des différentes campagnes afin d'évaluer l'évolution de ce bolon au cours de cinq années de suivi.

## 2. Matériels et Méthodes

Les campagnes de suivi du bolon Bamboung ont été réalisées dans le prolongement des études effectuées dans le cadre des recherches de l'UR RAP (IRD) portant sur les estuaires d'Afrique de l'Ouest (fleuve Gambie, estuaire du Sine-Saloum, Casamance). Elles utilisent donc le même matériel ainsi que les mêmes protocoles standardisés (Guillard *et al.*, 2004). Le sondeur est un sondeur SIMRAD EY500, de type split-beam (fréquence 120 kHz), fixé sur une perche le long du bateau (Diassanga). Les acquisitions acoustiques sont réalisées de jour, en suivant le chenal principal du cours d'eau. Les parcours sont effectués lors des campagnes de pêches, sauf pour une campagne qui a été réalisée hors suivi (novembre 2004) (Table 1a). De plus, des acquisitions de données acoustiques en position fixe sont réalisées dans le Bamboung chaque fois que les conditions le permettent.



**Figure 1.** Estuaire du Sine-Saloum (d'après Albaret *et al.*, 2006) et exemple de trajet acoustique dans le bolon Bamboung, limites des zones d'études.

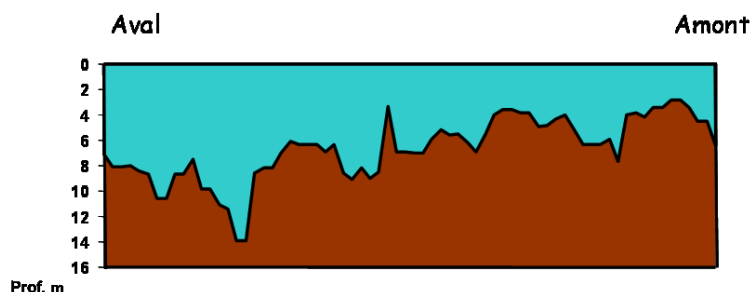
Les trajets (Fig. 1) réalisés en descendant le bolon (amont - aval) sont souvent effectués immédiatement après ou en même temps que les coups de pêche (Tito de Morais *et al.*, 2007): c'est à dire en compagnie ou après le passage de l'embarcation de pêche regagnant sa base. Par contre les parcours inverses (aval – amont) sont toujours réalisés plusieurs heures après la pêche ou le matin avant la pêche, donc dans un environnement non perturbé. L'unité d'échantillonnage élémentaire correspond à une acquisition acoustique pendant 20 minutes, le bateau avançant à une vitesse constante d'environ 6 km h<sup>-1</sup>, soit environ 2000 m (longueur totale du bolon supérieur à 12 km). Pour analyser les données nous avons utilisé le logiciel d'analyse EP500. Les résultats obtenus sont la biomasse moyenne exprimée en Sa (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) (MacLennan *et al.*, 2002) détectée pendant le trajet ainsi que l'histogramme de tailles des poissons détectés lors de chaque parcours, les tailles étant exprimées en unité acoustique. De plus, les tailles acoustiques (Target Strenght: TS) (MacLennan *et al.*,

2002)) obtenues lors des positions fixes de nuit sont aussi analysées. En effet le grand nombre de poissons individuels détectés lors de ces échantillonnages en position fixe permet d'obtenir des indicateurs significatifs des distributions en classes de taille. Le milieu échantillonné étant plurispécifique (Diouf, 1996) et les relations tailles – index de réflexion n'ayant pas été établies, l'équation de Love (1977) nous a permis de classer les cibles rencontrées en trois catégories simplificatrices: petit, moyen et gros (Table 2). Les seuils de détection ont été fixés à -60 dB pour la reconnaissance des cibles individuels ( $40 \log R$ ) et -55 dB pour l'échointégration ( $20 \log R$ ). Les critères utilisés pour la discrimination des cibles individuels sont les critères par défaut préconisés par le constructeur (SIMRAD, 1995).

Classes de taille			
En cm	1 cm < taille ≤ 7-10 cm	7-10 cm < taille ≤ 20 cm	taille > 20 cm
En décibel	- 60 dB < TS ≤ -48 dB	-46 dB ≤ TS ≤ -40 dB	TS > -40 dB

**Table 1.** Equivalence 'décibel - classe de taille' d'après Love (1977). Les tailles en centimètres sont données à titre indicatif, car fonction de l'espèce.

Cette étude est centrée sur le peuplement de poissons du bolon Bamboung, limitée à son chenal principal. La profondeur maximale varie entre plus de 16 m dans la zone aval et environ 5 m pour les parties les plus amont (Fig. 2).



**Figure 2.** Coupe longitudinale du bolon d'aval en amont.

L'étude porte sur les macros structures et l'existence ou non de gradient de densité ou d'hétérogénéité entre les zones amont et aval du bolon, ainsi que sur l'évolution temporelle. Les données sont regroupées par zone homogène (trois) (Fig. 1) afin de mieux appréhender les grandes tendances et éliminer la variabilité locale:

- la zone aval, proche du bolon principal Diomboss;
- la zone intermédiaire;
- enfin la zone la plus en amont.

Les valeurs de biomasse obtenues par zone sont les moyennes arithmétiques des échantillons élémentaires, celles-ci étant considérées comme un estimateur sans biais de la moyenne sur la zone si l'effort est réparti de façon homogène sans hypothèse statistique au départ (Smith, 1990; Guillard & Vergés, 2007). Ces données de biomasse reflètent l'ensemble des détections acoustiques réalisées le long des parcours et intègrent aussi bien les cibles individuelles que les structures agrégatives. Le calcul des TS est plus complexe et l'interprétation plus sujette à caution, car dépendant de beaucoup de facteurs et en particulier du nombre de cibles individuelles détectées, des comportements individuels des poissons et de leur physiologie (Ona, 1999). De plus, des stations fixes de nuit ont été réalisées. Ce dernier type d'échantillonnage n'est pas inclus dans le protocole strict de suivi (Guillard *et al.*, 2004), mais ces stations fixes de nuit dans un bolon permettent d'acquérir de nombreuses données, au cours de cycles de marées, afin d'aborder la compréhension des mouvements migratoires des poissons en fonction du courant. Le but visé dans cette opération est double: (i) a position fixe sur une longue durée permet d'obtenir un plus grand nombre de mesures de TS (Simmonds & MacLennan, 2005) qu'en parcours, parce que les poissons restent plus longtemps sous le faisceau du transducteur et sont ainsi identifiés plus facilement comme des cibles individuelles. Ces mesures de TS nous permettent ainsi d'établir l'histogramme des classes de tailles du peuplement de la zone concernée. (ii) Ces acquisitions permettent aussi de suivre le déplacement aussi bien des cibles individuelles que des structures en banc par rapport aux mouvements de la marée et aussi de pouvoir mesurer l'évolution des biomasses détectées en fonction des rythmes de marées.

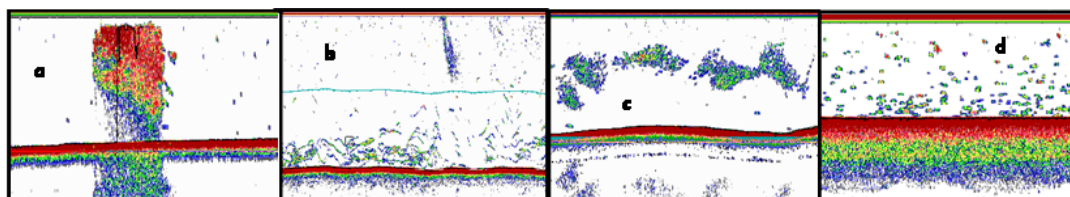


**Table 1a.** Chronologie des campagnes réalisées dans le Siné-Saloum (Sénégal) au cours de notre étude.

CAMPAGNE	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	ACOUSTIQUE	B 9	B 10	B 11	B 12	B 14	B 15
Période	19-23/05/03	14-17/10/03	08-11/03/04	28-30/06/04	27-30/09/04	22-24/11/04	25-6/10/2005	22-23/03/06	12-13/5/2006	11-12/10/06	8-11/05/2007	24-26/10/07
Saison	Fin Sèche	Humide	Sèche	Fin Sèche	Humide	Humide	Humide	Sèche	Sèche	Humide	Sèche	Humide
Nbre stat	12	12	12	12	12	0	12	12	12	12	12	12
Parcours aval-Amont	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI
Date		15/10/2003	09/03/2004	29/06/2004	29/09/2004	23/11/2004	25/10/2005	22/03/2006	-	11/10/2006	08/05/2007	24/10/2007
Heure		16 h 25	17 h 11	16 h 31	08 h 28	09 h 14	13 H 32	15 H 52	-	15 H 30	15 H 50	15 H 37
Marée		Descendante, houle	Descendante, courant fort	Montante	Montante	Descendante	Montante		-		Montante	Basse
Parcours amont-Aval	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI
Date	21/05/2003	17/10/2003	10/03/2004	30/06/2004		23-25/11/2004	26/10/2005	23/03/2006	-	12/10/2006	09/05/2007	02/04/2008
Heure	15 h 34	07 h 38	15 h 52	14 h 52		13 h 53 + 08h00	14 h 11	14 h 16	-	12 h 54	15 h :01	14 h 55
Marée	Montante	Début Montante	Montante, houle	Fin étal Basse		Etal basse/étal haute	Montante		-		Début Descendante	Début Montante
Opération Hors AMP	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	OUI	OUI
Date							-	-	-	-	10/95/2007	26/19/2007
Heure							-	-	-	-	16 h 50	13 h 20
Marée							-	-	-	-	Montante	Descendante
FIXE NUIT	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI

### 3. Résultats

Comme dans les études précédentes effectuées en estuaire (Guillard *et al.*, 2004) nous rencontrons plusieurs types de cibles: des poissons individuels et des bancs plus ou moins denses (Fig. 3).

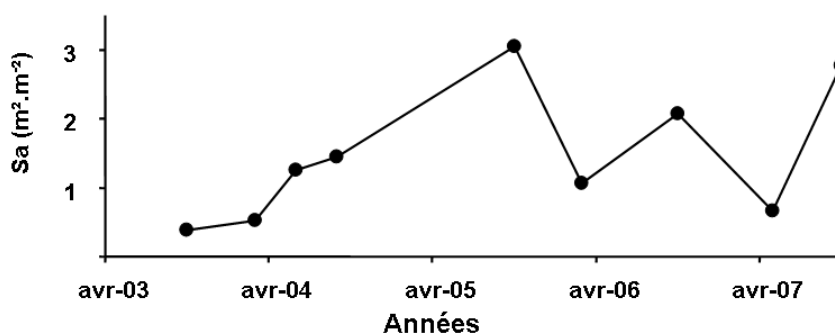


**Figure 3.** Echogrammes présentant les structures rencontrées: bancs de différents types (a et c) et cibles individuelles (b et d).

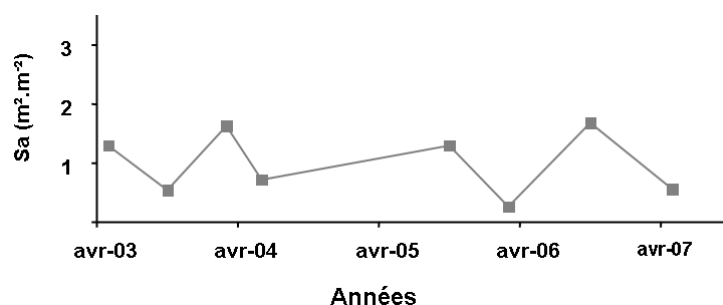
De fortes hétérogénéités locales dues à la présence de bancs sont rencontrées. En effet, même dans ces milieux peu profonds et peu larges, il est fréquent de rencontrer des bancs (Guillard, 1998). La largeur du bolon est très variable d'un endroit à un autre, en marée haute les eaux du Bamboung envahissent la mangrove qui le borde sur toute sa longueur, mais l'ordre de grandeur est d'environ 150 – 200 m. Son chenal principal reste étroit, ponctué de fosses (Fig.2). Il est fermé à l'amont et d'une profondeur moyenne d'environ 8 m. Il est rare de rencontrer des bancs, plus ou moins denses selon les périodes (Fig.3).

#### 3.1. Évolution des Sa par parcours

Afin d'étudier les évolutions au cours du temps nous avons choisi de regrouper les données par zone homogène (Table 3), permettant d'éviter les variabilités locales. Les données proviennent des parcours aval – amont qui sont toujours réalisés dans les mêmes conditions, sans interruption et sans perturbations extérieures (Sow & Guillard, 2005a) contrairement aux autres données acquises en période de pêches. En utilisant donc uniquement les données acoustiques réalisées dans les mêmes conditions, avec le protocole le moins perturbé, nous observons qu'après une période d'augmentation nette des biomasses moyennes détectées dans le bolon Bamboung, nous observons des fluctuations fortes entre les périodes, mais avec un niveau moyen supérieur à la période initiale (Fig. 4). Les parcours réalisés en même temps que les pêches expérimentales sont plus variables et présentent une fiabilité moindre. Ils ne permettent pas de vérifier la tendance observée sur l'évolution globale des densités observées (Fig. 5). Les données issues des campagnes sans pêche sont globalement toujours supérieures (Table 4).



**Figure 4.** Evolution des biomasses acoustiques moyennes détectées ( $Sa$  (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>)) pendant les parcours aval – amont avril 2003 à avril 2007.



**Figure 5.** Evolution des biomasses acoustiques moyennes détectées ( $Sa$  ( $m^2.m^{-2}$ )) pendant les parcours amont – aval avril 2003 à avril 2007.

**Table 3a.** Biomasse moyenne détectée ( $Sa$ ,  $m^2.m^{-2}$ ) pour l'ensemble des campagnes, zone par zone. Parcours aval-amont.

	Dates	Saison	Marée	Heures	Sa moy. aval	Sa moy. centre	Sa moy. amont	Sa totale
B 3	15/10/03	humide	déc., houle	16:25:00	0.44	0.47	0.24	0.38
B 4	09/03/04	sèche	déc., cour, fort	17:11:00	0.15	0.27	0.97	0.52
B 5	29/06/04	fin sèche	montante	16:31:00	1.11	0.69	1.93	1.25
B 6	29/09/04	humide	montante	08:28:00	0.32	2.25	1.45	1.45
B 9	25/10/05	humide	montante	13:32:00	0.31	3.38	3.79	3.06
B 10	22/03/06	sèche	étale haute	15:53:00	1.78	1.76	0.20	1.06
B 12	11/10/06	humide	descendante	15:30:00	0.95	2.48	2.06	2.07
B 14	08/05/07	sèche	montante	15:50:00	0.47	1.00	0.44	0.66
B 15	24/10/07	humide	basse	15:37:00	0.81	4.18	2.24	2.77

**Table 3b.** Biomasse moyenne détectée ( $Sa$ ,  $m^2.m^{-2}$ ) pour l'ensemble des campagnes, zone par zone. Parcours amont-aval.

	Dates	Saison	Marée	Heures	Sa moy. amont	Sa moy. centre	Sa moy. aval	Sa totale
B 2	21/05/2003	fin sèche	montante	15:34:00	1.60	0.37	1.12	1.30
B 3	17/10/2003	humide	étal et renv	07:38:00	0.37	0.75	0.61	0.54
B 4	10/03/2004	sèche	mont houle	15:52:00	0.49	3.12	2.27	1.63
B 5	30/06/2004	fin sèche	dec et renv	14:52:00	0.28	0.60	1.09	0.71
B 9	26/10/2005	humide	montante	14:11:00	1.42	0.71	2.37	1.30
B 10	23/03/2006	sèche	montante	14:16:00	0.06	0.52	0.29	0.27
B 11	13/05/2006	sèche	basse	13:00:00	0.28	1.36	1.12	1.11
B 12	12/10/2006	humide	haute	12:54:00	1.37	1.87	1.91	1.69
B 14	09/05/2007	sèche	début dec	15:01:00	0.29	0.19	1.82	0.56
B 16	02/04/2008	sèche	début montante	14:55:00	0.06	3.39	0.38	1.50
B 17	10/06/2008	sèche	montante	15:43:00	0.55	2.44	2.75	1.83
B 18	13/10/2008	humide	montante	17:22:00	2.83	2.44	2.96	2.69

**Table 4:** Biomasse moyenne détectée ( $Sa$ ,  $m^2.m^{-2}$ ) pour les campagnes sans pêche, zone par zone.

	Date	Heure	Marée	Zone	Amont	Centre	Aval	Total
BS pam25	25/11/2004	08 h 02	étale haute	début sèche	4.02	3.20	8.45	5.33
BS pam23	23/11/2004	13 h 53	étal début m	début sèche	1.56	0.93	7.12	3.45
BS pav23	23/11/2004	09 h 14	desc, 1arret	début sèche	0.50	7.62	6.22	4.00

### 3.2. Relations inter-zones

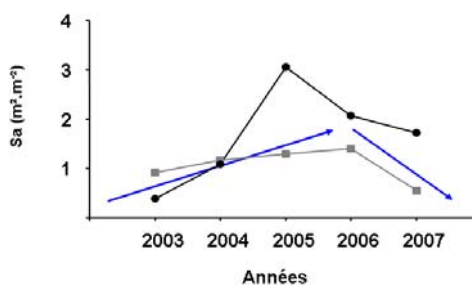
Les densités détectées selon les zones ne sont pas systématiquement corrélées entre elles, mais on observe que la zone amont et la zone centrale sont corrélées avec les quantités totales détectées (Table 5).

**Table 5:** *Corrélation inter zone et zone – total.*

AMONT - AVAL n= 12	Aval amont	Amont centre	Aval centre	Amont total	Centre total	Aval total
R <sup>2</sup>	0.3848	0.0067	0.091	0.527	0.4969	0.5149
Significatif (P = 0.95)	OUI	NON	NON	OUI	OUI	OUI
AVAL- AMONT n= 9						
R <sup>2</sup>	0.041	0.4624	0.0084	0.7966	0.8641	0.0011
Significatif (P = 0.95)	NON	OUI	NON	OUI	OUI	NON

### 3.3. Evolution globale des biomasses dans le bolon

Afin de dégager des tendances globales, nous avons regardé l'évolution annuelle des biomasses détectées dans le bolon dans son ensemble, en moyennant les données par année (Fig. 6). On observe ainsi une tendance à l'augmentation des biomasses jusqu'en 2006 puis une diminution en 2007.



**Figure 6.** *Evolution des biomasses acoustiques moyennes annuelles 'Sa' (m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) pendant les parcours aval – amont (cercles noirs) et amont-aval (carré gris).*

### 3.4. Evolution des TS

Les TS moyennes des poissons détectés évoluent en fonction du temps pour les deux types d'échantillonnages disponibles (parcours mobiles et position fixes) de la même manière (Fig. 7), sans que les données soient corrélées de façon significative : on observe une augmentation de la TS moyenne puis une diminution de celle-ci à partir de 2006.

### 3.5. Stations fixes de nuit

Plusieurs stations fixes de nuit ont été réalisées, qui permettent de mettre évidence la complexité des relations qui existent entre biomasses détectées, marées, variation nyctémérale: les différentes analyses n'ont pas permis de mettre en évidence des relations stables et évoluant toujours dans le même sens entre les différents paramètres, comme la force du courant qui nécessiterait d'être mesurée de façon conjointe et précise. Par contre ces positions fixes mettent bien en évidence à nouveau l'hétérogénéité, déjà mesurée à des échelles de temps courtes (Sow & Guillard, 2005b) mais dans ce cas aussi sur des pas de temps plus long (20 minutes) (Fig. 8). On observe de grandes tendances, apparemment non liées à la marée mais aussi de fortes différences de densités détectées entre le jour et la nuit. Le nombre de cibles individuelles varient lui aussi dans le temps et on constate que les plus grosses cibles (entre -35 et -25 dB) ne sont pas présentes tout le temps.

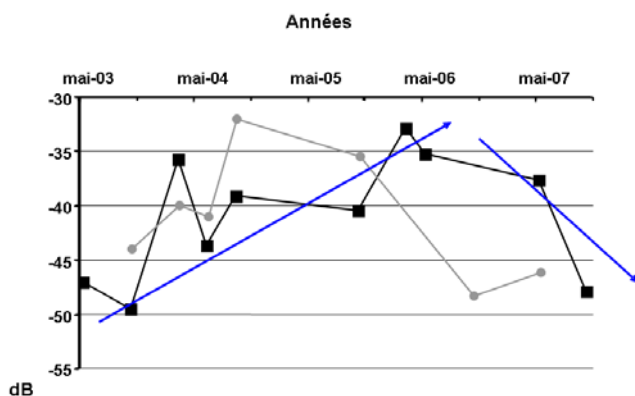


Figure 7. Evolution des index de réflectivité (TS) moyennes détectées dans le bolon Bamboung, tous parcours confondus (cercle gris) et position fixes (carrés noirs).

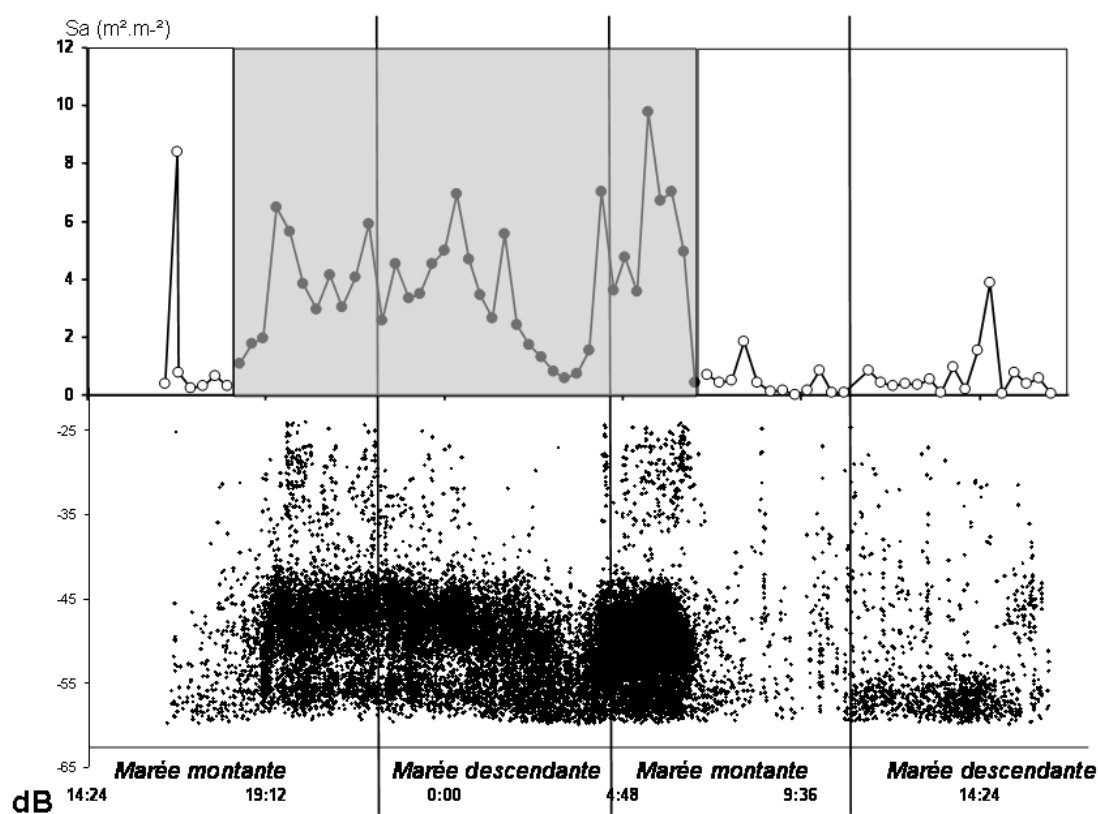


Figure 8. Evolution des Sa moyen détectées dans le bolon Bamboung par pas de temps de 20 minutes et cibles individuelles détectées au cours de cycle.

#### 4. Discussion

Les campagnes réalisées dans l'AMP à l'aide des méthodes acoustiques ont permis de faire un suivi du peuplement de poissons de ce bolon protégé. Les méthodes acoustiques par leur nature non destructive sont un outil adapté au suivi des évolutions temporelles d'un peuplement de poissons (Simmonds & MacLennan, 2005), si en parallèle une bonne description du milieu par des méthodes de pêches expérimentales est mise en place. Ces deux méthodes sont complémentaires: elles peuvent ainsi permettre de n'effectuer des pêches de contrôles qu'à intervalles réguliers afin d'identifier les espèces présentes.

L'utilisation des deux méthodes de façon conjointe a été nécessaire pour les premiers suivis, mais a aussi montré que l'exploration d'un bolon de taille réduite pouvait modifier le comportement des poissons. En effet les campagnes effectuées en même temps que les coups de pêches, campagnes amont – aval, ont des résultats beaucoup plus variables et moins fiables que les campagnes effectuées après, campagnes aval – amont,

réalisées avec moins de perturbations, comme nous l'avons déjà affirmé en 2005 (Sow & Guillard, 2005a). Il n'est pas surprenant que dans un milieu assez fermé et de surcroît protégé, les peuplements de poissons soient sensibles en particulier aux bruits des moteurs. Les campagnes effectuées hors protocole mettent aussi en évidence ce phénomène avec des densités observées beaucoup plus fortes (Sow & Guillard, 2005a). Il est important de signaler que les missions Bamboung 10 et 14, respectivement du 23/03/2006 et du 09/05/2007, ont coïncidé avec la visite de personnalités à bord de plusieurs pirogues motorisées. Nous avons constaté que les valeurs de biomasse de ces campagnes sont les plus faibles de la série, ce qui semble confirmer la sensibilité aux perturbations dans ces milieux étroits.

Pour un suivi régulier et afin d'arriver à bien mesurer l'évolution des indicateurs que sont la biomasse totale et les structures en tailles, il est nécessaire de continuer les acquisitions en utilisant toujours le protocole standard du parcours dans le chenal principal, mais en insistant sur la nécessité de devoir toujours travailler dans les mêmes conditions. En effet, outre les perturbations engendrées par les bateaux, d'autres paramètres peuvent engendrer des variabilités plus ou moins importantes dans les résultats: effet de la marée (Krumme *et al.*, 2004), de la lune (Gaudreau & Boisclair, 2000), de la saison, de la luminosité, etc.. Il est nécessaire de s'affranchir au maximum de la variabilité due à ces paramètres.

Le type d'échantillonnage en parcours permet d'obtenir une image globale du milieu, intégrant un volume d'eau important et permettant de mieux prendre en compte les différents types de cibles présentes, en particulier les bancs moins bien appréhendés par les postions fixes (Guillard *et al.*, 2004). Dans des milieux hétérogènes de par leur nature et de plus soumis à nombreuses variables environnementales, la répétitivité d'une mesure et donc sa prise en compte comme un indicateur fiable nécessite une gestion rigoureuse des protocoles, dans les stratégies d'échantillonnage suivi mais aussi dans les périodicités. Plusieurs solutions peuvent être proposées pour limiter ces variations ou les appréhender afin de pouvoir ensuite s'en affranchir: déconnecter les campagnes acoustiques des autres campagnes, effectuer l'acoustique systématiquement après les pêches avec un décalage temporelle, effectuer les parcours toujours avec les mêmes marées, avoir un échantillonnage régulier dans le temps, aux mêmes saisons, .... Les stations fixes pourraient apporter un grand nombre d'éléments de compréhension, si les paramètres de base comme le courant et la marée étaient enregistrée de façon précise. En effet, pour ces types de milieux l'utilisation d'un courantomètre et d'un protocole échantillonnage précis permettraient de mieux aborder et comprendre leur fonctionnement. De plus il serait souhaitable, comme par exemple pour la pêche expérimentale où les stations sont les mêmes d'une campagne à l'autre, de pouvoir réaliser les observations toujours aux mêmes endroits afin d'éviter les problèmes de variabilités spatiales; un ancrage fixe du bateau aux deux extrémités permettrait d'observer avec plus de précision le sens de déplacement des poissons, surtout en disposant d'un courantomètre fiable. L'observation de cycles de 24 heures à différentes saisons permettrait de prendre en compte les phases montantes et descendantes et d'aborder les variations nyctémérales.

Le bolon Bamboung est dans un espace protégé mais il n'est pas complètement déconnecté du système estuarien qui l'entoure. Une partie du peuplement effectue des migrations importantes entre le bolon Bamboung et le bras principal Diomboss. Il serait intéressant de pouvoir étudier ces phénomènes de migration entre ces deux chenaux en installant par exemple des systèmes de détections acoustiques à l'entrée du bolon et d'observer les rythmes de migrations en fonction des paramètres environnementaux (marées, heures, saisons, ...). La biomasse détectée dans la partie la plus amont est significativement corrélée à la biomasse totale détectée, cette partie étant moins susceptible d'être l'objet de mouvements migratoires importants, mais cependant aucun gradient systématique des densités n'a pu être détecté.

Au cours de ce cycle 2003-2007, les protocoles n'ont pas pu toujours être suivis rigoureusement, différents problèmes matériels étant survenus (disponibilité du bateau, panne de moteur, contraintes expérimentales, ...). D'après nos observations, le bolon Bamboung pourrait être entré dans une deuxième phase d'évolution: au début les biomasses observées dans le bolon ont augmenté, on a alors noté que pour une même saison elles étaient plus élevées que dans d'autres bolons proches, et ce jusqu'en 2005-2006. A partir de cette date, la biomasse globale semble diminuer. Les TS moyennes évolueraient aussi d'une manière parallèle: après une augmentation des tailles jusqu'en 2005-2006, on observerait une diminution de celle ci. Les résultats de 2007 semblent montrer un changement net dans l'évolution de ces deux indicateurs, mais sans que l'on puisse prédire une vraie tendance ou conclure sur un artefact du aux problèmes de variabilité du milieu et/ou des changements des protocoles.

## 5. Conclusion

Les Aires Marines Protégées sont un des enjeux majeurs des prochaines années afin de pouvoir protéger les stocks de poissons. En effet devant l'augmentation des efforts de pêches (Troader *et al.*, 2003), les stocks de poissons sont la plus part du temps en forte diminution. Un suivi de ces zones est nécessaire afin de mesurer l'efficacité de ces protections, qui peuvent ainsi servir de refuges aux peuplements de poissons. Ces zones font partie intégrante de l'écosystème estuarien, et les échanges entre les différentes parties de l'estuaire sont fondamentaux. L'hydroacoustique, en réalisant des parcours régulièrement dans les zones, permet de réaliser le suivi de l'évolution des biomasses présentes sans prélèvements préjudiciables dans le milieu. De plus le coût d'un tel suivi nécessitant peu de personnes, est peu élevé, hors équipement initial. On peut ainsi alléger les protocoles de pêches expérimentales, toujours nécessaires, afin de les réduire au minimum. Mais ces milieux sont très hétérogènes et l'obtention d'indicateurs fiables nécessite des approches rigoureuses afin de s'affranchir des variabilités dues aux autres paramètres. Une gestion optimisée de ce milieu devrait mieux appréhender les échanges bras principaux – bras secondaires par un suivi fin des migrations entre les deux. L'installation de transducteurs en postes fixes dans ces zones d'interface et de migration permettrait de suivre les mouvements des poissons d'une zone à l'autre et de mieux comprendre ces mouvements en relation avec les paramètres environnementaux. Le bolon Bamboung semble être entré dans une nouvelle phase de son évolution. Les indicateurs qui évoluaient dans le même sens entre 2003 et 2005-2006 semblent évoluer différemment depuis cette période.

## Remerciements

Ce projet fait partie d'un suivi biologique (pêches expérimentales à la senne tournante) réalisé par l'équipe RAP de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), proposé et piloté par l'Océanium, association sénégalaise de protection des ressources marines et financé par le Fond Français pour l'Environnement Mondial (FFEM). Le bolon de Bamboung est devenu une AMP en décembre 2003. Les auteurs tiennent à remercier le CRODT (Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye) pour le soutien à la réalisation des mesures par hydroacoustique ainsi qu'Erwan Josse et Luis Tito de Morais (IRD) qui ont permis à ces suivis d'être réalisés. Ces campagnes n'auraient pu avoir lieu sans l'aide de François Sanseo et César Tendeng qui nous ont embarqués sur le Diassanga, bateau de recherche en estuaire initié par Jean-Jacques Albaret et sans qui tout ceci n'aurait pas été possible.

## Références

- ALBARET, J.J., SIMIER, M., TITO DE MORAIS, L., 2006. Bilan du suivi biologique de l'Aire Marine Protégée du bolon de Bamboung (Sénégal), Rapport IRD, 19 p.
- DALTON, R., 2010. Reserves 'win-win' for fish and fishermen. *Nature*, 463(25), 1007.
- DIOUF, P.S., 1996. Les peuplements de poissons des milieux estuariens d'Afrique de l'Ouest : l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum. Thèses et Documents microfiches No. 156, ORSTOM, Paris.
- GAUDREAU, N., & BOISCLAIR, D., 2000. Influence of moon phase on acoustic estimates of the abundance of fish performing daily horizontal migration in a small oligotrophic lake. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*, 57, 581-590.
- GUILLARD J., 1998. Daily migration cycles of fish populations in a tropical estuary (Sine-Saloum, Senegal) using a horizontal-directed split-beam transducer and multibeam sonar. *Fisheries Research*, (35) 21-29.
- GUILLARD, J., ALBARET, J.J., SIMIER, M., SOW, I., RAFFRAY, J., & TITO de MORAIS, L., 2004. Spatio-temporal variability of fish assemblages in the Gambia Estuary (West Africa) observed by two vertical hydroacoustic methods: moored and mobile sampling. *Aquatic Living Resources*, 17, 47-55.
- GUILLARD J., & VERGES, C., 2007. The Repeatability of Fish Biomass and Size Distribution Estimates obtained by Hydroacoustic Surveys Using Various Survey Designs and Statistical Analyses. *International Review of Hydrobiology*, 92(6), 605-617.
- KRUMME, U., SAINT-PAUL, U., & ROSENTHAL, H., 2004. Tidal and diel changes in the structure of a nekton assemblage in small intertidal mangrove creeks in northern Brazil. *Aquatic Living Resources*, 17, 215-229.
- LOVE R.H. 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. *Journal of the Acoustic Society of America*, 72, 1397-1402.

- MACLENNAN, D., FERNANDES, P.G., DALEN, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 365-369.
- MESNIL, B. 2003. Dynamique des populations exploitées et principaux modèles démographiques appliqués à la gestion des pêches. In *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes*. Académies des sciences, Rapport sur la science et la technologie 17, Edition Tec & Doc., Paris, 123-155.
- ONA, E., 1999. Methodology for TS measurements. ICES Cooperative Research Report. 403, 235 p.
- PEIRSON, G., & FREAR, P.A., 2003. Fixed location hydroacoustic monitoring of fish populations in the tidal River Hull, north-east England, in relation to water quality. *Fisheries Management and Ecology*, 10, 1-12.
- SIMMONDS, E.J., & MACLENNAN, D.N., 2005. *Fisheries Acoustics: Theory and Practice*. Oxford: Blackwell Science Ltd., 437 p.
- SMITH, S., 1990. Use of statistical models for the estimation of abundance from groundfish survey data. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*, 47, 894-903.
- SOW, I., & GUILLARD, J., 2005a. Etude de l'Aire Marine Protégée du bolon Bamboung (Sénégal) par hydroacoustique. Rapp. I.L., 259, 15 p.
- SOW, I., & GUILLARD, J., 2005b. Suivi de stations fixes de nuit dans l'Aire Marine Protégée Bamboung (Sine Saloum, Sénégal). Rapp. I.L., 260, 11 p.
- TITO DE MORAIS L., SIMIER, M., RAFFRAY, J., & SADIO, O., 2007 Suivi biologique des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove : le bolon de Bamboung (Sine Saloum, Sénégal). Rapport IRD 2007, 23p
- TROADEC, J.P., BONCŒUR, J., & BOUCHER, J., 2003. Le constat. In *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes*. Académies des sciences, Rapport sur la science et la technologie 17, Edition Tec & Doc., Paris, 16-56.
- WANZENBÖCK, J., MEHNER, T., SCHULZ, M., GASSNER, H., & WINFIELD, I.J., 2003. Quality assurance of hydroacoustic surveys: the repeatability of fish-abundance and biomass estimates in lakes within and between hydroacoustic systems. *ICES Journal of Marine Science*, 60, 486-492.



## View point

# Réflexion sur les grands défis scientifiques dans le domaine de la pêche thonière tropicale

Daniel Gaertner<sup>1,\*</sup> et Pierre Chavance<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IRD-UMR 212 'Eme', Avenue Jean Monnet, 34 203, BP 171, Sète, France

\*Correspondance: Tél.: (+33) 0499-57-32-31; Télécopie: (+33) 0499-57-32-95; Courriel: [Daniel.Gaertner@ird.fr](mailto:Daniel.Gaertner@ird.fr) (D. Gaertner)

Reçut le 26/02/2010, accepté le 01/03/2010, publié en ligne le 15/03/2010  
Oceanraise © MS 021009-04

## Résumé

Cette note reflète la contribution apportée par des chercheurs de l'IRD, membres de l'UMR EME, lors des assises de la pêche (volet externe) qui s'est tenue à Concarneau le 26 septembre 2009. Nous proposons (i) de renforcer le rôle des organisations régionales de gestion des pêche (ORPG), (ii) d'aménager les pêcheries hauturières dans un cadre écosystémique à une échelle internationale (iii) de mettre en place des règles d'usage de l'espace maritime, de type aires marines protégées (iv) de conduire avec les pays tiers une politique de pêche responsable et durable. Nous concluons en présentant les grands défis scientifiques auxquels va être confrontée la pêche hauturière; à savoir le devenir de l'activité de pêche dans le contexte du changement climatique (Livre vert §:5.5), et le développement d'une politique d'écologie industrielle du secteur hauturier favorisant les innovations technologiques réduisant les coûts énergétiques (*i.e.* empreinte carbone).

**Mots clés:** Assises de la pêche, Livre vert, Aménagement, Industriel, Artisanale.

## Abstract

This short note depicts the contribution prepared by IRD scientists from UMR EME to a French Maritime Forum (outside fisheries panel) organized by the French government in Concarneau (September 26, 2009). We suggest (i) reinforcing the role of the Regional Fisheries Management Organizations (RFMOs), (ii) to promote the ecosystem approach to fisheries (EAF) within an international framework, (iii) to develop spatial rules in maritime uses, such as marine protected area (MPA), (iv) to associate developing countries toward a responsible code of conduct in fishery practices. We finally discuss about the major challenges facing tunas fisheries; such as the impact of climate change on fishery activities (EU Green paper on CFP) as well as the development of new green technologies in high-sea fisheries with the objective to reduce their energetic costs (*i.e.*, ecological footprint).

**Keywords:** Assises de la pêche, Livre vert, Management, Industrial, Small scale.

## Introduction

En réponse aux diagnostics et questions posées par le 'Livre Vert' de l'Union Européenne et en particulier dans le cadre de l'avenir de son volet externe de la politique commune de la pêche 'PCP', ce document propose quatre thèmes de discussion relatifs aux organisations régionales de gestion des pêches 'ORGP', à l'aménagement des pêches hauturières, aux accords de pêche avec les pays tiers, et aux défis scientifiques de la pêche hauturière. Ce document résume la contribution de l'IRD à la réunion de Concarneau sur le Volet externe des 'Assises de la pêche' (lundi 26 octobre 2009).

## Renforcer le rôle des ORGP (diagnostics et application des recommandations)

Au même titre que l'efficacité de l'ensemble de la gouvernance des pêches, celle des ORGP thonières est remise en question (Livre vert §:5.8). Ces dernières font désormais l'objet d'évaluations externes régulières et un processus de coordination entre celles-ci au niveau hauturier est en cours. Les ORGP constituent un maillon

essentiel de la gouvernance mondiale pour des écosystèmes dépassant les limites de souveraineté nationale. Leur rôle, leur efficacité et leur coordination doivent être renforcés.

### **Renforcer la place et l'écoute des avis scientifiques**

Les scientifiques ne prétendent pas être les uniques interlocuteurs de l'administration des pêches mais aspirent au moins d'être écoutés, ce qui n'a pas toujours été le cas. Le chapitre 5.6. (Base de connaissances à l'appui de la politique) du livre vert stipule que *'pour la PCP, les connaissances et les données scientifiques ont une importance cruciale car les décisions politiques doivent être fondées sur des connaissances solides et fiables concernant le niveau d'exploitation que les stocks peuvent supporter, les effets de la pêche sur les écosystèmes marins et l'incidence de changements tels que les changements climatiques'*. Cette déclaration semble rompre avec le passé et orienter les relations entre l'administration des pêches de l'Union Européenne et les scientifiques vers de nouvelles bases (au moins dans le cas de la pêche thonière). Le livre vert insiste sur le fait que la bonne santé des écosystèmes constitue la base d'une exploitation durable. A l'évidence, le diagnostic de cette bonne santé doit reposer sur les meilleures données scientifiques disponibles.

### **Renforcer l'engagement de la France dans ces instances internationales**

L'UE s'inquiète cependant, à juste titre, du fait que *'les ressources humaines et institutionnelles disponibles pour la fourniture des avis nécessaires sont de plus en plus limitées tandis que les questions à traiter sont sans cesse plus nombreuses et plus complexes'*. A titre d'exemple, la France ex-grand pays pêcheur de germon Atlantique (et à la pointe des recherches sur cette espèce) est régulièrement absente des sessions d'évaluation à l'ICCAT, quant aux thonidés tropicaux, les chercheurs de l'IRD se désengagent de plus en plus des tâches d'expertises ou de recherches appliquées au profit des tâches d'enseignement, de collaborations avec des instituts du Nord plus bénéfiques aux publications académiques et aux plans de carrières personnels, encouragés dans cette voie par l'UMRisation avec l'université (n.d.l.r. création d'Unité Mixte de Recherche avec l'université par association des laboratoires). La reconnaissance du travail de recherche-expertise (les deux ne peuvent pas être dissociés, cf. le rapport sur l'expertise IRD/Ifremer ; Forest & Gaertner, 2009) doit clairement être exigée aux directions des instituts concernés.

### **Disposer de moyens de contrôle adéquats et de lutte contre la pêche illicite**

Il convient d'être très ferme sur ce point. On ne peut pas demander des efforts aux pêcheurs des parties contractantes si une partie des captures se fait en dehors de tout contrôle. L'Union européenne doit participer de façon active aux efforts en cours et promouvoir au niveau international la mise en œuvre d'un contrôle strict de l'exploitation halieutique de la haute mer.

### **Contribuer au développement de tableaux de bord d'indicateurs écosystémiques**

La prise en compte de la dimension écosystémique de la pêche est progressivement encouragée par la mise en place de sous groupes étudiant les écosystèmes au sein des ORGP thonières et aussi, récemment, à travers l'éligibilité au sein de la nouvelle DCF (Data Collection Framework 2009-2011; Anonymes (2008)) de neuf indicateurs visant à mesurer les effets de la pêche sur les écosystèmes. Ces efforts doivent être fermement encouragés et accompagnés de mesures incitatives permettant l'implication des scientifiques dans ce type de recherche.

### **Aménagement des pêcheries hauturières**

Il est important de ne pas limiter la responsabilisation aux seuls pêcheurs mais d'associer l'ensemble de la filière de la transformation et des secteurs de la distribution ainsi que l'administration, les scientifiques, et les autres usagers des biens et services écosystémiques (y compris les ONG). La transparence étant souhaitable dans ce secteur, les programmes d'observateurs scientifiques, ou de contrôleurs (selon l'objectif poursuivi), sont à systématiser.

### **Supprimer les mortalités accidentelles d'espèces sensibles (raies, certaines espèces de requins, tortues, mammifères, oiseaux)**

Les captures d'espèces fragiles ne sont plus tolérables et mettent en péril le devenir de l'écosystème épipelagique et par là même celui de la pêche thonière tropicale. Le remplacement des dispositifs de concentration de poissons (DCP) traditionnels par des radeaux dits 'écologique' (ex., radeaux 'anti-tortues') doit être mis en œuvre le plus rapidement possible sur les senneurs thoniers opérant dans les zones de

répartition des espèces inventoriées sur la liste rouge de l'IUCN (<http://www.iucnredlist.org/>). Un programme de contrôleurs serait souhaitable pour assurer la crédibilité de la mise en place de cette mesure.

### **Réduire les rejets à des niveaux acceptables et valoriser les pêches accessoires inévitables**

L'utilisation des DCP permet la capture de listaos (bonites à ventre rayé plus connue en anglais sous le nom de Skipjack *Katsuwonus pelamis*) qui seraient difficilement capturables sans ce mode de pêche. Dans une approche écosystémique, ce mode de pêche devrait permettre également de capturer des espèces faiblement valorisée jusqu'à maintenant mais dont la capture assurerait un prélèvement plus équilibré dans les différents maillons de l'écosystème (contrairement aux idées reçues, une pêcherie ne prélevant qu'une seule espèce dans un écosystème n'étant pas forcément la meilleure des solutions sur le plan 'écosystémique'). Par contre, l'utilisation non-contrôlée de DCP pose un sérieux problème quantitatif (l'utilisation massive de DCP accentue la pression de pêche sur les thons juvéniles en accroissant les rejets et augmente les captures des espèces accessoires) et qualitatif (pose dans des secteurs inhabituels et modification du comportement des thons ; Hallier & Gaertner, 2008). Le report des captures d'espèces accessoires dans les livres de bord est indispensable pour mesurer l'impact de la pêcherie sur l'écosystème (même au niveau d'un groupe d'espèces; les programmes réguliers d'observateurs permettant en suite de corriger ces estimations; Gaertner *et al.*, 2002; Amade *et al.*, 2008).

#### ***En conséquence il est nécessaire de focaliser nos efforts sur 4 points particuliers***

Etudier l'impact socio-économique des débarquements d'espèces accessoires sur les marchés locaux par rapport à la concurrence faites à la pêche artisanale; l'impact peut être positif (ex., le faux poisson d'Abidjan; Romany *et al.*, 2000), ou négatif.

Etudier les conséquences sur l'écosystème de l'application d'une obligation de débarquement d'espèces accessoires par tonne de thons commerciaux; éventuellement inclure ces prises dans les accords de pêche.

Etudier les méthodes de transformation susceptibles de permettre la valorisation de certaines espèces accessoires (ex., marlins, requins) afin d'inciter les armements à conserver ces espèces.

Etudier les conditions d'utilisation strictes des DCP (*cf.* aires marines protégées ci-dessous).

### **Mise en place de règles d'usage de l'espace maritime, de type aires marines protégées**

L'objectif du Grenelle de la Mer 2009 qui est d'instituer 20 % d'AMP et la moitié en réserves intégrales est une décision politique qui n'a aucun sens sur le plan scientifique (ces chiffres ne reposent pour l'instant sur aucune étude scientifique). A titre d'exemple, le moratoire spatio-temporel pour la pêche sur DCP dans le Golf de Guinée était censé répondre à une situation de surexploitation, ou proche de, dans les années 90, et n'a plus trop de raison d'être aujourd'hui. Il est évident que l'utilité d'une AMP ne se décrète pas mais s'étudie par rapport à des objectifs précis (régulation des activités halieutiques, conservation de la biodiversité, gestion des usages maritimes, etc.) , tout en tenant compte des mesures de gestion déjà en vigueur et de la situation d'exploitation donnée, ou du niveau d'impact de l'activité humaine sur l'écosystème, etc. Plutôt que de discuter sur le caractère thaumaturgique ou précautionneux de ce pourcentage, il faut garder l'esprit de cette recommandation et se demander si une gestion spatialisée de la ressource hauturière, et/ou de l'écosystème épipelagique hauturier est souhaitable, et dans l'affirmative sous quelle forme (sans oublier les coûts associés au contrôle).

### ***Il n'y a pas d'évidence scientifique sur leur intérêt en milieu hauturier mais il faut se préparer à l'émergence d'une volonté politique de leur mise en place.***

Si l'efficacité d'une réserve marine (interdite à toute forme d'exploitation) pour des grands migrateurs tropicaux reste à démontrer, on ne peut écarter pour autant l'intérêt d'étudier la mise en place d'AMP comme outil de gestion (malgré la difficulté d'analyser ce type de mesures). Le cas de l'encadrement de l'utilisation des DCP dans une strate spatio-temporelle n'est pas à écarter et en tout cas paraît à étudier (la difficulté d'évaluer l'impact du moratoire sur DCP dans le Golfe de Guinée venait à la fois de la modification de l'effort de pêche et du non-respect du moratoire par certaines flottilles). Un cas intéressant également sur des aspects de conservation de la biodiversité serait l'étude d'AMP sur les hot-spots tels que les monts sous-marins (si cela s'avère utile, on pourrait envisager des règles d'usages spécifiques qui entreraient dans ce type d'outil de gestion: restrictions saisonnières, système de jachère, etc.).

## **Contribuer à la conduite d'études scientifiques sur le sujet et à la collecte de données nécessaires**

Notons qu'en plus de leurs rôles de conservation de la ressource, les AMP géographiques et saisonnières peuvent parfois réduire les interactions et donc les conflits d'usage entre utilisateurs de l'espace maritime. Elles peuvent également, à défaut d'être la méthode la plus efficace, s'avérer la plus acceptable par l'ensemble des acteurs.

## **Conduire avec les pays tiers une politique de pêche responsable et durable**

L'UE ne peut pas conduire une politique de pêche responsable et durable dans ses propres eaux et se dénier de sa responsabilité dans la gestion des écosystèmes marins dont dépendent nos pêcheries lointaines que ce soit dans les eaux internationales ou dans les ZEE des pays en voie de développement. Plusieurs pistes complémentaires sont à suivre dans ce sens.

## **Soutenir les démarches de certification des pêcheries lointaines**

L'Union européenne doit pouvoir apporter les garanties que ses flottes exerçant dans les pays tiers exercent une pêche responsable et durable. Cette garantie doit reposer sur des principes et des critères transparents, reconnus internationalement, établis et suivis par une expertise externe indépendante. Une norme de certification 'pêche responsable et durable' européenne et publique (exemple: [certification ISO](#)) devrait être mise en place en complément de la principale norme privée disponible actuellement proposée par le MSC ([Marine Stewardship Council](#)). Mises en place à l'initiative de l'industrie qui y trouvera également un intérêt de nature commerciale, ces démarches peuvent aboutir rapidement. Un objectif cible de 100 % de pêcheries certifiées responsables et durables à échéance de X années est envisageable.

## **Renforcer la recherche dans les pays partenaires signataires des accords de partenariats**

L'objectif est d'avoir des interlocuteurs scientifiques de qualité disposant d'infrastructures de recherche et de suivi des pêches fonctionnelles. Les aides en matière d'appui à la recherche et à la formation associées classiquement aux accords de pêche puis aux accords de partenariat n'ont, dans l'ensemble, pas bien fonctionné même si certains rares pays (Mauritanie, Maroc, Seychelles, ...) ont tout de même su les utiliser efficacement pour établir une recherche halieutique crédible.

Dans ce domaine, il faut considérer que les efforts doivent porter: (i) sur le long terme car plusieurs dizaines d'années sont nécessaires pour former de bons chercheurs et mettre en place des structures efficaces et (ii) sur différentes dimensions d'accompagnement de la recherche comme son positionnement institutionnel, le statut et la rémunération du chercheur, la politique nationale de la recherche etc. Il est donc particulièrement important ici à la fois de voir loin et de coordonner les différents efforts de l'UE envers les dimensions liées spécifiquement à la pêche avec ceux relatifs à la recherche, à l'environnement et au développement (Livre vert §:5.8).

## **Intégrer et prendre en considération la problématique de la pêche artisanale vs la pêche industrielle**

Les conditions et les modalités de négociation des accords de pêche entre l'UE et les gouvernements des pays tiers favorisent la prise en considération de critères politiques et économiques de court terme au détriment des meilleures bases scientifiques disponibles. Ils sont en outre souvent mal perçus, à tort ou à raison, par l'industrie locale et la société civile qui voient leur gouvernement vendre (souvent à prix d'or) aux étrangers des droits de pêche sur des ressources dont elles pensent leur subsistance dépendre. Certains scientifiques remettent aussi parfois en cause ces choix: pêche industrielle étrangère vs pêche artisanale nationale. La réalité est bien entendu plus complexe: certaines pratiques artisanales sont tout autant à prescrire sur le plan de la bonne gestion des ressources et des écosystèmes et sont parfois des trappes à pauvreté. Cependant, il est patent que ces pêches artisanales présentent des intérêts évidents sur divers plans car elles sont plus sélectives, moins énergétivores, s'inscrivent mieux dans les pratiques culturelles et le tissu géographique local. L'UE européenne doit donc veiller à promouvoir la mise en place d'accords de partenariats qui s'inscrivent dans de véritables plans d'aménagement nationaux à long terme intégrant l'ensemble des filières pêche (artisanale et industrielle) et prenant en considération l'ensemble des dimensions environnementales, économiques et sociales.

## Les grands défis scientifiques de la pêche hauturière

Il faut associer les professionnels de la pêche et l'ensemble de la filière de la transformation et des secteurs de la distribution aux programmes de recherche sur ces aspects (ex., [bourses CIFRES](#)).

## Le devenir de la pêche dans le contexte du changement climatique (Livre vert §:5.5)

Même si le problème s'inscrit dans une problématique plus vaste (le changement global), un des défis majeurs de la pêche hauturière est son devenir dans le contexte du changement climatique. Il est probable, ou du moins possible, que les schémas migratoires et les zones de pontes soient altérés modifiant ainsi la structure des stocks. La capturabilité des thons accessibles à la pêche de surface sera sans doute modifiée comme la productivité des écosystèmes. Quelles répercussions cela aura-t-il en termes de productivité des stocks? En terme de zones de pêche (éloignement par rapport aux lieux traditionnels de débarquement et donc coûts énergétiques supplémentaires?), modifications de la distribution spatiale et donc de la productivité des ZEE des Pays en Voie de Développement (avec les conséquences en perte de rente, ou au contraire d'accès à de nouvelles ressources?).

## Développer une politique d'écologie industrielle du secteur hauturier favorisant les innovations technologiques réduisant les coûts énergétiques.

Le citoyen sera de moins en moins enclin de payer le prix du poisson chez le commerçant et de participer indirectement, par impôt interposé, aux subventions que reçoit le secteur de la pêche dans le domaine énergétique (Livre vert §:3). Il est donc indispensable à se préparer à la grande mutation industrielle qui s'imposera pour des questions d'équilibre écologique.

Les questions concernant la recherche de navires et de pratiques de pêches plus économes en carburant, de produits transformés moins coûteux en énergie (y compris en transport) doivent être abordées rapidement en concertation avec les professionnels de la filière Pêche lointaine. Ces réflexions concernent l'ensemble de la filière. Il faudrait par exemple évaluer les coûts de l'énergie et du transport des produits transformés ou congelés, en intégrant dans leur prix le coût de leur empreinte carbonique afin de les comparer aux produits frais. Cela doit être mis en balance avec la création de valeur ajoutée de produits élaborés.

Les exemples de bonnes pratiques de pêche soucieuses du respect de l'environnement doivent être recherchés et mieux valorisés à plus grande échelle (utilisation d'écolabels?). Des mesures incitatives vers de bonnes pratiques doivent être mises en place au même titre que des aides au déclassement des navires pour lutter contre la surcapacité des flottes de pêche.

## Références

AMANDE, J., ARIZ, J., CHASSOT, E., CHAVANCE, P., DELGADO DE MOLINA, A., GAERTNER, D., MURUA, H., PIANET, R., & RUIZ, J., 2008. By-catch and discards of the European purse seine tuna fishery in the Indian Ocean. Estimation and characteristics for the 2003-2007 period. *IOTC-2008-WPEB-12*.

ANONYMES, 2008. RÈGLEMENT (CE) No 199/2008 DU CONSEIL du 25 février 2008 concernant l'établissement d'un cadre communautaire pour la collecte, la gestion et l'utilisation de données dans le secteur de la pêche et le soutien aux avis scientifiques sur la politique commune de la pêche.

ARIZ J., DELGADO A., FONTENEAU A., GONZALEZ COSTAS F., & PALLARES P., 1999 Logs and tunas in the Eastern Tropical Atlantic. A review of present knowledge and uncertainties. In: Scott MD, Bayliff WH, Lennert-Cody CE, Schaefer KM (eds) Proceedings of the International Workshop on Fishing for Tunas Associated with Floating Objects, La Jolla, CA, February 11-13, 1992. *Inter-Am Trop Tuna Comm. Spec Rep.* 11:21-65.

FOREST, A. & GAERTNER, D., 2009. Propositions pour renforcer les liens au sein de la communauté halieutique de l'Ifremer et de l'IRD: Créer des synergies inter-organismes pour une expertise halieutique renforcée. Doc. interne 5p.

GAERTNER, D., MENARD, F., DEVELTER, C., ARIZ, J., & DELGADO DE MOLINA, A., 2002. By-catch of billfishes by the European tuna purse seine fishery in the Atlantic Ocean. *Fish. Bull. U.S.* 100: 683-689.

HALLIER, J.P., & GAERTNER, D., 2008. Drifting fish aggregation devices could act as an ecological trap for tropical tunas. *Marine Ecology Progress Series* 353: 255-264.

HALLIER J.P., & PARAJUA J., 1999. Review of tuna fisheries on floating objects in the Indian Ocean. In: Scott MD, Bayliff WH, Lennert-Cody CE, Schaefer KM (eds) Proc Int Workshop on Fishing for Tunas Associated with Floating Objects, La Jolla, CA, February 11–13, 1992. *Inter-Am Trop. Tuna Comm. Spec. Rep.* 11:195-221.

LIVRE VERT, 2009. Réforme de la politique commune de la pêche. Commission des communautés européennes, COM(2009)163 final, 31 p.

ROMANY, B., MENARD, F., DEWALS, P., GAERTNER D., & N'GORAN, N., 2000. Le « faux-poisson » d'Abidjan et la pêche sous DCP dérivants dans l'Atlantique tropical Est: circuit de commercialisation et rôle socio-économique. In: *Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*. Le Gall J.Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Ed. Ifremer, Actes Colloq., 28, 634-652.

## Annexe

(Assises de la pêche) Les Assises de la pêche ont été lancées le lundi 5 octobre en présence du Commissaire européen à la Pêche et aux Affaires maritimes 'Joe Borg'. Cette consultation nationale a pour objectif 'de préparer la position que la France fera valoir dans le cadre de la réforme de la Politique commune de la pêche à l'horizon 2012', réforme que la Commission a lancée en publiant un 'livre vert'. Ces Assises débattent 'des évolutions majeures de ce secteur économique stratégique pour la France et l'Europe, face à une concurrence mondiale accrue, à la fluctuation des prix du carburant et à la raréfaction des ressources halieutiques'. Plus d'information sur le site web: <http://agriculture.gouv.fr>



(PCP) La Politique commune de la pêche est l'outil de gestion dont s'est dotée l'Union européenne pour développer la pêche et l'aquaculture tout en préservant la ressource et la biodiversité marine. Le principal instrument financier de l'Europe Bleue est le fonds européen pour la pêche (FEP). Plus d'information sur le site web: <http://agriculture.gouv.fr/>

(ICCAT) La Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique (ICCAT) est une organisation de pêche inter-gouvernementale responsable de la conservation des thonidés et des espèces apparentées de l'océan Atlantique et de ses mers adjacentes. Plus d'information sur le site web: <http://www.iccat.int/fr/>,

Voir également pour l'IOTC

(DCP) Depuis des siècles, les hommes ont remarqué que les poissons avaient tendance à se regrouper autour d'objets flottant à la surface des océans. Des objets flottants appelés Dispositifs de Concentration de Poissons (DCP) ont été développés pour des pêcheries thonières artisanales (DCP ancrés) et industrielles (DCP dérivants). Les captures de thons tropicaux réalisées autour des DCP dérivants représentent aujourd'hui plus de la moitié du tonnage mondial de ces espèces (Ariz *et al.*, 1999; Hallier and Parajua, 1999). Plus d'information sur le site web: <http://www.fadio.ird.fr/finalfr/dcp.html>

(AMP) Une aire marine protégée est une zone marine où des mesures particulières de gestion sont mises en œuvre, dans le cadre de la protection du milieu marin. Plus d'information sur le site web <http://www.airesmarines.org/accueil/>

(ZEE) La zone économique exclusive est un espace maritime sur lequel un État légitime exerce des droits souverains en matière économique.

Short note

## Effet de la variabilité de l'environnement physique, température et vent, sur l'abondance des ressources pélagiques au Sénégal (1989-2001)

Youssouph Diatta<sup>1,\*</sup>, Mbaye Diop<sup>2</sup>, Amadou Ka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Institut Fondamental d'Afrique noire Cheikh Anta Diop, Laboratoire de Biologie Marine, BP 206, Dakar, Sénégal

<sup>2</sup> Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique (LERG) Campus universitaire de l'ESP, BP 25275, Dakar-Fann, Sénégal

\*Correspondance: Tél.: (+221) 338-25-98-90; Télécopie: (+221) 338-24-49-18. Courriel: [youssouphdiatta@hotmail.com](mailto:youssouphdiatta@hotmail.com) (Y. Diatta)

Reçu le 27/05/2010; accepté le 04/08/2010; publié en ligne le 16/08/2010  
MS 270510-07

### Résumé

La variabilité de l'environnement physique sur l'abondance en ressources pélagiques est décrite à partir des captures réalisées par la pêche artisanale sénégalaise et de la variabilité mensuelle de la vitesse moyenne du vent et de la température de surface de la mer. Les données environnementales proviennent de mesure réalisées *in situ* le long du littoral sénégalais et des données satellitaires. Cinq stations ont été considérées dans ce travail (Saint-Louis, Dakar Yoff, Mbour, Fatick et Cap-Skiring) sur une période de 12 années, de 1989 à 2001. Les résultats montrent que les ressources en poissons pélagiques semblent augmenter pendant la saison froide, où l'on observe une remontée d'eau froide riche en substances nutritives due à l'upwelling qui induit une turbulence et une baisse de la température en surface. L'augmentation des captures survient dans un contexte de refroidissement de la mer le long du littoral au cours de la période d'upwelling.

**Mots clefs:** Sénégal, variabilité, environnement physique, ressources pélagiques, vent, température de l'eau, séries chronologiques.

### Abstract

The variability of the physical environment (wind and temperature) on the abundance of pelagic resources is described according to catches by small scale fisheries in Senegal (West Africa). Environmental measurements were recorded *in situ* along the Senegal coast and from satellite observations. Five stations were considered in this work (Saint-Louis, Dakar Yoff, M'bour Fatick and Cape Skiring) in a period of 12 years, from 1989 to 2001. The results show that pelagic fish resources appear to increase during the cold season, where there is an upwelling of cold water rich in nutrients caused by the upwelling phenomenon that induces turbulence and a sharp drop in sea temperature surface. The increase in catches occurs in a cooling of sea waters along the coastline, during the well know local upwelling event.

**Keywords:** Senegal, variability, physical environment, pelagic resources, wind, sea temperature, time series.

### 1. Introduction

Les productions halieutiques représentent un apport économique très important pour le Sénégal, mais également une source protéinique indispensable pour les populations. Les ressources pélagiques, particulièrement sensibles aux conditions environnementales, sont soumises à l'influence hydrologique de la façade maritime sénégalaise qui est marquée par une variabilité spatio-temporelle à une échelle saisonnière et annuelle (Fréon, 1991; Cury et Roy, 1987). L'abondance des ressources en poissons pélagiques résulte notamment de la variabilité spatio-temporelle de l'environnement (Bakun, 1996; Fréon & Mendoza, 2003).

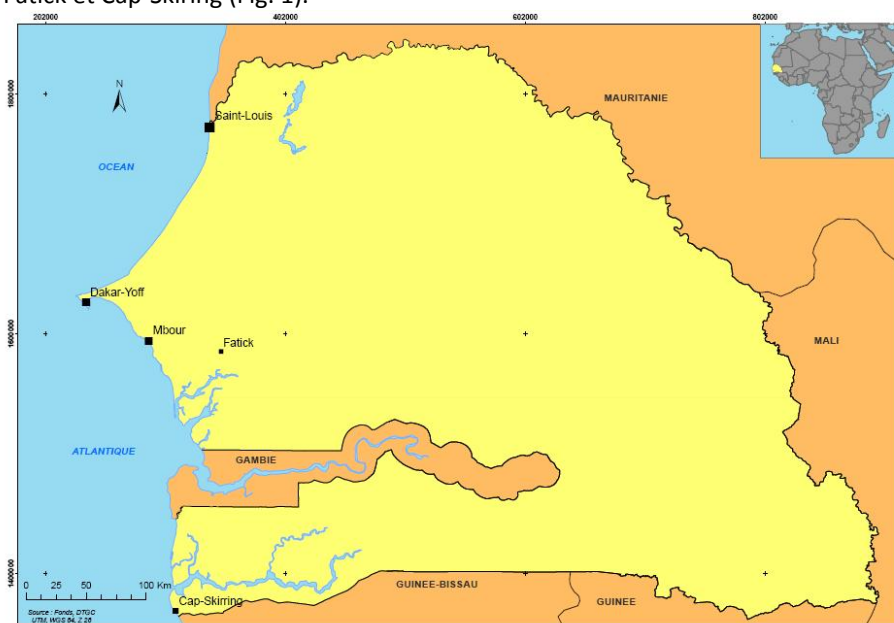
L'objectif de ce travail, est d'analyser la variabilité de l'environnement physique à travers deux variables: la température et la force du vent sur une série décennale. Enfin l'impact de cette variation sur la ressource est

pélagiques en Afrique de l'ouest il y a une vingtaine d'années (Fonteneau, 1991; Cury et Roy, 1987, 1988, 1991).

## 2. Matériels et Méthodes

Notre article rend compte de douze années de données récoltées et compilées de 1989 à 2001. Cette base de données est une synthèse pentadaire (5 jours successifs) de la température de surface de la mer (TSM) calculées à partir des données reçues par la Station METEOSAT de l'Unité de Traitement d'Image Satellitaire UTIS (ORSTOM, ISRA) du Centre de Recherche Océanographique de Dakar Thiaroye (CRODT), de données mesurées au niveau des stations côtières ou fournies par des navires marchands (Diverrès *et al.*, 2010). Nous avons également utilisé les données de vent en provenance de stations de la météorologie nationale sénégalaise (ANAMS, 2010). La TSM et le vent sont reconnus comme des paramètres environnementaux majeurs intervenant dans l'écologie des ressources pélagiques.

Par ailleurs, nous avons acquis des données de captures sur différents sites de débarquement de la pêche artisanale. Elles ont été recueillies à partir de documents statistiques (captures en tonnes) élaborés sur la base d'enquêtes de terrain réalisées auprès des pêcheurs. Cinq stations ont été choisies, à savoir Saint-Louis, Dakar-Yoff, M'bour, Fatick et Cap-Skiring (Fig. 1).



**Figure 1.** Carte des cinq stations utilisées au cours de notre étude au Sénégal (Afrique de l'ouest). La presqu'île de Dakar sépare la grande côte (Saint-Louis) au nord, de la petite côte (M'bour) au sud.

Ainsi pour chaque station, nous présentons un tableau statistique comparatif suivant deux périodes définies: de 1989 à 1995 et de 1996 à 2001, mise à part pour Fatick (de 1991 à 1995 et de 1996 à 2000) et Cap Skiring (de 1989 à 1994 et de 1995 à 1999) (Tables 1 à 8). Pour chaque paramètre, la moyenne les deux périodes est calculée. Ces moyennes sont ensuite comparées par le test de Student-Fischer. Enfin, une régression linéaire simple a été utilisée pour évaluer l'effet des facteurs environnementaux sur les ressources au niveau de deux stations: celle de Saint-Louis au nord de la grande côte, et de M'bour sur la petite côte sénégalaise (*i.e.* au sud de la presqu'île de Dakar; Fig. 1).

**Table 1.** Test de Student (11 degrés de liberté) appliqué à la différence de la température moyenne de surface de la mer à Saint-Louis entre les périodes 1989-1995 (moyenne 'moy1'; écart type 'Std1'; test de Student calculé 'Tcalc') et 1996-2001 (moyenne 'moy2'; écart type 'Std2'; test de Student calculé).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Moy1	24	26	27	28	29	30	28	30	30	30	28	25
Moy2	25	27	27	28	27	30	29	29	28	30	29	25
Std1	1,34	1,08	1,22	1,15	1,02	1,95	1,74	0,84	1,86	0,94	1,25	1,09
Std2	0,85	1,89	1,14	1,73	2,79	2,64	1,41	1,55	3,09	0,55	2,54	1,67
Tcalc	1,49	0,90	-0,32	-0,23	-1,30	-0,25	0,02	0,70	-1,37	-0,99	1,00	-0,09
P<0.05	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-



**Table 2.** Test de Student (11 degrés de liberté) appliqué à la différence de la température moyenne de surface de la mer à Dakar Yoff entre les périodes 1989-1995 (moyenne 'moy1'; écart type 'Std1'; test de Student calculé 'Tcalc') et 1996-2001 (moyenne 'moy2'; écart type 'Std2'; test de Student calculé).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Moy1	21	21	21	21	23	25	27	27	28	28	26	24
Moy2	22	22	22	22	23	26	28	28	28	28	27	25
Std1	1,27	0,71	1,13	0,68	0,66	0,71	0,57	0,33	0,36	0,61	1,55	0,96
Std2	1,28	1,49	1,38	0,61	0,58	0,63	0,36	0,65	0,27	0,73	1,09	0,89
Tcalc	0,71	1,80	1,54	2,78	2,13	2,87	2,00	0,72	0,83	1,37	1,95	1,61
P<0.05	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**Table 3.** Test de Student (11 degrés de liberté) appliqué à la différence de la température moyenne de surface de la mer à M'bour entre les périodes 1989-1995 (moyenne 'moy1'; écart type 'Std1'; test de Student calculé 'Tcalc') et 1996-2001 (moyenne 'moy2'; écart type 'Std2'; test de Student calculé).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Moy1	24	26	27	27	27	27	28	28	28	29	27	25
Moy2	26	27	28	27	27	28	28	29	28	28	28	26
Std1	1,00	0,61	0,91	0,71	1,52	0,82	0,35	0,84	0,94	0,62	0,98	1,35
Std2	0,61	1,00	1,41	1,04	1,32	0,40	0,81	0,37	1,00	1,45	0,80	0,46
Tcalc	3,50	2,70	1,11	-0,66	-0,39	1,64	0,28	1,62	-0,88	-0,57	1,01	2,00
P<0.05	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+

**Table 4.** Test de Student (11 degrés de liberté) appliqué à la différence de la température moyenne de surface de la mer à Fatick entre les périodes 1991-1995 (moyenne 'moy1'; écart type 'Std1'; test de Student calculé 'Tcalc') et 1996-2001 (moyenne 'moy2'; écart type 'Std2'; test de Student calculé).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Moy1	25	27	28	29	30	30	29	29	23	23	28	26
Moy2	26	28	29	30	30	30	29	29	29	29	28	21
Std1	1,0	0,6	0,6	0,8	0,8	0,4	0,4	0,6	12,7	13,1	0,3	0,7
Std2	1,0	1,4	0,6	1,1	0,9	0,3	0,5	0,5	0,3	0,8	0,8	11,6
Tcalc	1,2	1,5	1,6	0,9	1,3	1,1	0,3	-0,1	1,1	1,0	0,2	-1,0
P<0.05	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-

**Table 5.** Test de Student (9 degrés de liberté) appliqué à la différence de la température moyenne de surface de la mer à Cap-Skiring entre les périodes 1989-1994 (moyenne 'moy1'; écart type 'Std1'; test de Student calculé 'Tcalc') et 1995-1999 (moyenne 'moy2'; écart type 'Std2'; test de Student calculé).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Moy1	24	24	25	24	25	27	27	27	27	27	27	25
Moy2	25	25	25	24	26	28	28	27	27	28	27	25
Std1	0,6	0,3	0,7	0,5	0,6	0,5	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,5
Std2	0,9	1,1	1,5	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,7	0,3
Tcalc	2,2	1,8	0,4	0,9	4,6	2,6	3,0	1,5	2,2	3,1	2,0	2,6
P<0.05	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**Table 6.** Test de Student (11 degrés de liberté) appliqué à la différence de la vitesse moyenne du vent à Saint-Louis entre les périodes 1989-1995 (moyenne 'moy1'; écart type 'Std1'; test de Student calculé 'Tcalc') et 1996-2001 (moyenne 'moy2'; écart type 'Std2'; test de Student calculé).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Moy1	41	44	51	60	53	46	42	39	35	37	38	38
Moy2	40	45	50	54	53	46	44	38	35	36	31	34
Std1	5,9	4,5	2,64	9,8	7,16	5,3	5,5	3,48	3,02	3,9	6,4	8,61
Std2	2,5	4,7	5,51	4,2	6,25	3,4	11	9,13	8,09	9,6	3,1	1,95
Tcalc	-0,3	0,3	-0,2	-1,5	-0,2	0,0	0,3	-0,2	-0,1	-0,4	-2,5	-1,1
P<0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Table 7.** Test de Student (11 degrés de liberté) appliqué à la différence de la vitesse moyenne du vent à Dakar Yoff entre les périodes 1989-1995 (moyenne 'moy1'; écart type 'Std1'; test de Student calculé 'Tcalc') et 1996-2001 (moyenne 'moy2'; écart type 'Std2'; test de Student calculé).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Moy1	50	53	54	57	49	38	34	33	29	37	47	52
Moy2	49	47	52	52	45	35	33	31	29	32	38	46
Std1	6,8	11	9,07	12	8,81	7	6,9	5,92	5,7	6,8	12	9,14
Std2	3,9	4,9	7,14	4,8	9,81	5,2	2,9	2,66	4,27	1,8	3,9	6,66
Tcalc	-0,5	-1,3	-0,4	-1,0	-0,6	-0,9	-0,6	-0,6	0,2	-2,1	-1,9	-1,2
P<0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

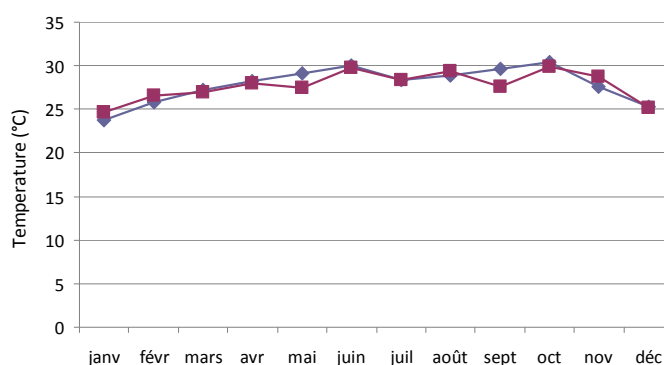
**Table 8.** Test de Student (11 degrés de liberté) appliqué à la différence de la vitesse moyenne du vent à M'bour entre les périodes 1989-1995 (moyenne 'moy1'; écart type 'Std1'; test de Student calculé 'Tcalc') et 1996-2001 (moyenne 'moy2'; écart type 'Std2'; test de Student calculé).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Moy1	42	37	33	29	24	23	21	17	16	18	25	33
Moy2	35	40	32	25	21	20	19	16	14	16	21	29
Std1	16	17	20,7	15	10,1	14	14	6,56	8,19	9,7	10	10,4
Std2	7,6	8,4	8,71	4	2,99	1,8	2,4	2,74	1,21	2,6	3,7	7,64
Tcalc	-1,1	0,4	0,0	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	-0,6	-0,5	-1,0	-0,6
P<0.05	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

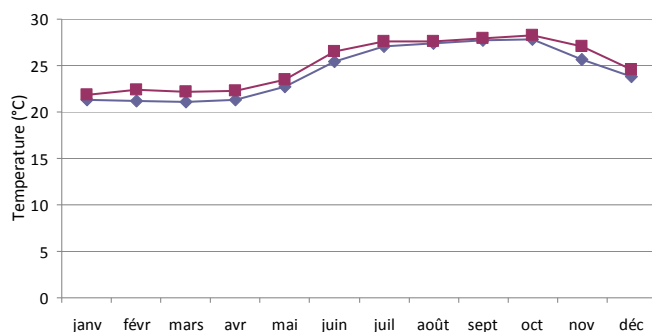
### 3. Résultats

#### 3.1. Variabilité de l'environnement: analyse comparative

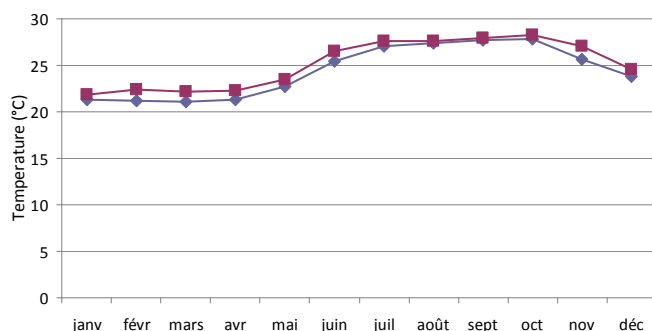
Pour chacune des stations considérées, les TSM ont été comparées sur deux périodes en testant la différence de leurs moyennes (Fig. 2 à 6). Les Tables 1 à 5 montrent l'évolution des TSM entre les deux périodes. A Saint-Louis, les températures ont baissé significativement ( $p < 0.05$ ) en janvier, février et en août durant la période de 1997 à 2001 (Fig. 2). En revanche, elles ont connu une hausse significative ( $p < 0.05$ ) en novembre sur la même période. Au niveau de Dakar-Yoff (Fig. 3) et Cap-Skiring (Fig. 6), la période 1997-2001 est caractérisée sur l'ensemble des mois, par une baisse significative de la température ( $p < 0.05$ ), comparativement à la période 1989-1996. Toutefois cette baisse n'est pas significative ( $p < 0.05$ ) en mars au niveau de Cap-Skiring. A M'bour (Fig. 4), on observe une baisse significative ( $p < 0.05$ ) des TSM, sauf pour les mois d'avril, mai, septembre et octobre. La même évolution est observée à Fatick avec une différence non significative ( $p < 0.05$ ) en juillet, août, novembre et décembre (Fig. 5).



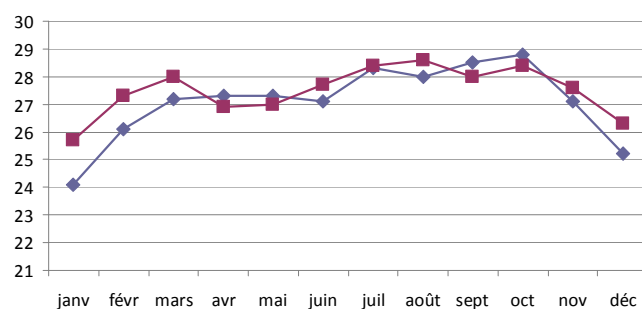
**Figure 2.** Variabilité mensuelle de la température moyenne de surface de la mer TSM à Saint-Louis 1989-1995 (losange) et de 1996-2001 (carré).



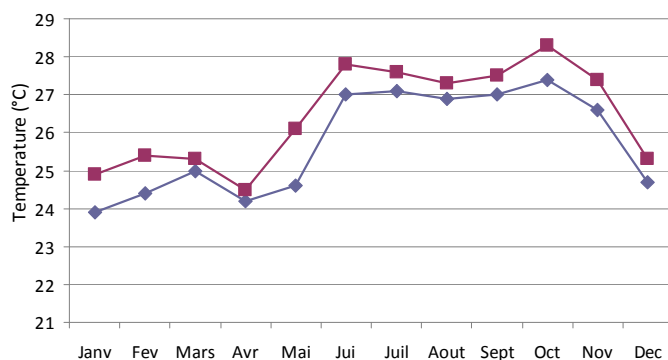
**Figure 3.** Variabilité mensuelle de la température moyenne de surface de la mer TSM à Dakar Yoff 1989-1995 (losange) et de 1996-2001 (carré).



**Figure 4.** Variabilité mensuelle de la température moyenne de surface de la mer TSM à M'bour de 1989-1995 (losange) et de 1996-2001 (carré).



**Figure 5.** Variabilité mensuelle de la température moyenne de surface de la mer TSM à Fatick de 1989-1995 (losange) et de 1996-2000 (carré).

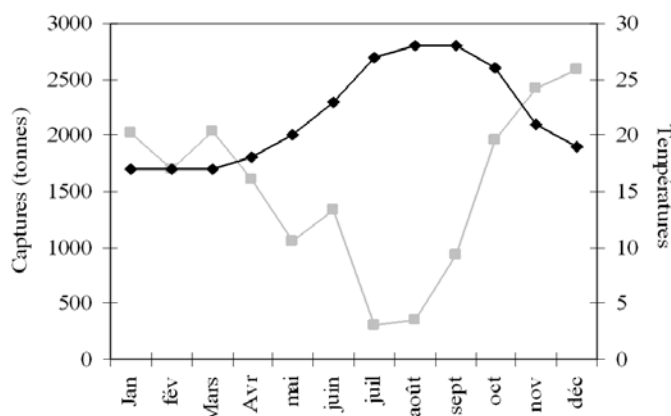


**Figure 6.** Variabilité mensuelle de la température moyenne de surface de la mer TSM à Cap Skiring de 1989-1994 (losange) et de 1995-1999 (carré).

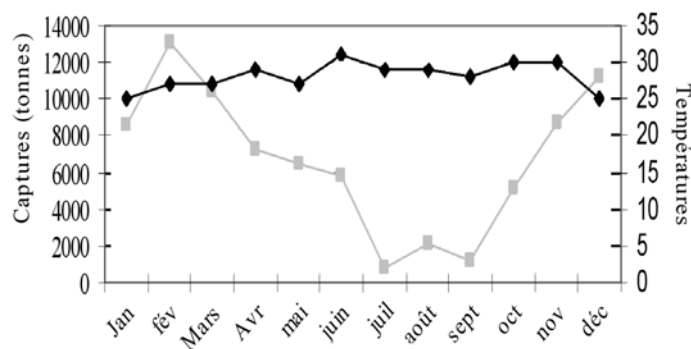
### 3.2. Impact du vent et des températures de surface sur les niveaux de débarquements des ressources pélagiques côtières

#### 3.2.1. Station côtière de Saint-Louis (1989-2000)

De novembre à mai, la zone de pêche de Saint-Louis se caractérise par une augmentation des captures. En revanche durant la saison froide, au mois de février, on observe une légère chute des captures de 318 tonnes, i.e. passant de 2025 à 1702 tonnes, ce qui correspond au moment où la température de surface de la mer baisse. Une très légère hausse se manifeste au mois de mars, atteignant 2037 tonnes. Le taux des captures diminue fortement jusqu'à 311 tonnes entre le mois de mai et celui de novembre qui correspond à un réchauffement des eaux. (Fig. 7). De 1997 à 2000 la tendance reste la même (Fig. 8).



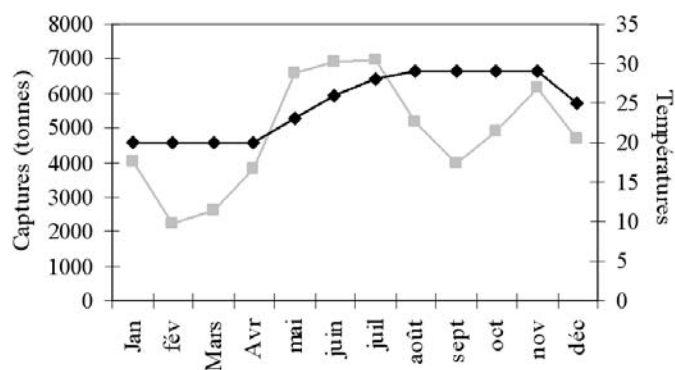
**Figure 7.** Variation saisonnière des captures (en tonne, symbole carré gris) moyennes de poissons pélagiques côtiers en fonction de la température (en degrés Celsius, symbole losange noire) moyenne de surface de la mer à Saint-Louis de 1989 à 1996.



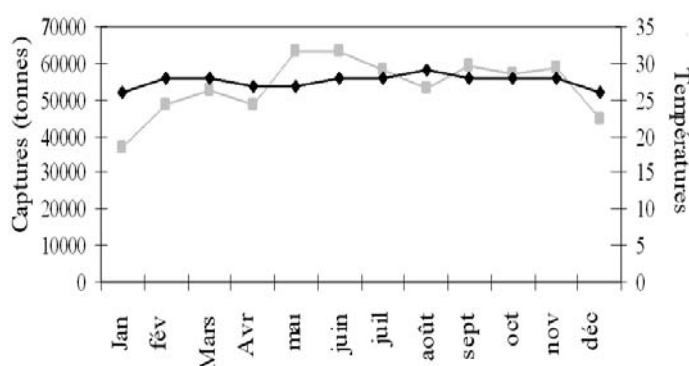
**Figure 8.** Variation saisonnière des captures (en tonne, symbole carré gris) moyennes de poissons pélagiques côtiers en fonction de la température (en degrés Celsius, symbole losange noire) moyenne de surface de la mer à Saint-Louis de 1997 à 2000.

#### 3.2.2. Station côtière de M'bour (1989-2000)

La station de M'bour (Fig. 9) reste particulière de 1989 à 1996, car les phénomènes observés diffèrent de ceux du site de Saint-Louis. Les taux de captures les plus faibles sont observés avec les températures les moins élevées. Les captures les plus importantes sont quant à elles enregistrées pendant la période de transition saison froide/saison chaude (mai-juin). Lorsque la température atteint 29 °C, correspondant au réchauffement des eaux, les captures diminuent momentanément pour ensuite augmenter de nouveau à partir du mois de septembre (température 28 °C). De 1997 à 2000 (Fig. 10), on observe à peu près les mêmes tendances.



**Figure 9.** Variation saisonnière des captures (en tonne, symbole carré gris) moyennes de poissons pélagiques côtiers en fonction de la température (en degrés Celsius, symbole losange noire) moyenne de surface de la mer à M'bour de 1989 à 1996.



**Figure 10.** Variation saisonnière des captures (en tonne, symbole carré gris) moyennes de poissons pélagiques côtiers en fonction de la température (en degrés Celsius, symbole losange noire) moyenne de surface de la mer à M'bour de 1997 à 2000.

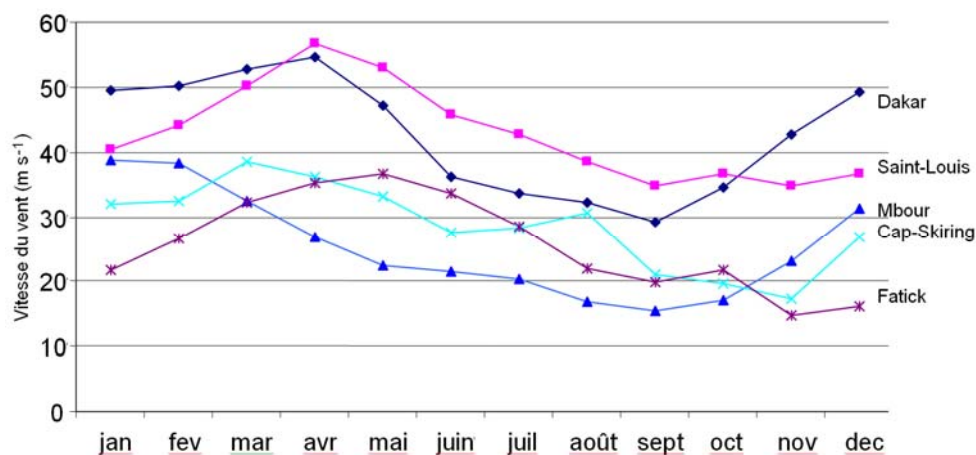
#### 4. Discussions

Le refroidissement observé en début d'année est favorable à une abondance des ressources, en effet la remontée des eaux froides (upwelling) est accompagnée de substances nutritives qui favorisent le développement du phytoplancton formant la base de la chaîne alimentaire. Des études ont été réalisées par différents auteurs sur la relation entre les fluctuations environnementales et l'abondance des ressources pélagiques en Afrique de l'ouest (e.g. Fonteneau, 1991, 1993; Cury & Roy, 1987, 1988, 1991; Kifani & Gohin, 1991; Belveze, 1991; Roy & Oudot, 1991); on note tant à l'échelle inter qu'intra-régionale une variabilité spatio-temporelle du niveau de production. Il ressort que pour la plupart de ces travaux, la variabilité de l'abondance locale des ressources constatée est liée à celle de leur environnement, sans tenir compte des variations de l'intégralité du stock (i.e. étude dans un cadre nationale) (Samb & Pauly, 2001).

L'analyse structurale de facteurs physiques indique la présence d'un upwelling sur le littoral sénégalais en saison froide (Rebert, 1983). La température pendant cette période est fortement corrélée à une résurgence d'eau froide profonde très riche en sels nutritifs dans les couches superficielles (Bakun, 1996). Ce phénomène actionné par le vent induit une augmentation de l'abondance de la biomasse phyto et zooplanctonique à la base de la chaîne alimentaire. C'est pendant cette période que les quantités de poissons pélagiques côtiers débarqués semblent être les plus importantes. Ces facteurs physiques varient toujours inversement à la température (Dème-Gningue *et al.*, 1990). Le réchauffement des eaux de surface est principalement déterminé par le rayonnement solaire, en retour le refroidissement par l'atmosphère va quant à lui dépendre de la force et la direction des vents (dans notre cas des Alizés) (Touré, 1983). C'est ainsi que la direction des vents parfois de forte intensité de novembre à mai (Alizés), plus irréguliers de juin à octobre (Harmattan) explique l'allure des courbes de températures sur l'ensemble des stations étudiées (Fig. 11). Les températures les plus faibles sont observées de novembre à mai (saison froide) et les plus fortes de juin à octobre (saison chaude). L'analyse

de ces paramètres et de la biomasse phytoplanctonique montre que notre écosystème marin est caractérisé par des variations spatio-temporelles assez marquées (Dème-Gningue *et al.*, 1990).

L'augmentation saisonnière des captures pourrait être associée au phénomène d'upwelling. Cette synchronie a été constatée le long du littoral sénégalais et plus généralement dans l'atlantique nord tropical oriental (Diouf, 1980). Cela démontre que l'upwelling est un facteur explicatif des fluctuations annuelles des captures, jouant sur l'accessibilité de la ressource par la flottille artisanale (Stretta, 1988). Les captures les plus importantes ont été obtenues à des températures supérieures ou égales à 22°C. Le caractère migratoire des espèces pélagiques est lié à l'environnement et aux caractéristiques biologiques et écologiques des espèces. Les migrations sont liées soit à l'alimentation soit à la reproduction (Fonteneau, 1991). L'écosystème avec ses interactions multiples est d'une complexité telle qu'il est souvent difficile de maîtriser les causes exactes des variations d'abondances des ressources pélagiques. Pour mieux gérer ces stocks, et comprendre leur dynamique, il est impératif d'approfondir nos connaissances sur l'écologie des espèces pélagiques exploitées.



**Figure 11.** Evolution de la vitesse moyenne annuelle du vent le long la côte sénégalaise pour les périodes de 1991-2001 aux stations de Cap-Skiring et Fatick et de 1989 à 2001 pour les stations de Dakar-Yoff, Saint-Louis et Mbour. La période des alizées, couplée avec l'apparition de l'upwelling, dure de novembre à mai au Sénégal.

Il faut remarquer que la capture annuelle d'une ressource marine ne représente pas un indicateur d'abondance de cette ressource. Les indicateurs habituellement utilisés sont les CPUE et /ou les biomasses obtenues par VPA (Virtual Population Analysis) comme le recrutement, la biomasse féconde ou la biomasse totale. En effet, la pêche se caractérise par de nombreuses sources de variabilité. La biodiversité est importante et de nombreuses espèces sont pêchées simultanément. L'espace exploité comme les techniques de pêche et « métiers » pratiqués sont nombreux et variés. Cependant les observations sur ces pêcheries montrent que ce sont toujours les mêmes bateaux qui pêchent avec le même engin les mêmes espèces cibles dans un secteur donné. Les bateaux comme les stocks sont structurés dans l'espace et le temps et cette structure se reproduit d'une année sur l'autre de façon plus ou moins bruitée (Com. Pers. Jean-Bernard Perodou).

De nombreux facteurs influencent le pouvoir de capture d'un engin de pêche. On peut citer la forme et les dimensions de l'engin, la taille des mailles dans le cas des filets, la forme et les mesures du gréement, la vitesse de pêche (Perodou, 1988), mais aussi comme facteurs externes à l'engin, la vitesse et la direction des courants, la nature des sédiments, la profondeur, l'heure du jour sans oublier le comportement du poisson qui dépend pour partie des conditions environnementales. Tous ces facteurs qui sont externes ou internes à l'engin, ou qui sont liés au comportement du poisson, ont un effet sur le coefficient de capturabilité, et donc sur le rendement de pêche. Autant de facteurs qui n'ont pas été pris en considération au sein de cette étude.

Par ailleurs, en pêche commerciale, les bateaux ne couvrent pas toute la surface de distribution des espèces. Ils exploitent seulement les secteurs réputés de forte abondance. De plus, la composition des espèces capturées dépend du choix des espèces cibles, du type d'engin utilisé et du territoire et de la saison de pêche. La combinaison de ces différents facteurs définit ce qu'il est convenu d'appeler un métier. C'est pourquoi il est nécessaire d'abord de définir les métiers pratiqués et de classer les bateaux dans ces différents métiers. A l'intérieur de chaque métier, le coefficient de capturabilité varie en fonction de plusieurs facteurs. Il dépend du bateau qui a fait la pêche, de la strate spatio-saisonnière où elle a eu lieu, et de la classe de taille à laquelle appartient le poisson considéré.

La solution adoptée à ce problème général devrait être de mesurer la variabilité du coefficient de capturabilité dans toutes les directions, relativement à une situation de référence dans le but d'obtenir un coefficient composite, qui soit annuellement reproductible. C'est à ces conditions qu'il est possible de dégager une série chronologique d'indices d'abondance et de tenter d'expliquer et de comprendre les variations d'abondance de la ressource en relation avec les facteurs environnementaux. A travers notre étude nous avons considéré uniquement les variations de débarquements brutes et comme facteurs environnementaux la TSM et le vent. Malencontreusement l'influence de certains facteurs ne peut être mesurée et certaines données comme l'effort n'étaient pas disponibles afin de pouvoir faire des analyses comparables de rendements.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé au sein de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal). Nous remercions tout particulièrement Jean-Bernard Perodou (Ifremer, Sète) pour ces conseils et son aide avisés.

## Références

- ANAMS, 2010. Agence Nationale de la Météorologie du Sénégal, <http://www.meteo-senegal.net/> (consulté sur la période 1989-2001).
- BAKUN, A. 1996. Patterns in the Ocean: Ocean processes and marine population dynamics. California Sea Grant College System, University of California, La Jolla. 323 pp.
- BELVEZE, H. 1991. Influence des facteurs hydroclimatiques sur la pêche marocaine de petits pélagiques côtiers : pp. 209-223. In : Pêcheries ouest-africaines. Variabilité, instabilité et changement. Cury, P., Roy, C. (eds), ORSTOM éditions, Paris.
- CURY, P., & ROY, C. 1987. Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtiers de Côte d'Ivoire : une approche globale. *Océanologica Acta*, 10(3), 347-357.
- CURY, P., & ROY, C. 1988. Migration saisonnière du thiof (*Epinephelus aeneus*) au Sénégal: Influence des upwellings sénégalais et mauritanien. *Océanologica Acta. Revue Européenne d'Océanologie*, 11(1), 25-36.
- CURY, P., & ROY, C. 1991. Pêcheries Ouest Africaines : variabilité, instabilité et changement. Orstom, Paris, 588 pp.
- DEME-GNINGUE, I., ROY, C., & TOURE, D. 1990. Variabilité spatio-temporelle de la température, des nitrates et de la chlorophylle devant les côtes du Sénégal. *Doc. Sci. CRODT*, 122, 1-21.
- DIOUF, T. 1980. Pêche et biologie de trois Scombridae exploités au Sénégal. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, spécialité Océanographie, mention Biologie, Université de Bretagne occidentale, 159 pp.
- DIVERRES, D., ALORY, G., DELCROIX, T., GOURIOU, Y., JACQUIN, S., MAES, C., MORROW, R., REVERDIN, G., ROUBAUD, F., TECHINE, P., VARILLON, D. 2010. Observation de la salinité de surface océanique à bord de navires d'opportunité. pp. 24-24. Atelier Expérimentation Instrumentation, Seatechweek, Quartz, Brest, France.
- FONTENEAU, A. 1991. Pélagiques côtiers, pélagiques hauturiers et fluctuations environnementales : quelques éléments de comparaison. pp. 311-318. In : Pêcheries ouest africaines, variabilités, instabilité et changements. Cury, P. & Roy, C. ORSTOM éditions, Paris
- FONTENEAU, A. 1993. Modélisation des migrations de sardinelles dans la région du Sénégal, pp. 229-295. In: Groupe de travail ad hoc sur les sardinelles et autres espèces de petits pélagiques côtiers de la zone nord du Copace. CRODT (Sénégal), Copace/Pace séries 91/58, FAO Rome, 293 pp.
- FRÉON, P. 1991. Seasonal and interannual variations of mean catch per set in the Senegalese sardine fishery: fish behaviour or fishing dynamic? In Long-term variability of pelagic fish populations and their environment, pp. 135-146. Ed. by T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba, and A. Taniguchi. Pergamon Press, Oxford. 402 pp.
- FRÉON, P., & MENDOZA, J. 2003. La sardina (*Sardinella aurita*); Su medio ambiente y su explotación en el Oriente de Venezuela. The sardine (*Sardinella aurita*), its environment and exploitation in Eastern Venezuela Colloques et séminaires, IRD, Paris, 549 pp.
- KIFANI, F. & GOHIN, F., 1991. Influence possible de la température sur les disponibilités locales et les déplacements de sardines du stock central marocain. pp. 278-289. In : Pêcheries ouest africaines, variabilités, instabilité et changements. Cury, P. & Roy, C. ORSTOM éditions, Paris.

- PERODOU, J.B. 1988. Analyse des puissances de pêche des chalutiers et des abondances apparentes des espèces de la pêcherie démersale de mer celtique. Rapport Ifremer, DRV - 88.004 - RH/Lorient, 69 pp.
- REBERT, J. P. 1983. Hydrologie et dynamique des eaux du plateau continental sénégalais. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye, CRODT, Sénégal, Doc. Sci., 89: 1-99.
- ROY, C., & OUDOT, C. 1991. La variabilité des relations nitrate-température et nitrate-phosphate dans l'upwelling sénégalais. In : Pêcheries ouest-africaines. Variabilité, instabilité et changement. Cury, P., Roy, C. (ed.), ORSTOM éditions, Paris, 173-184.
- STRETTA, J.M. 1988. Environnement et pêche thonière en atlantique tropical oriental : pp. 269-391: In : Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique Centre-Est. (Ed. Fonteneau, A. & Marcille), FAO Doc. Tech., 292, Rome.
- SAMB, B., & PAULY, D. 2001. On 'variability' as a sampling artefact: the case of *Sardinella* in north-western Africa. *Fish and Fisheries*, 1(2), 206-210.
- TOURE, D. 1983. Contribution à l'étude de l'upwelling de la baie de Gorée (Dakar-Sénégal) et de ses conséquences sur le développement de la biomasse phytoplanctonique. Doc. Sci. CRODT, 9



Research paper

## Prises accessoires des pêcheries crevettières profondes au Sénégal: variations nycthémerales et saisonnières des captures

Ndiaga THIAM<sup>1,\*</sup>, Massal FALL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ISRA/Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye, BP 2241, Dakar, Sénégal

\*Correspondance: Tél.: (+221) 76-485-58-94; Télécopie: (+221) 33-832-82-62. Courriel: [ndiagathiam@hotmail.com](mailto:ndiagathiam@hotmail.com) (N. THIAM)

Reçu le 08/06/2010; accepté le 02/08//2010; publié en ligne le 16/08/2010  
MS 080610-008

### Résumé

Les pêcheries mondiales de crevettes, peu sélectives, génèrent d'importants rejets, les prises accessoires, généralement composées de crustacés, poissons et mollusques de différentes classes de taille. Des embarquements mensuels de scientifiques ont été réalisés en 2009 à bord de crevettiers profonds de l'armement HISEPEC opérant dans la Zone Economique Exclusive du Sénégal. L'objectif était d'évaluer les proportions de crevettes (gambas *Parapenaeus longirostris* ciblées le jour, et alistado *Aristeus varidens* ciblées la nuit) et des espèces accessoires dans les prises. L'analyse des échantillons prélevés montre que la proportion moyenne des prises accessoires varie de 67 % en saison froide à 70 % en saison chaude pour la pêche diurne. Pour la pêche nocturne ces taux peuvent représenter jusqu'à 99 % des captures en saison froide contre 46 % en saison chaude. En période diurne, les principaux taxons dominants sont la brotule *Brotula barbata*, le plat-plat *Chlorophthalmus atlanticus* (valeur commerciale quasiment nulle), le saint-pierre argenté *Zenopsis conchifer* les merlus *Merluccius senegalensis* et *Merluccius polli* pour les poissons, les Munidae (non commercialisables) pour les crustacés. En période nocturne, les poissons démersaux représentés essentiellement par *Laemonema laureysi* (non commercialisables) et la lotte *Lophiodes kempfi* généralement conservée à bord occupent la première place devant les crustacés dominés par le crabe profond *Geryon maritae* tous deux commercialisables. Enfin il faut noter l'absence de céphalopodes et de pélagiques dans les prises accessoires.

**Mots clefs:** Pêcheries crevettières profondes, prises accessoires, Sénégal, *Parapenaeus longirostris*, *Aristeus varidens*.

### Abstract

The world shrimp fishery which is not selective, generate huge losses after catches of crustaceans, mollusks and fish of all size classes. Monthly landing records have been made in 2009 on-board of the deep-water shrimp vessel (HISEPEC, Senegal and Spain Fishing Company) operating in the Exclusive Economic Zone (EEZ) of Senegal. The objective was to study the share of shrimps (gamba: *Parapenaeus longirostris*, targeted the day and alistado: *Aristeus varidens*, targeted the night) and the proportion of by-catch in catches. The Analysis of samples shows that the average proportion of by-catch varies from 67 % in cold season, to 70 % in hot season for diurnal fishing operation. While during the night fishing period these rates may represent up to 99 % of catches in cold season, against 46 % in hot season. In the day fishing period, the main dominant species are *Brotula barbata*, *Chlorophthalmus atlanticus* (commercial value close to zero), *Zenopsis conchifer* and hakes *Merluccius senegalensis* and *Merluccius polli* for fish, Munidae (no commercial value) for crustaceans. In night fishing period, bottom fishes mainly represented by *Laemonema laureysi* (no commercial value) and burbot *Lophiodes kempfi* generally kept on-board, occupy the first place in front of selfish dominated by the deep crab *Geryon maritae* both having interesting commercial value. Lastly there is no pelagic and cephalopod observed in the by-catch.

**Keywords:** Deep shrimp fisheries, By-catch, Senegal, *Parapenaeus longirostris*, *Aristeus varidens*.

## 1. Introduction

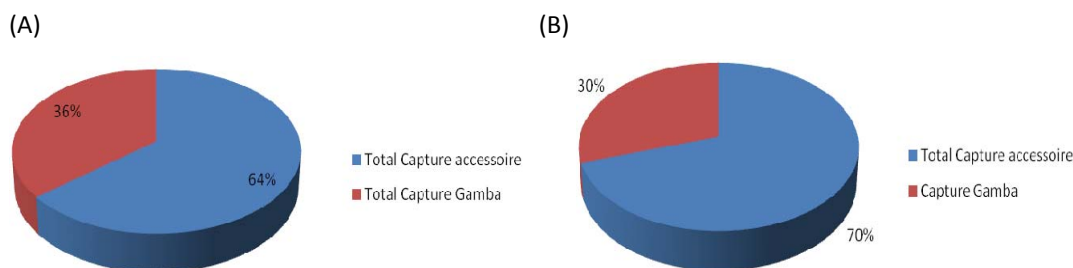
Les ressources démersales profondes du Sénégal comptent de nombreuses espèces de crustacés, poissons et mollusques marins. Ces espèces vivent à des profondeurs moyennes comprises entre 150 et 1000 m où elles sont quasi exclusivement exploitées par des crevettiers, merlutiers et quelques rares crabiers. Les crevettiers recherchent essentiellement la gamba *Parapenaeus longirostris* et l'alistado *Aristeus varidens*. L'exploitation de ces crevettes profondes a débuté vers les années 1960. Jusqu'en 1981, elle était exclusivement le fait de navires de la flotte espagnole. En 1982, dans le cadre de la promotion des industries locales, des navires espagnols ont pris le pavillon sénégalais donnant ainsi naissance à une flottille chalutière nationale pour les ressources crevettières profondes. De 1982 à 2006, une flottille nationale et une flottille européenne (principalement espagnole) régies par un accord de pêche, ont coexisté dans les eaux sénégalaises. En 2006, l'accord de pêche avec l'Union européenne a pris fin. L'intégralité de la flottille chalutière profonde est alors passée sous pavillon sénégalais. Suivant la distribution bathymétrique des crevettes profondes, la flottille crevettière opère aussi bien sur le plateau que sur le talus continental. La faune associée à ces espèces cibles, abondante et variée, constitue les captures accessoires. Au cours de ce travail, nous avons déterminé la composition spécifique de ces prises accessoires et estimé leur importance relative afin d'évaluer l'impact de cette pêcherie sur l'écosystème (Diamond *et al.*, 2000). La connaissance du niveau des prises accessoires est importante dans la gestion des pêcheries à l'intérieur des Zones Economiques Exclusives. Son évaluation permet d'affiner les potentiels exploitables en tenant compte des quantités prélevées sur les stocks non ciblés. Par ailleurs, dans le cadre de la gestion écosystémique des pêcheries il est nécessaire de connaître la composition et les quantités des prises accessoires générées par ce type d'activité haliéutique.

## 2. Matériels et Méthodes

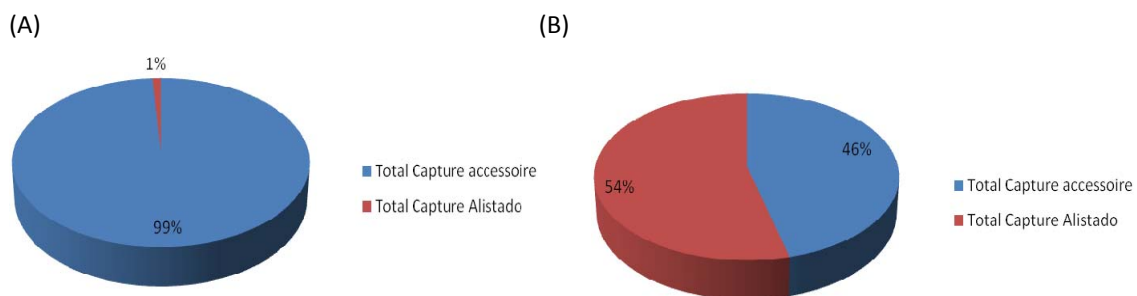
Les données analysées ont été collectées en mer par les scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT) embarquant à bord des crevettiers profonds de l'armement Hispano-sénégalais 'HISEPEC'. Quatre embarquements de scientifiques ont été effectués en saison froide et trois en saison chaude, d'une durée d'une dizaine de jours sur une période de 12 mois de janvier à décembre 2009. L'échantillonnage a concerné les zones centre et nord de la ZEE sénégalaise où les espèces cibles sont plus abondantes (Fall & Thiam, 2010) et où pêchent généralement les crevettiers profonds sénégalais (Thiam, 2009). Pour chaque trait échantillonné, un sur deux, un volume correspondant à au moins 15 % des prises totales est prélevé, trié par espèces comptabilisé et pesé. L'effort de pêche durant les embarquements était variable, les traits effectués ont varié de 33 à 52 en saison froide et de 37 à 59 en saison chaude.

## 3. Résultats

Les prises accessoires de la pêcherie crevettière profonde sont importantes. Elles constituent 64 % des captures totales en pêche diurne au cours de la saison froide ciblant la gamba *P. longirostris* (Figure 1A). Ces prises indésirables peuvent représenter jusqu'à 70 % des captures totales en saison chaude (Figure 1B). En pêche nocturne ciblant l'alistado, les crevettiers profonds peuvent engendrer jusqu'à 99 % de prises accessoires dans les captures totales en saison froide (Figure 2A). En revanche en saison chaude, les prises accessoires diminuent significativement pour atteindre 46 % des captures (Figure 2B). On observe que la pêcherie crevettière diurne et nocturne capture respectivement, en moyenne, environ 33 % et 27 % d'espèces cibles soit une proportion de prises accessoires d'environ 67 % et 72 % (Figure 3A). Quelque soit le type de pêche (diurne ou nocturne), les poissons démersaux totalisent le plus grand pourcentage, suivis de loin par les crustacés surtout en pêche diurne ciblant la gamba où la part des démersaux peut être dix fois celle des crustacés (Figure 3A).

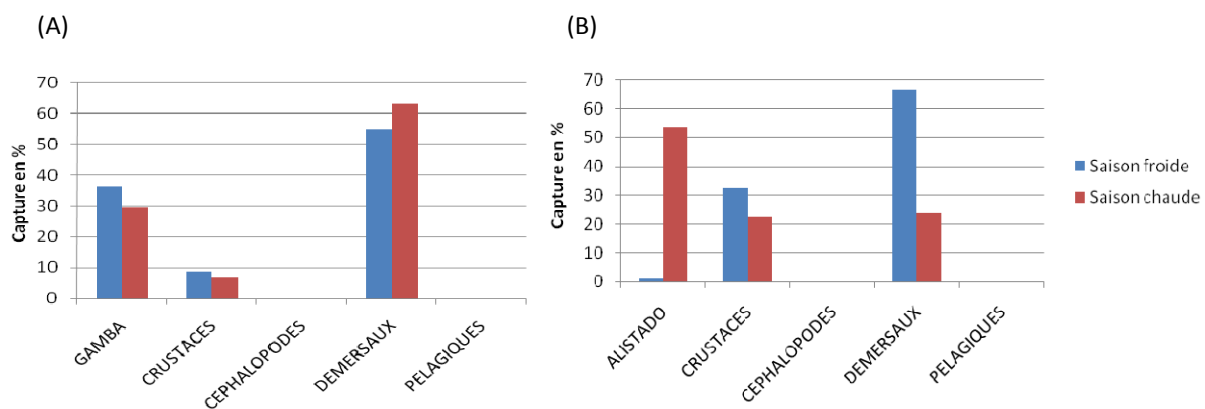


**Figure 1.** (A) Proportions des captures (prises accessoires et d'espèce cible la gamba *Parapenaeus longirostris*) au cours des périodes de pêche diurne en saison froide et (B) en saison chaude.



**Figure 2.** (A) Proportions des captures (prises accessoires et d'espèce cible alistado *Alisteus varidens*) au cours des périodes de pêche nocturne en saison froide, (B) en saison chaude.

En pêche diurne, au sein des démersaux prédominent la brotule *Brotula barbata* (20,5 % des captures totales en saison froide contre 4 % en saison chaude), le *Chlorophthalmus atlanticus* (14 % contre 21 %), le saint-pierre *Zenopsis conchifer* (7 % contre 27 %) et le merlu du Sénégal *Merluccius senegalensis* (5 % contre 6 %). Il faut noter que les deux premières espèces, qui sont les plus abondantes, ne sont pas commercialisables et les deux dernières le sont, ce qui représente 22 % pour les espèces commercialisables et 30 % pour les espèces non commerciales. Quant aux crustacés, on note la prédominance des Munidae qui représentent 7 % des captures en saison froide et 6 % en saison chaude ; il faut noter que cette famille n'est pas commercialisable. En pêche nocturne ciblant l'alistado, les poissons démersaux sont représentés essentiellement par *Laemonema laureysi* (39 % des captures totales en saison froide contre 10 % en saison chaude) qui n'est pas commercialisable (rejeté en mer) et *Lophiodes kempfi* (18 % contre 4 %) généralement conservé à bord, car ayant une forte valeur commerciale (Figure 3B).



**Figure 3.** Composition spécifique des captures des crevettiers profonds en saison froide et en saison chaude lorsque l'espèce cible est (A) la gamba *Parapenaeus longirostris*, et (B) lorsque que c'est le cas de l'alistado *Aristeus varidens*.

Les crustacés occupent la deuxième place dans les prises accessoires avec la prédominance du crabe profond *Geryon maritae* qui compte jusqu'à 27 % des captures totales en saison froide. Alors qu'en saison chaude le pourcentage des poissons démersaux et des crustacés est assez similaire (Figure 3B). Au sein de ces derniers, le crabe profond est le plus abondant avec 21 % des captures totales. Il faut souligner que ce crustacé a une valeur commerciale significative. Enfin, quelque soit la période de pêche (nocturne, diurne) ou la saison (froide ou chaude), la pêcherie crevettière profonde ne capture pas, ou très peu, de céphalopodes ou de pélagiques (Figures 3AB).

#### 4. Discussions

Un crevettier profond sénégalais pratique deux types de pêche : une pêche diurne ciblant la gamba *P. longirostris* et une pêche nocturne ciblant l'alistado *A. varidens*. En saison froide, l'accent est surtout mis sur la pêche diurne. Par contre, en saison chaude, c'est l'alistado qui est recherché. Cette variation dans la pêcherie crevettière profonde s'explique essentiellement par des raisons commerciales mais également par des raisons liées à la biologie des espèces ciblées. En effet, la saison froide correspond à la période de reproduction de la gamba qui s'effectue entre les isobathes 200 et 300 m c'est-à-dire sur le rebord du plateau continental (Garcia, 1985 ; Burukovsky *et al.*, 1989). Ainsi, les individus, surtout les adultes, qui vivaient à des profondeurs

supérieures à 200 m vont effectuer une migration pour se concentrer sur le rebord du plateau continental. De ce fait la pêche à la gamba est plus productive pendant cette saison où la demande est également plus forte. En revanche, en saison chaude, la pêcherie cible généralement l'alistado, suivant la demande du marché.

Pour la pêche à la gamba, les prises accessoires constituent entre 64 % (saison froide) et 70 % (saison chaude) des captures totales; ce qui donne un rapport entre prises accessoires/crevette gamba noté 'Pa/Cg' variant de 2 à 2,3. Ces résultats se rapprochent de ceux de Siebenaler (1952) réalisés en zone subtropicale (Tortugas) où Pa/Cg = 2, de Compton (1962) réalisés en zone tropicale (Texas) où Pa/Cg varie de 1 à 4, de Bryan (1980) réalisés sur la même zone où Pa/Cg varie de 1.5 à 3 et de ceux de Large Soto (1981) réalisés en basse Californie où le rapport Pa/Cg varie de 2 à 3.5. En Mauritanie, des études ont montré un rapport Pa/Cg plus important variant entre 7 et 8 (Diop, 1995). Cependant, en ce qui concerne la composition spécifique, nos résultats sont en concordance avec les observations de Diop (1995). En effet, les poissons démersaux profonds constitueraient la plus grande partie des prises accessoires des crevettiers profonds sénégalais et mauritaniens ciblant la gamba. Etant donné que la Mauritanie et le Sénégal sont deux pays côtiers voisins ayant les mêmes pratiques de pêche et le même type de stocks de gamba (COPACE, 2003; 2007), on peut supposer que la forte différence observée sur le rapport Pa/Cg s'expliquerait par une amélioration de la sélectivité du chalut à crevette profonde (Isaken *et al.*, 1992) au cours des dernières années.

En considérant la pêche nocturne ciblant l'alistado *A. varidens*, en saison chaude, les prises accessoires peuvent atteindre 46 % soit un rapport entre prises accessoires/crevette alistado, noté Pa/Ca, égal à 1. En saison froide, la fausse pêche peut atteindre 99 % des captures. Ceci s'expliquerait par une faible abondance en crevette alistado en saison froide. Cette crevette profonde serait plus abondante en saison chaude, ou tout au moins, plus disponible à la pêche. De plus pour des raisons commerciales, cette espèce est surtout recherchée en saison chaude.

En pêche diurne et nocturne, les poissons démersaux prédominent dans les captures accessoires des crevettiers profonds, suivis par les crustacés. Au sein de ces deux groupes zoologiques, on note la prédominance des espèces qui n'ont aucune valeur commerciale et qui sont directement rejetées en mer. Il s'agit de la brotule *Brotula barbata*, du plat-plat *Chlorophthalmus atlanticus*, *Laemonema laureysi* et des Munidae. Cependant, au sein de ces captures accessoires figurent également des espèces qui étant commercialisables telles que le saint-pierre *Zenopsis conchifer*, le merlu du Sénégal *Merluccius senegalensis*, la lotte *Lophiodes kempfi* et le crabe rouge profond *Geryon maritae*. Remarquons que pour ces espèces, seuls les individus de grande taille sont concernés; ceux de petite taille, sans valeur marchande, sont systématiquement rejetés en mer. L'impact de ces rejets est à prendre en considération dans le cadre de la gestion écosystémique des pêcheries. L'évolution des rapports Pa/Cg et Pa/Ca nous apparaissent être de potentiels indicateurs révélateur de perturbations dans l'écosystème où opère la pêcherie crevettière sénégalaise; nous recommandons par conséquent de poursuivre ce type d'investigation.

## Références

- 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.
- BUROKOVSKY, R.N., ROMANESKY, L.L., & CHERNYCHKOV, P.P. 1989. Crevettes de la zone économique de la République Islamique de Mauritanie (distribution et biologie des espèces massives). Résultats des campagnes du N/O Strelnya et du N/O Atlantida (11/1987, 01/1988, 08-09/1988.) Rapp. AtlantNIRO, Kalinigrad, 14 pp.
- COMPTON, H. 1962. Survey of the commercial shrimps and associated organisms of Gulf Area 20. Texas Game Fish. Comm. Mar. Fich. Div. Repts. 1960-1961, 19 pp.
- COPACE, 2003. Rapport du groupe de travail sur les merlus et les crevettes d'eaux profondes dans la zone nord du COPACE. Conakry, Guinée, Serie 06/67, 357 pp.
- COPACE, 2007. Rapport du groupe de travail sur les merlus et les crevettes d'eaux profondes dans la zone nord du COPACE. Banjul, Gambie, 283 pp. *sous presse*
- DIAMOND, S.L., COWELL, L.G., & CROWDER, L.B. 2000. Population effects of shrimp trawl bycatch on Atlantic croaker. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(10), 2010-2021.

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.

FALL, M., & THIAM, N. 2009. Rapport des campagnes d'évaluation des ressources démersales profondes du Sénégal. Document interne Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye, Dakar, 35 pp.

ISAKSEN, B., VALDEMARSEN, J.W., LARSEN, R.B., KARLSEN, L. 1992. Reduction of fish by-catch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly. *Fisheries Research*, 13(3), 335-352.

LARGE-SOTO, J.C. 1981. Integration approaches of the shrimp fishery. *Univ. Auton. Baja Calif. Sur.*, 5, 47 pp.

SIEBENALER, J.B. 1952. Studies of «Trash» caught by shrimp trawlers in Florida. *Proc. Gulf Carib. Fish. Ins.*, 4th Annual Session: 94-99.

THIAM, N. 2010. Rapport d'étape 2 de l'échantillonnage biologique à bord des crevettiers profonds sénégalais. Document interne du CRODT/DPM/AFD, 24 pp.

## Sommaire

*Journal des Sciences Halieutique et Aquatique, 1, Juin 2010*

**Patrice Brehmer**

Editorial

02-02

**Amine AMAR, et Zine El abidine GUENNOUN**

*Mise en place d'une procédure statistique pour la sélection des modèles en halieutique*

03-15

**Nardjess BENAMAR, Mohammed BOUDERBALA, et Zitouni BOUTIBA**

*Evaluation de la concentration en cadmium sur un poisson pélagique commun *Sardinella aurita*, dans la baie d'Oran.*

16-20

**Ibrahima SOW, et Jean GUILLARD**

*Suivi par hydroacoustique du peuplement piscicole d'une Aire Marine Protégée du Sine-Saloum (Sénégal): bilan 2003-2007*

21-31

**Daniel GAERTNER, et Pierre CHAVANCE**

*Réflexion sur les grands défis scientifiques dans le domaine de la pêche thonière tropicale*

32-37

**Youssouph Diatta, Mbaye Diop, et Amadou Ka**

*Effet de la variabilité de l'environnement physique, température et vent, sur l'abondance des ressources pélagiques au Sénégal (1989-2001)*

38-47

**Ndiaga THIAM, et Massal FALL**

*Prises accessoires des pêcheries crevettières profondes au Sénégal: 3 variations nycthémérale et saisonnière des captures*

48-52