

**THEME 3: Methods and models for assessing
small pelagic fish stocks/Methodes et modeles
pour l'évaluation des stocks de petits poissons
pelagiques**

**ABSTRACTS/RÉSUMÉS –
ORAL PRESENTATIONS/PRÉSENTATIONS ORALES**

Diagnoses of the state of exploitation of the stocks of small pelagics in Senegal by the analysis of the size frequencies: case of sardinella

Diagnostics de l'état d'exploitation des stocks de petits pélagiques côtiers au Sénégal par
l'analyse des fréquences de taille: cas des sardinelles

F. Ngom Sow and B. Samb

Centre de Recherches Océanographiques Dakar Thiaroye (CRODT)
BP 2241, Dakar, Sénégal
famngom@yahoo.com

ABSTRACT

This paper presents the results of the application of the method of assessment of stock by use of length based on sustainable indicators of species adopted in the INCOFISH project. It concerns the stocks of round sardinella (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1874) and flat sardinella (*Sardinella maderensis* Lowe, 1838). Two types of data have been used, data from the Senegalese artisanal fishery landings during the 1990–2005 period and the data collected by the R/V DR. FRIDTJOF NANSEN from 1995 to 2005.

The methodology used in this study is that proposed by Froese (2004). It consists in analysing three simple sustainable indicators in order to deduct some diagnoses on the state of exploitation of the stock. These indicators are:

- the percentage of mature fish in catch with 100 percent as target;
- the percentage of fish with the optimal size with 100 percent as target;
- the percentage of megaspawners, measured as percentage of old, large fish in the catch. The goal is to catch none (0 percent) of the size larger than optimum length plus 10 percent.

The analyses have shown that the stock of round sardinella is in a state of overfishing. There is a predominance of the juvenile in the catch and most fish captured have not reached their optimal size where the maximal yield could be obtained (growth overfishing). On the other hand the stock of flat sardinella presents a situation of full exploitation. The entire results obtained have shown that the sustainable indicators of fishing can constitute good tools able to replace or to complete the traditional assessments of stocks. They can also allow all actors of fishing including the public to fight against overfishing and to have a better understanding of the fisheries management.

Keywords: sustainable indicators, size at first maturity, optimum size, longevity, small pelagics, overfishing, sustainable fishing, artisanal fishery, Senegal

RÉSUMÉ

Ce travail présente les résultats de l'application de la méthode d'évaluation de stocks par l'analyse des indicateurs durables basés sur les données de fréquences de taille de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1874) et de la sardinelle plate *Sardinella maderensis* Lowe, 1838). Deux catégories de données ont été utilisées, celles des débarquements de la pêche artisanale sénégalaise de 1990 à 2005 et de celles du navire océanographique N/R DR FRIDTJOF NANSEN de 1995 à 2005.

La méthodologie qui a été utilisée dans ce travail est celle proposée par Froese (2004). Elle consiste à analyser trois indicateurs durables afin d'en déduire des diagnostics sur l'état d'exploitation des stocks. Ces indicateurs sont:

- le pourcentage de poissons matures dans les captures avec 100 pour cent comme cible;
- le pourcentage de poissons à la taille optimale dans les captures avec 100 pour cent comme cible;
- le pourcentage des supers reproducteurs est la fraction des poissons âgés dans les captures, c'est-à-dire les poissons de taille plus grande que la taille optimale plus 10 pour cent.

Les analyses ont montré que le stock de sardinelle ronde est en état de surexploitation. Il y a une prédominance des juvéniles dans les captures et la plupart des poissons capturés n'ont pas atteint leur taille optimale à laquelle le rendement maximal peut être obtenu. L'évolution des différents indicateurs suggère que le stock de sardinelle ronde est surexploité. En revanche le stock de sardinelle plate présente une situation de pleine exploitation.

L'ensemble des résultats a montré que les indicateurs durables de pêche peuvent constituer de bons outils pouvant remplacer ou compléter les évaluations traditionnelles des stocks. Ils peuvent également permettre à tous les acteurs de la pêche de lutter contre la surpêche et d'avoir une meilleure compréhension de la gestion des pêcheries.

Mots clés: indicateurs durables, taille de première maturité, taille optimale, longévité, petits pélagiques côtiers, surexploitation, pêche durable, pêche artisanale, Sénégal

Periodic, spatially structured matrix model for the study of sardine (*Sardina pilchardus*) population dynamics in the Moroccan Atlantic coasts

Modèle matriciel périodique, spatialement structuré pour l'étude de la dynamique des populations de sardine (*Sardina pilchardus*) sur les côtes atlantiques marocaines

M. Serghini¹, A. Boutayeb², P. Auger³, N. Charouki⁴, A. Ramzi⁴ and O. Ettahiri⁴

¹Centre Régional de Recherche Halieutique, B.P. 493, Nador, Maroc

Serghini2002@yahoo.com

²Université Mohammed I^{er}, Département de Mathématique, Faculté des Science, Oujda, Maroc

³IRD UR079 GEODES, Unité de Recherches en Modélisation Mathématique et Informatique des Systèmes Complexes Naturels et Sociaux, Bondy, France

⁴Institut national de recherche halieutique (INRH)

2, Rue Tiznit, Casablanca, Maroc

ABSTRACT

We consider a mathematical modeling of a size-structured periodic matrix of *Sardina pilchardus* using a two-stage model that represents immature and mature fish, in three regions (Cape Boujdor-Cape Juby, Cape Juby-Cape Ghir and Cape Ghir-Cape Cantin) and two seasons (autumn-winter and spring-summer). Two phenomena are involved: the migration dynamic and the demographic process. We used data collected in the Central Atlantic area of Morocco, extending from Cape Cantin (32°30') to Cape Boujdor (26°), during acoustic surveys carried out onboard the Norwegian R/V DR. FRIDTJOF NANSEN during the period 2001–2003. Six acoustic surveys were used: three surveys in the autumn-winter (aw) season and three in the spring-summer (ss) season. We first study the asymptotic behaviour of the model by means of the dominant eigenvalue of the projection matrix evaluated at equilibrium. Then, using perturbation approach, we study the growth rate sensitivity to changes in vital rates that affect the population dynamics. Finally, we elaborate control functions using the sensitivity analysis to project the recovery of future stocks.

Keywords: matrix population models, eigenvalues, multiregional models, seasonality, sensitivity

RÉSUMÉ

Ce travail consiste en l'étude d'un modèle matriciel qui analyse la population de *Sardina pilchardus* en deux classes d'âge: mature et immature, trois régions (Cap Boujdor-Cap Juby, Cap Juby-Cap Ghir et Cap Ghir-Cap Cantin) et deux saisons (automne hiver et printemps été). Deux phénomènes sont combinés: la dynamique de la migration et le processus démographique. On a utilisé des données collectées dans la région centrale atlantique marocaine, s'étendant du Cap Cantin (32°30') au Cap Boujdor (26°), durant des campagnes acoustiques effectuées à bord du navire de recherche norvégien DR. FRIDTJOF NANSEN pendant la période 2001-2003. Six campagnes acoustiques sont utilisées: trois campagnes pendant la saison hiver-automne et trois campagnes pendant la saison printemps-été. A priori, on a étudié le comportement asymptotique du modèle en utilisant la valeur propre dominante de la matrice de projection. Ensuite, on a utilisé l'approche de perturbation pour étudier la sensibilité de taux de croissance aux changements des différents paramètres qui affectent la dynamique de

population. Enfin, on a élaboré des fonctions de contrôle en utilisant l'analyse de sensibilité pour présenter quelques scénarios de pêche, qui analysent l'évolution de la population.

Mots clés: modèles matriciels de population, valeurs propres, modèles multirégionaux, saisonnalité, sensibilité

Transport and pre-recruitment of sardine and anchovy ichthyoplankton in the Canary upwelling system: an individual-based modelling approach

Transport et pré-recrutement de l'ichtyoplancton de la sardine et de l'anchois dans le système d'upwelling des Canaries: une approche fondée sur l'individu

A. Ramzi

Institut national des recherches halieutiques
2 rue Tiznit, Casablanca, Maroc
az_ramzi@yahoo.fr

ABSTRACT

An age structured population dynamics model for sardine off the Moroccan Atlantic coast is presented. The model focuses essentially on the larval phase which is composed of two stages: endogenous and exogenous stages called respectively S1 and S2.

The entrance in stage S2, herewith called pre-recruitment, is characterized by yolk resorption and mouth opening. At the beginning of stage S2, there is a critical period when larvae have consumed their vitelline reserves but are not yet able to move enough in quest of food.

The recruitment in the juvenile phase occurs when the larva reaches a threshold size related to a certain amount of food it has to ingest during the whole stage S2. Larval mortality and feeding are density-dependent. A function $\omega(t,X)$ is introduced to take implicitly into account the impact of environmental and hydrographical conditions variability (upwelling, enrichment, retention, etc.) on pre-recruitment.

Finally, we present some simulations results from IBM (Individual Based Models) coupled to a 3D hydrodynamic model ROMS (Regional Oceanographic Modelling System) used to quantify the pre-recruitment of small pelagic fishes (namely sardine and anchovy).

RÉSUMÉ

Dans ce travail, nous présentons un modèle de dynamique de population structuré par âge de la sardine de la côte atlantique marocaine. Le modèle porte essentiellement sur la phase larvaire qui se compose de deux stades: le stade endogène (passif) et le stade exogène (actif) et qui sont dénommés respectivement S1 et S2.

L'entrée au stade S2, appelé ici pré-recrutement, est caractérisée par la résorption du sac vitellin et l'ouverture de la bouche de la larve. Au début de l'étape S2, il y a une période critique quand les larves ont consommé leurs réserves vitellines et qu'elles ne sont pas encore capables de nager en quête de la nourriture.

Le recrutement dans la phase juvénile se produit quand la larve a atteint une taille seuil liée à une certaine quantité de nourriture qu'elle doit ingérer au cours du stade S2. La mortalité des larves et leur nourriture sont densité-dépendantes. Une fonction $\omega(t, X)$ est incluse dans le modèle pour prendre en

compte de façon implicite l'impact de la variabilité environnementale et hydrographique (upwelling, enrichissement, etc.) sur le pré-recrutement.

A la fin, nous présentons des résultats de quelques simulations d'un modèle IBM (Individual Based Models) couplé à un modèle hydrodynamique 3D (ROMS: Regional Oceanographic Modelling System) pour estimer le pré-recrutement des petits poissons pélagiques (la sardine et l'anchois)

The advantage of incorporating explicitly predation mortality in stock assessment of small pelagic species

L'avantage d'incorporer explicitement la mortalité par prédation dans l'évaluation des stocks de petits pélagiques

H. Moustahfid*, W.J. Overholtz and J.S. Link

NOAA Fisheries Service, Northeast Fisheries Science Center
166 Water St Woods Hole, Massachusetts 02543, United States of America
Hassan.Moustahfid@noaa.gov

ABSTRACT

Recently there has been considerable interest in incorporating ecosystem considerations into traditional stock assessment models. The ultimate motivation for developing this approach is to provide more refined and appropriate advice for fisheries management. Predation is one of the ecosystem components that plays an important role in shaping the population dynamics of many pelagic species. In this paper, we illustrate examples of how when predation is incorporated into standard stock assessment can change our perception of assessment advice. The results from these studies show that the models which did not account for predation mortality underestimate stock biomass, underestimate recruitment and overestimate forecasts of fishery yield. Incorporating ecosystem considerations into stock assessment models has the advantage of improving stock assessment outputs while simultaneously detecting and parsing out the impact of predation on small pelagic species. Understanding the importance of predation can provide additional information to fisheries managers when determining management policies for small pelagic fishes.

Keywords: predation, stock assessment, pelagic fishes

RÉSUMÉ

Récemment il y a eu un intérêt considérable pour incorporer les considérations écosystémiques dans les modèles traditionnels d'évaluation des stocks. La motivation ultime pour développer cette approche est de fournir un conseil plus approprié pour la gestion des pêches. La prédation est l'un des composants d'écosystème qui joue un rôle important agissant directement sur la dynamique des populations des petits pélagiques. Dans cet article, nous illustrons des exemples qui montrent que lorsque la mortalité par prédation est incorporée à l'évaluation des stocks, notre perception du conseil pour la gestion des pêches peut changer. Les résultats obtenus de ces études prouvent que les modèles qui n'ont pas tenu compte de la mortalité par prédation sous-estiment la biomasse du stock ainsi que le recrutement et surestiment les prévisions du rendement de pêche. L'incorporation des considérations écosystémiques dans les modèles d'évaluation des stocks a certainement l'avantage d'améliorer les évaluations des stocks tout en détectant simultanément l'impact de la prédation sur les petits pélagiques. La compréhension de l'importance de la prédation peut fournir des informations complémentaires aux directeurs de pêche pour déterminer les politiques de gestion pour les petits poissons pélagiques.

Mots clés: prédation, évaluation des stocks, petits poissons pélagiques

Modelling the environment of *Sardina pilchardus* over the Saharan bank to investigate the collapse of the stock in 1997

Modelling de l'environnement de *Sardina pilchardus* sur le banc du Sahara pour étudier la chute du stock en 1997

E. Machu², O. Ettahiri¹, A. Makaoui¹, S. Kifani¹ and H. Demarcq

¹INRH, 2 rue de Tiznit Casablanca 20000, Maroc

²Eric.machu@ird.fr

ABSTRACT

Acoustic estimations of sardine biomass are annually conducted along the Moroccan coast since 1994 within the Nansen programme. The interannual variability of this biomass is characterized by a dramatic decline of the sardine stock in 1997 with an estimated biomass falling from more than 5 million tonnes in 1996 to less than half million tonnes. After rejecting the overfishing hypothesis, we investigated the environmental factors that could explain the variability of the sardine biomass. A biogeochemical model coupled to a hydrodynamical model (ROMS) is run over the Canary Upwelling System from 1991 to 2002. A grid refinement ($1/12^\circ$; 7–8 km resolution) of the southern part of the Moroccan coast is built in order to study the main spawning ground of *Sardina pilchardus* located on the shelf between Cape Boujdour and Cape Blanc. The volume of spawning, the hydrodynamic conditions and the plankton biomass, which are critical to the fate of eggs and larvae, are studied. The potential spawning habitat is defined from biological and hydrological data collected during the period 1994–1999.

The bottom-up control of small pelagic fish in upwelling ecosystems is usually considered to occur through the plankton communities. Our results suggest that the sardine stock of southern Moroccan waters is partly controlled by the environment but weakly *via* the plankton communities. During the eight years overlap of acoustic estimates (1995–2002), the bottom-up control of the sardine biomass seems to act *via* the volume of the spawning ground which shortcut the influence of the lower trophic levels on the small pelagic fish.

Keywords: *Sardina pilchardus*, potential spawning habitat, hydrodynamic modelling, Canary upwelling, bottom-up control

RÉSUMÉ

Dans le cadre du Programme Nansen, des estimations acoustiques de biomasse de sardine sont menées annuellement le long des côtes marocaines depuis 1994. La variabilité interannuelle de la biomasse résultante est marquée par une chute dramatique du stock de sardine en 1997, cette biomasse étant passée de plus de 5 millions de tonnes en 1996 à moins d'un demi-million de tonnes. Après avoir rejeté l'hypothèse de surpêche, nous avons étudié les conditions environnementales qui pouvaient expliquer la variabilité de la biomasse de sardine. Un modèle biogéochimique couplé à un modèle hydrodynamique (ROMS) a tourné sur la région de l'upwelling des Canaries de 1991 à 2002. Un raffinement de la grille ($1/12^\circ$; 7-8 km de résolution) de la partie sud de la côte marocaine est construit dans le but d'étudier la zone principale de ponte de l'espèce *Sardina pilchardus* située sur le plateau continental entre Cap Boujdour et Cap Blanc. Le volume favorable à la ponte, les conditions hydrodynamiques et la biomasse de plancton, ensemble de facteurs critiques à la survie des oeufs et

larves, sont étudiés dans cette présentation. L'habitat favorable de ponte est défini à partir des données biologiques et hydrologiques collectées sur la période 1994-1999.

Dans les écosystèmes d'upwelling, le contrôle «bottom-up» des petits poissons pélagiques est généralement considéré se produire à travers les communautés de plancton. Nos résultats suggèrent que le stock de sardine des eaux de la partie sud-marocaine sont partiellement contrôlés par l'environnement mais faiblement via les communautés de plancton. Au cours des huit années communes entre la simulation et l'évaluation acoustique, le contrôle «bottom-up» de la biomasse de sardine semble se produire à travers le volume favorable à la ponte sur le talus continental qui court-circuite l'influence des trophiques à bas niveaux sur les petits pélagiques.

Mots clés: *Sardina pilchardus*, zones de ponte potentielles, modèle hydrodynamique, upwelling des Canaries, contrôle «bottom-up»