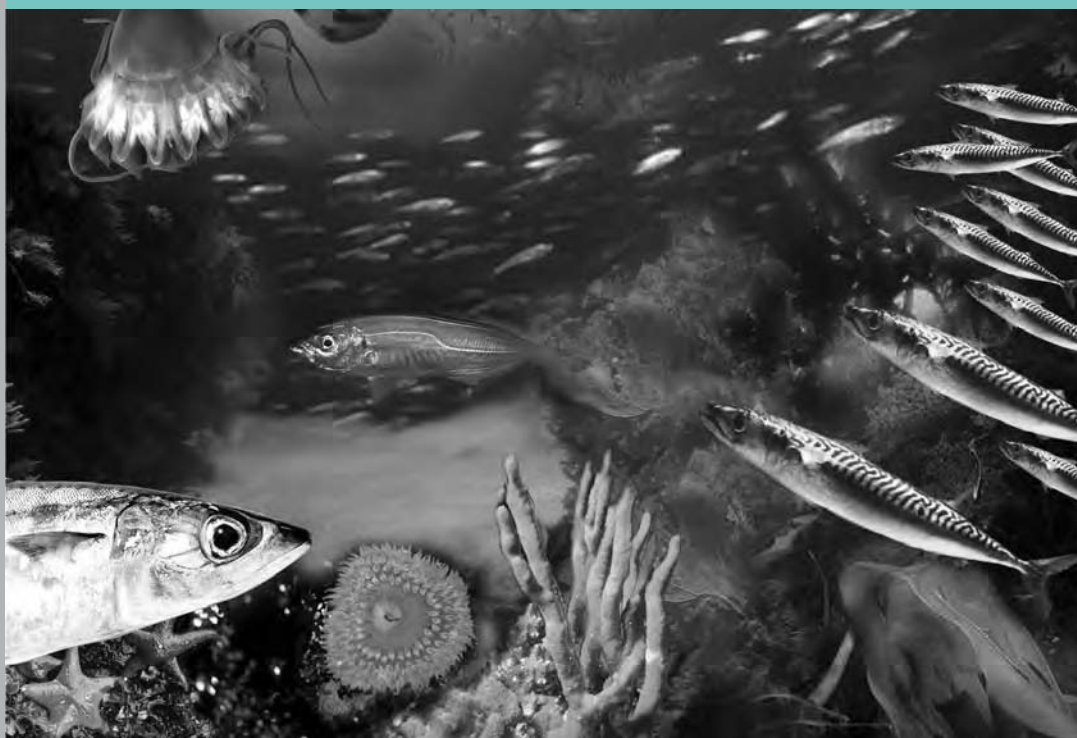


Science and management of small pelagics/ Science et aménagement des petits pélagiques

Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic
Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa/Symposium sur la
science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques
sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale

11–14 March/mars 2008
Casablanca, Morocco/Maroc



Cover illustration: Emanuela D'Antoni

Copies of FAO publications can be requested from

SALES AND MARKETING GROUP
Publishing Policy and Support Branch
Office of Knowledge Exchange, Research and Extension
FAO, Viale delle Terme di Caracalla 00153 Rome, Italy

E-mail: publications-sales@fao.org

Fax: +39 06 57053360

Web site: www.fao.org/icalog/inter-e.htm

Science and Management of Small Pelagics/ Science et aménagement des petits pélagiques

Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa/Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale

11–14 March/mars 2008

Casablanca, Morocco/Maroc

Edited by/Édité par

Serge Garcia

Consultant

Rome, Italy/Italie

Merete Tandstad

Fishery Resources Officer/Fonctionnaire des pêches

Marine and Inland Fisheries Service/Service de la pêche marine et continentale

Fisheries and Aquaculture Resources Use and Conservation Division/Division de l'utilisation et de la conservation des ressources des pêches et de l'aquaculture

FAO Fisheries and Aquaculture Department/Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO

Rome, Italy/Italie

Ana Maria Caramelo

Consultant

Lisbon/Lisbonne, Portugal

The designations employed and the presentation of material in this information product do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) concerning the legal or development status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. The mention of specific companies or products of manufacturers, whether or not these have been patented, does not imply that these have been endorsed or recommended by FAO in preference to others of a similar nature that are not mentioned.

The views expressed in this information product are those of the authors and do not necessarily reflect the views of FAO.

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de la FAO.

ISBN 978-92-5-007104-6

All rights reserved. FAO encourages reproduction and dissemination of material in this information product. Non-commercial uses will be authorized free of charge, upon request. Reproduction for resale or other commercial purposes, including educational purposes, may incur fees. Applications for permission to reproduce or disseminate FAO copyright materials, and all queries concerning rights and licences, should be addressed by e-mail to copyright@fao.org or to the Chief, Publishing Policy and Support Branch, Office of Knowledge Exchange, Research and Extension, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy.

Tous droits réservés. La FAO encourage la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Les utilisations à des fins non commerciales seront autorisées à titre gracieux sur demande. La reproduction pour la revente ou à d'autres fins commerciales, y compris à des fins didactiques, pourra être soumise à des frais. Les demandes d'autorisation de reproduction ou de diffusion de matériel dont les droits d'auteur sont détenus par la FAO et toute autre requête concernant les droits et les licences sont à adresser par courriel à l'adresse copyright@fao.org ou au Chef de la Sous-Division des politiques et de l'appui en matière de publications, Bureau de l'échange des connaissances, de la recherche et de la vulgarisation, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie.



Preparation of this document

The Symposium “Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa” took place in Casablanca, Morocco from 11 to 14 March 2008. It aimed to provide a forum for presentation and discussion of a wide range of topics relevant to the study of small pelagics, their ecosystem and their fisheries management. The Symposium was split into four main sessions: resources and exploitation - biology and ecology of main resources and status of fisheries; dynamics and variability of pelagic fish populations and environmental influences; methods and models for assessing small pelagic fish stocks; and management of fisheries on shared resources. The Symposium ended with a general discussion aiming to identify specific problems to address as well as providing recommendations on ways forward.

The expected outcome of the Symposium was that it would contribute to: the synthesis of existing information; an evaluation of the potential use of this information for shared stocks fisheries management; and the provision of examples and suggestions for possible models and mechanisms for such management.

The Symposium was attended by around 100 participants; 43 oral presentations and 30 posters were presented.

The Symposium was organized as the closing activity of the project “International Cooperation with the Nansen Programme. Fisheries Management and Marine Environment” (GCP/INT/730/NOR) and was cofinanced by the National Fisheries Research Institute (INRH) of Morocco, which was responsible for the local arrangements. These Proceedings present a summary of the various sessions as well as the outcomes of the general discussion. They also provide scientifically reviewed papers and many of the papers in support of posters presented at the Symposium (non-scientifically reviewed). The papers and posters are available at www.smallpelagics2008.org.

Final technical editing was done by Serge Garcia, Merete Tandstad and Ana Maria Caramelo. We are grateful to Marie-Thérèse Magnan, who was responsible for the major task of organizing and preparing the various papers for publication in the Proceedings.

Préparation de ce document

Le Symposium «Science et défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques des stocks partagés en Afrique nord-occidentale» s'est tenu à Casablanca, au Maroc, du 11 au 14 mars 2008. Il avait pour but de fournir un forum pour la présentation et la discussion d'une grande diversité de sujets pertinents pour l'étude des petits pélagiques, de leur écosystème et de leur aménagement. Le Symposium a été divisé en quatre sessions principales: (1) Ressources et exploitation – Biologie et écologie des principales ressources et état des pêcheries; (2) Dynamique et variabilité des populations de poissons pélagiques et influences de l'environnement; (3) Méthodes et modèles pour l'évaluation des stocks de petits poissons pélagiques; et (4) Aménagement des ressources partagées. Le symposium s'est achevé par une discussion générale qui visait à identifier des problèmes spécifiques à régler et à formuler des recommandations sur les voies à suivre.

Les résultats attendus du Symposium étaient des contributions pour: la synthèse des informations existantes; une évaluation de l'utilisation possible de cette information dans le cadre de l'aménagement des pêcheries de stocks partagés; et la fourniture d'exemples et de suggestions de modèles et de mécanismes possibles dans le cadre de l'aménagement.

Cent personnes environ ont participé au Symposium. Un total de 43 interventions orales et 30 posters y ont été présentés.

Le Symposium a été organisé en tant qu'activité de clôture du projet «Coopération internationale avec le Programme Nansen. Aménagement des pêches et de l'environnement marin» (GCP/INT/730/NOR) et a été cofinancé par l'Institut national de recherche halieutique (INRH) du Maroc, qui a été responsable de l'organisation locale. Ces comptes rendus présentent un résumé des différentes sessions ainsi que les résultats de la discussion générale. Ils fournissent également des documents révisés scientifiquement et de nombreux documents à l'appui des posters présentés lors du Symposium (non révisés scientifiquement). Les documents et les posters sont disponibles à l'adresse www.smallpelagics2008.org.

La révision finale technique a été réalisée par Serge Garcia, Merete Tandstad et Ana Maria Caramelo. Nous sommes reconnaissants à Marie-Thérèse Magnan qui était responsable de l'organisation et de la préparation des divers documents pour leur publication dans les Comptes rendus.

Abstract

The Symposium “Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa” took place in Casablanca, Morocco, from 11 to 14 March 2008. It was attended by around 100 participants. Forty-three oral presentations and 30 posters were presented. The Symposium was split into four main sessions: resources and exploitation–biology and ecology of main resources and status of fisheries; dynamics and variability of pelagic fish populations and environmental influences; methods and models for assessing small pelagic fish stocks; and management of fisheries on shared resources. The Symposium ended with a general discussion aiming to identify specific problems to address as well as providing recommendations on ways forward. These Proceedings present a summary of the various sessions as well as on the outcomes of the discussion. They also provide scientifically reviewed papers and many of the papers in support of posters presented at the Symposium (non-scientifically reviewed). The papers and posters are available at www.smallpelagics2008.org.

Garcia, S.; Tandstad, M.; and Caramelo, A.M.; eds.

Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc.

FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture. No. 18. Rome, FAO. 2012. 606 pp.

Includes a CD-ROM.

Résumé

Le Symposium «Science et défi de l'aménagement des stocks partagés de petits pélagiques en Afrique nord-occidentale» s'est tenu à Casablanca, Maroc du 11 au 14 mars 2008. Cent personnes y ont participé. Un total de 43 interventions orales et 30 posters y ont été présentés. Le Symposium a été divisé en quatre sessions principales: (1) Ressources et exploitation – Biologie et écologie des principales ressources et état des pêcheries; (2) Dynamique et variabilité des populations de poissons pélagiques et influences de l'environnement; (3) Méthodes et modèles pour l'évaluation des stocks de petits poissons pélagiques; et (4) Aménagement des ressources partagées. Le symposium s'est clôturé par une discussion générale qui visait à identifier des problèmes spécifiques à régler et à formuler des recommandations sur les voies à suivre. Ces Comptes rendus présentent un résumé des différentes sessions ainsi que les résultats de la discussion. Ils fournissent également des documents révisés scientifiquement et de nombreux documents à l'appui des posters présentés lors du Symposium (non révisés scientifiquement). Les documents et les posters sont disponibles à l'adresse www.smallpelagics2008.org.

Garcia, S.; Tandstad, M.; and Caramelo, A.M.; eds.

Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc.

FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture. No. 18. Rome, FAO. 2012. 606 pp.

Contient un CD-ROM.

Preface

The marine waters off Northwest Africa, from Morocco in the north to the southern region of Senegal, are among the richest in the world. The marine waters off Northwest Africa are very productive because of the active upwelling that takes place at different intensities along the coast and supports important fish resources. Fisheries have an important social and economic role in the countries of the region, contributing to food, employment and income. The fishery sector contributes on average to more than 4.3 percent of the gross domestic product (GDP) of these countries, or in the case of Mauritania as much as 6–7 percent.

Some main species of small pelagics constitute the bulk of the landings, with annual catches ranging from around 1.7 to around 2.5 million tonnes over the last decade. These species include sardine (*Sardina pilchardus*), sardinella (*Sardinella aurita* and *Sardinella maderensis*), horse mackerel (*Trachurus trecae*, *Trachurus trachurus* and *Caranx rhonchus*), chub mackerel (*Scomber japonicus*) and bonga shad (*Ethmalosa fimbriata*).

Several countries share these highly productive pelagic stocks, which migrate along the Northwest African coast where they are exploited by the artisanal and industrial sectors including local fleets as well as foreign fishing vessels from Europe and Asia. The industrial subsector involves the use of purse seiners and trawlers, mostly foreign vessels operating through fishing agreements, while the artisanal subsector is carried out with motorized and non-motorized canoes using different types of fishing gear. The pelagic stock abundance is also highly sensitive to changes in hydroclimatic conditions. The shared nature of the resources, the multiple “users” and potential variability add further challenges to their fisheries management.

The above issues have been the focus of the activities of the FAO Project “International Cooperation with the Nansen Programme. Fisheries Management and Marine Environment” (Nansen Project GCP/INT/730/NOR) since its inception. The project was funded by the Norwegian Agency for Development Cooperation (NORAD) and implemented by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in close collaboration with the Norwegian Institute of Marine Research (IMR) and the fisheries administrations in the partner countries.

The Symposium represented the closing activity of this project and aimed to provide a forum for presentation and discussion of a wide range of topics relevant to the study of small pelagics, their ecosystem and their fisheries management. As such it strived to bring together all the experience and lessons learned from the region and beyond, both through the Nansen Project and other relevant projects as well as other national and regional activities.

The four days of the Symposium were split into four main sessions covering different main themes:

- resources and exploitation—biology and ecology of main resources and status of fisheries;
- dynamics and variability of pelagic fish populations and environmental influences;
- methods and models for assessing small pelagic fish stocks;
- management of fisheries on shared resources.

The first two days of the Symposium were more science-oriented, whereas the other two days were devoted to discussions on management options, general debate and conclusions.

These Proceedings are subdivided into several sections. One section contains a summary of the main sessions of the Symposium as well as recommendations for future actions. This is followed by three sections: the first containing selected peer-reviewed paper contributions of oral presentations; the second presenting non-peer-reviewed paper contributions in support of posters presented at the Symposium (the contributions being edited for language and form only); and thirdly bilingual abstracts of the other

presentations and posters presented at the meeting are provided. The scientifically reviewed papers were reviewed by a minimum two reviewers in addition to the review by the Chair of the Scientific Committee, Mr Garcia.

The hard work of both the Scientific Committee and the organizing committees in the preparation and follow-up work on the Symposium is greatly acknowledged, and a complete list of the members is shown below.

Scientific Committee

- Serge Garcia (Chair), FAO, Rome, Italy (Consultant)
- Abdelatif Berraho, INRH, Morocco
- Mariama Barry, CRODT, Senegal
- Mamoudou Aliou Dia, IMROP, Mauritania
- Reidar Toresen, IMR, Norway
- Eduardo Balguerías, IEO, Spain
- Tore Strømme, IMR, Norway
- Pedro Comte de Barros, University of Algarve, Portugal
- Souad Kifani, INRH, Morocco
- Ana Maria Caramelo, FAO, Rome, Italy (Consultant)
- Merete Tandstad, FAO, Rome, Italy

Organizing committee

- Abdelatif Berraho (Chair), INRH, Morocco
- Serge Garcia, FAO, Rome, Italy
- Salah Ben Cherifi, INRH, Morocco
- Birane Samb, CRODT, Senegal
- Asberr Mendy, DoF, The Gambia
- Mahfoud Ould Taleb Sidi, IMROP, Mauritania
- Ad Corten, The Netherlands
- Ana Maria Caramelo, FAO, Rome, Italy
- Merete Tandstad, FAO, Rome, Italy

Local Committee

- Salah Ben Cherifi, INRH, Morocco
- Abdelfattah Assabir, INRH, Morocco

The organizing committees were responsible for the conceptualization, the “marketing” of the Symposium, and for ensuring appropriate participation. Particular thanks are also due to the local organizing committee and the hard-working Secretariat provided by the “Institut de recherches halieutiques” (INRH) of Morocco and supported by Marie-Thérèse Magnan from FAO. In particular, we are grateful for all the assistance provided from the members of the Scientific Committee in the selection of the many contributions and for their participation and contribution in to the review process. Special thanks go to the Chair of that Committee, Serge Garcia, who coordinated the review of the oral presentations, reviewed all of the contributions provided and maintained contact with the reviewers and authors, and to Ana Maria Caramelo for her contributions throughout the whole process and her inputs in both the technical editing and final review of the various contributions.

The way ahead

The Symposium has contributed to building an overview of the information and knowledge available for use in the management of shared stocks and fisheries. The management of shared fish stocks stands as one of the greatest challenges on the way

towards achieving long-term sustainable fisheries. Properly managed, these stocks could potentially make significant socio-economic and cultural contributions to human well-being. In this respect, all countries should take initiatives to:

- develop stable and robust research and management approaches;
- develop institutional/administrative arrangements to implement the management decisions, including a multidisciplinary Working Group.

It is important to develop initiatives at both the national and regional levels in parallel. The regional level is needed to mobilize political will and to motivate and assist those countries needing help to proceed.

Since the Symposium, several “old” activities have continued and new activities have been initiated, relevant to the management of small pelagics in the Northwest African region, and the countries continue to strive for improved cooperation at the different levels of cooperation of these important resources.

A summary of the findings of the Symposium was also presented to the 19th session of the Fishery Committee for the Eastern Central Atlantic (CECAF) for comments and review. The CECAF was invited to comment upon the relevance and importance of the outcomes of the Symposium, and advise on priority actions by scientists, decision-makers and industry to promote shared stocks agreement, acting at the national or subregional levels.

The organization of the Symposium was possible only through the support of the Government of Norway, through the Nansen Project and through the generous support from the Government of Morocco.

Its completion was also only possible through the enthusiastic participation and contributions from scientists and managers working towards improved knowledge and management of the small pelagic stocks in Northwest Africa. Final thanks go to all of you who contributed with your knowledge and wisdom.

Merete Tandstad

Fisheries Resources Officer

Marine and Inland Fisheries Service

Fisheries and Aquaculture Resources Use and Conservation Division

FAO Fisheries and Aquaculture Department

Rome, Italy

Préface

Les eaux marines au large de l'Afrique nord-occidentale, du nord du Maroc au sud du Sénégal, sont parmi les plus riches au monde. Elles sont très productives en raison d'un upwelling actif, mené à différentes intensités le long de la côte, et elles soutiennent d'importantes ressources halieutiques. Les pêcheries jouent un rôle social et économique important dans les pays de la région contribuant à l'alimentation, l'emploi et le revenu. Le secteur de la pêche contribue en moyenne à plus de 4,3 pour cent du produit intérieur brut (PIB) de ces pays et à environ 6-7 pour cent en Mauritanie.

Certaines espèces principales de petits pélagiques constituent la majeure partie des débarquements avec des captures annuelles d'environ 1,7 à 2,5 millions de tonnes au cours de la dernière décennie. Ces espèces incluent la sardine (*Sardina pilchardus*), les sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*), les chinchards (*Trachurus trecae*, *Trachurus trachurus* et *Caranx rhonchus*), le maquereau (*Scomber japonicus*) et l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*).

Plusieurs pays partagent ces stocks pélagiques très productifs qui migrent le long de la côte de l'Afrique nord-occidentale où ils sont exploités par le secteur artisanal et le secteur industriel composé de flottilles locales et de bateaux de pêche étrangers venant d'Europe et d'Asie. Le sous-secteur industriel associe l'utilisation de senneurs et de chalutiers. Il s'agit principalement de navires étrangers qui opèrent dans le cadre des accords de pêche. Dans le sous-secteur artisanal, on utilise des pirogues motorisées et non motorisées avec différents types de matériel de pêche. L'abondance du stock pélagique est également extrêmement sensible aux changements des conditions hydro-climatiques. La nature partagée des ressources, les «utilisateurs» multiples et la variabilité potentielle ajoutent d'autres défis à l'aménagement des pêcheries.

Les questions ci-dessus ont été au centre des activités du projet de la FAO «Coopération internationale avec le Programme Nansen. Aménagement des pêches et environnement marin» (Projet Nansen GCP/INT/730/NOR) depuis sa création. Le projet a été financé par l'Agence norvégienne de coopération pour le développement (NORAD) et mis en œuvre par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en étroite collaboration avec l'Institut norvégien de recherche marine (IMR) et les administrations de la pêche des pays partenaires.

Les quatre jours du symposium ont été divisés en quatre sessions principales portant sur différents thèmes principaux:

- ressources et exploitation: Biologie et écologie des ressources principales et de l'état des pêcheries;
- dynamique et variabilité des populations de poissons pélagiques et influences de l'environnement;
- méthodes et modèles pour l'évaluation des stocks de petits poissons pélagiques;
- aménagement des ressources partagées.

Les deux premières journées du Symposium ont été plus orientées sur la science, alors que les deux autres journées ont été consacrées à des discussions sur les options d'aménagement, à un débat et des conclusions générales.

Ces Comptes rendus sont sous-divisés en plusieurs sections. Une section contient un résumé des principales sessions du Symposium ainsi que des recommandations pour de futures actions. Celle-ci est suivie par trois sections, la première contenant les documents révisés des présentations orales, la deuxième présentant des documents révisés en complément aux posters présentés au Symposium (les contributions étant modifiées pour la langue et la forme uniquement) et, troisièmement, des résumés

bilingues des autres présentations et posters présentés lors de la réunion ont été fournis. Les documents révisés scientifiquement ont été examinés par au moins deux réviseurs, en plus de la révision par le Président du Comité scientifique, M. Garcia.

Le travail intense du Comité scientifique et des Comités d'organisation dans la préparation et les travaux de suivi sur le Symposium est hautement reconnu et une liste complète des membres est indiquée ci-dessous.

Comité scientifique

- Serge Garcia (Président), FAO, Rome, Italie
- Abdelatif Berraho, INRH, Maroc
- Mariama Barry, CRODT, Sénégal
- Mamoudou Aliou Dia, IMROP, Mauritanie
- Reidar Toresen, IMR, Norvège
- Eduardo Balguerías, IEO, Espagne
- Tore Strømme, IMR, Norvège
- Pedro Comte de Barros, Université d'Algarve, Portugal
- Souad Kifani, INRH, Maroc
- Ana Maria Caramelo, FAO, Rome, Italie
- Merete Tandstad, FAO, Rome, Italie

Comité organisateur

- Abdelatif Berraho (Président), INRH, Maroc
- Serge Garcia, FAO, Rome, Italie
- Salah Ben Cherifi, INRH, Maroc
- Birane Samb, CRODT, Sénégal
- Asberr Mendy, DoF, Gambie
- Mahfoud ould Taleb, IMROP, Mauritanie
- Ad Corten, Pays-Bas
- Ana Maria Caramelo, FAO, Rome, Italie
- Merete Tandstad, FAO, Rome, Italie

Comité local

- Salah Ben Cherifi, INRH, Maroc
- Abdelfattah ASSABIR, INRH, Maroc

Les Comités d'organisation ont été responsables de la conceptualisation, du «marketing» du Symposium, et ont garanti une participation adéquate. Il faut particulièrement remercier le Comité d'organisation local et le Secrétariat de l'Institut national de recherches halieutiques (INRH) du Maroc de leur travail intense, avec l'appui de Marie-Thérèse Magnan de la FAO. Nous sommes tout particulièrement reconnaissants pour toute l'aide fournie par les membres du Comité scientifique quant à la sélection des nombreuses contributions ainsi que pour leur participation et leur contribution au procédé d'analyse. Il y a lieu de remercier tout spécialement le Président de ce Comité, Serge Garcia, qui a coordonné l'examen des présentations orales, examiné toutes les contributions fournies et a maintenu le contact avec les éditeurs et les auteurs, ainsi qu'Ana Maria Caramelo pour sa contribution tout au long du processus et sa contribution en matière de révision technique et l'examen final des différentes contributions.

La voie de l'avenir

Le Symposium a contribué à fournir un aperçu sur les informations et les connaissances disponibles dans le cadre de l'aménagement des stocks partagés et de la pêche. L'aménagement des stocks partagés est représentatif des plus grands défis lancés

afin d'assurer la pérennité de la ressource. Si correctement gérés, ces stocks pourraient apporter une contribution socio-économique et culturelle significative au bien-être de l'humanité. À cet égard, tous les pays devraient prendre des initiatives pour:

- développer une approche stable au niveau de la recherche et de l'aménagement;
- développer des arrangements institutionnels/administratifs pour mettre en œuvre les décisions d'aménagement y compris un Groupe de travail multidisciplinaire.

Il est important de développer des initiatives parallèles aux niveaux national et régional. Le niveau régional est nécessaire pour la mobilisation de la volonté politique et pour motiver et assister les pays qui ont besoin de l'aide pour aller de l'avant.

Depuis le Symposium, plusieurs «anciennes» activités ont continué et de nouvelles ont été entreprises quant à l'aménagement des petits pélagiques dans la région de l'Afrique du nord-ouest, et les pays continueront à œuvrer pour améliorer la coopération aux différents niveaux de la coopération de ces importantes ressources.

Un résumé des conclusions du Symposium a également été présenté à la 19^{ème} session du Comité des pêches pour l'Atlantique Centre-Est (COPACE) pour observations et examen. Ils ont été invités à formuler des observations sur la pertinence et l'importance des résultats du Symposium et des conseils sur les actions prioritaires par les scientifiques, les décideurs et l'industrie pour promouvoir un accord sur les partages des stocks, agissant aux niveaux national ou sous-régional.

L'organisation du Symposium n'a été possible que grâce à l'appui du Gouvernement de la Norvège à travers le Projet Nansen et grâce au soutien généreux du Gouvernement du Maroc.

Sa réalisation n'a été possible que grâce à la participation enthousiaste et aux contributions des scientifiques et des dirigeants travaillant vers une meilleure connaissance et l'aménagement des stocks de petits pélagiques en Afrique du Nord. Il faut finalement remercier tous ceux d'entre vous qui ont contribué par votre connaissance et votre sagesse.

Merete Tandstad

Fonctionnaire des pêches

Service de la pêche marine et continentale

Division de l'utilisation et de la conservation des ressources des pêches et de l'aquaculture

Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO

Rome, Italie

Contents/Table des matières

	Pages
Preparation of this document/Préparation de ce document	iii
Abstract/Résumé	v
Preface/Préface	vii
Intervention du Représentant de la FAO au Maroc	1
Allocution d'ouverture du Symposium	3
Report of the Session/Rapport de la Session	7
Keynote speeches/Discours d'ouverture	29
APPENDIX/ANNEXE 1	
Agenda/Ordre du jour	45
APPENDIX/ANNEXE 2	
List of participants/Liste des participants	53
PART I/PREMIÈRE PARTIE	
PAPERS (SCIENTIFICALLY REVIEWED) OF THE ORAL PRESENTATIONS/ DOCUMENTS (SCIENTIFIQUEMENT RÉVISÉS) DES PRÉSENTATIONS ORALES	65
THEME 1: RESOURCES AND EXPLOITATION: BIOLOGY AND ECOLOGY OF MAIN RESOURCES AND STATUS OF FISHERIES/RESSOURCES ET EXPLOITATION: BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DES PRINCIPALES RESSOURCES ET ÉTAT DES PÊCHERIES	67
Contribution à la connaissance de la biologie des sardinelles (<i>Sardinella aurita</i> et <i>Sardinella maderensis</i>) du littoral sénégalais/Contribution to the knowledge of sardinella biology (<i>Sardinella aurita</i> and <i>Sardinella maderensis</i>) from the Senegalese coast (French only/En français seulement) K.D. Goudiaby, B. Samb and M. Sylla	69
Âge et croissance de la sardine <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) le long de la côte atlantique marocaine/Age and growth of sardine, <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) in the Moroccan Atlantic coast (French only/En français seulement) K. Amenouzai, A.H. Mesfioui, C. Najib and A. Yahyaoui	83
Discrimination des stocks de sardine, <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) de l'Atlantique marocain sud par l'approche biométrique/Discrimination of sardine stocks, <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) of the Moroccan South-Atlantic by the biometric approach (French only/En français seulement) K. Ouakka, A. Yahyaoui, P. Fahd, H. Gourich and A. Mesfioui	97

Integrating genetic and morphometric variation in sardine, <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) from the Northeastern Atlantic and the Mediterranean Sea/Variations génétiques et morphométriques chez les sardines, <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) de l'Atlantique nord-est et de la Méditerranée (English only/En anglais seulement) A. Silva, P. Kasapidis, V. Laurent, B. Caneco, S. Planes and A. Magoulas	109
Cycle de reproduction et variabilité du régime alimentaire du maquereau, <i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782) débarqué au port de Casablanca/Reproduction cycle and diet variability of the chub mackerel, <i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782) landed at Casablanca port (French only/En français seulement) F. Wahbi, A. Errhif and O. Ettahiri	127
Impact of industrial fisheries on <i>Sardinella aurita</i> in West Africa/Impact des pêcheries industrielles sur <i>Sardinella aurita</i> en Afrique de l'ouest (English only/En anglais seulement) M. Ould Taleb Sidi, E. Ould Sidina and A. Corten	139
État des lieux sur les petits pélagiques dans les eaux maritimes du Gabon: cas des sardinelles/Status report of small pelagics in Gabon's waters: case of sardinellas (French only/En français seulement) J.G. Goussilou, C. Ogandagas and M. Schummer	153
Pêcheries des petits pélagiques côtiers en Guinée: évolution et défis pour une gestion durable des ressources/Coastal small pelagic fishery in Guinea: evolution and challenges for sustainable resource management (French only/En français seulement) A. Bah and A. Sidibé	161
Small pelagics resource, exploitation and fisheries in Sierra Leone/Ressource, exploitation et pêcheries des petits pélagiques en Sierra Leone (English only/En anglais seulement) K. Jalloh and M.B.D. Seisay	167
THEME 2: DYNAMICS AND VARIABILITY OF PELAGIC FISH POPULATIONS AND ENVIRONMENTAL INFLUENCES/DYNAMIQUE ET VARIABILITÉ DES POPULATIONS DE POISSONS PÉLAGIQUES ET INFLUENCES DE L'ENVIRONNEMENT	173
Caractéristiques des habitats de ponte de la sardine, <i>Sardina pilchardus</i>, de la côte Atlantique marocaine (21°N-26°N)/Characteristics of the spawning habitats of sardine, <i>Sardina pilchardus</i>, off the Moroccan Atlantic coast (21°N-26°N) (French only/En français seulement) O. Ettahiri, A. Berraho, R. Houssa, A. Ramzi, L. Somoue, S. Zizah and E. Machu	175
Activity of European pelagic trawlers fishing in Mauritania and landing in the port of Las Palmas de Gran Canaria (Canary Islands, Spain) from 2004 to 2007 – Relationship between catches and SST/SSTA/Activité de la pêche européenne au chalut pélagique en Mauritanie et déchargement au port de Las Palmas de Gran Canaria (îles Canaries, Espagne) de 2004 à 2007. Relation entre captures et SST/SSTA (English only/En anglais seulement) P. Pascual-Alayón, M.T.G. Santamaría, E. Balguerías, E. Hernández, L. Bravo de Laguna, A. Sancho and V. Duque	187
Distribution of clupeid species on the shelf in the southern part of Senegambia/Distribution de l'espèce des clupéidés sur le plateau dans la partie sud de la Sénégalie (English only/En anglais seulement) J.O. Krakstad, A. Sarré, I. Sow, E.M. Mbye and Å. Skålevik	191

<p>De l'exploitation des stocks à la surexploitation de l'écosystème: vers une nouvelle vision des stocks halieutiques dans l'écosystème d'upwelling du courant des Canaries/From fish stocks exploitation to ecosystem overexploitation: towards a new vision of the Canary current upwelling ecosystem marine resources (French only/En français seulement) S. Kifani, H. Masski and S. Ben Cherifi</p>	205
<p>Variabilité climatique au niveau de l'écosystème du courant des Canaries (10°N-36°N) à l'échelle interdécennale/Climatic variability of Canary current ecosystem (10°N-36°N) at interdecadal scale (French only/En français seulement) K. Hilmi, S. Kifani, A. Orbi, A. Makaoui, A. Benazzouz and I. Tai</p>	229
<p>Sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) recruitment is strongly affected by climate even at high spawning biomass in West Iberia/Canary upwelling system/ Le recrutement de la sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) est fortement influencé par le climat même avec une biomasse reproductrice élevée dans le système d'upwelling à l'ouest de la péninsule ibérique/Canaries (English only/En anglais seulement) M. de Fatima Borges, H. Mendes and A. Miguel Santos</p>	237
<p>THEME 3: METHODS AND MODELS FOR ASSESSING SMALL PELAGIC FISH STOCKS/MÉTHODES ET MODÈLES POUR L'ÉVALUATION DES STOCKS DE PETITS POISSONS PÉLAGIQUES</p>	245
<p>Évaluation des ressources pélagiques en Mauritanie par les méthodes acoustiques/Assessment of pelagic resources in Mauritania by acoustic methods (French only/En français seulement) A. Ould Mohamed El Moustapha, M. Ahmed Ould Taleb and A. Corten</p>	247
<p>Towards coordinated acoustic surveys in Northwest Africa: Results of parallel surveys and intercalibrations/Vers des campagnes acoustiques coordonnées en Afrique du nord-ouest: résultats des campagnes parallèles et intercalibrations (English only/En anglais seulement) A. Sarré, N. Charouki, E.M. Mahmoud, M.A.O.Taleb, E. Mbye, J. Jallow, S. El Ayoubi, J.O. Krakstad and O. Alvheim</p>	259
<p>Contribution to acoustic targets identification in Northwest Africa by statistical schools properties/Contribution à l'identification acoustique des espèces ciblées dans la région nord-ouest africaine par les propriétés statistiques des bancs (English only/En anglais seulement) N. Charouki, A. Sarré, M. Serghini, O.S. Ebaye and J.O. Krakstad</p>	285
<p>Acoustic target strength of chub mackerel (<i>Scomber japonicus</i>) measured <i>in situ</i> using split beam acoustics/Pouvoir de réflexion acoustique du maquereau (<i>Scomber japonicus</i>) mesuré <i>in situ</i> par un double faisceau acoustique (English only/En anglais seulement) N. Charouki and I.K. Svellingen</p>	295
<p>A new approach to stock assessment of <i>Sardinella aurita</i> in West Africa/ Une nouvelle approche vers l'évaluation de <i>Sardinella aurita</i> en Afrique de l'ouest (English only/En anglais seulement) A. Corten</p>	303

Suggestions for improving the quality of estimates of the state and trends of small pelagic fish stocks off the Northwest African coast/ Suggestions d'amélioration de la qualité des estimations de l'état et des tendances des stocks de petits poissons pélagiques au large des côtes de l'Afrique du nord-ouest (English only/En anglais seulement) N.N. Timoshenko and P.P. Chernyshkov	311
THEME 4: MANAGEMENT OF FISHERIES ON SHARED RESOURCES/ AMÉNAGEMENT DES RESSOURCES PARTAGÉES	317
Système d'allocation des quotas de pêche d'une ressource partagée: étude de cas du stock nord-ouest africain de la sardinelle ronde (<i>Sardinella aurita</i>)/Allocation system of fishing quotas for a shared resource: case study of the Northwest African stock of round sardinella (<i>Sardinella aurita</i>) (French only/En français seulement) M. Ebaye Ould Mohamed	319
Bioéconomie et gestion de la pêche des petits pélagiques - cas de l'Atlantique centre marocain/Bio-economy and management of the small pelagics fishery – case of the Moroccan Atlantic Central (French only/En français seulement) A. Kamili and F. Maynou	327
Socio-economic importance of small pelagics in livelihoods of fisheries communities in Northwest Africa/Importance socio-économique des petits poissons pélagiques comme moyen d'existence des communautés de pêche en Afrique du nord-ouest (English only/En anglais seulement) A.N. Mendy	351
Les petits pélagiques côtiers et le marché africain, une alternative aux mesures de libéralisation imposées par l'OMC sur le marché européen?/ Small pelagic fish and the African market, an alternative to OMC trade liberalization on the European market? (French only/En français seulement) M. Dème	365
Climate variability and change, global trade, and regional food security: the case of small pelagic fish in West Africa/Variabilité et changements climatiques, commerce mondial et sécurité alimentaire régionale: le cas des petits poissons pélagiques en Afrique de l'ouest (English only/En anglais seulement) P. Failler	375

AVAILABLE ON ACCOMPANYING CD-ROM/DISPONIBLE SUR CD-ROM JOINT

PART II/DEUXIÈME PARTIE

POSTERS PAPERS (NOT SCIENTIFICALLY REVIEWED)/DOCUMENTS AFFICHES
(NON RÉVISÉS SCIENTIFIQUEMENT) 405

**THEME 1: RESOURCES AND EXPLOITATION: BIOLOGY AND ECOLOGY
OF MAIN RESOURCES AND STATUS OF FISHERIES/RESSOURCES ET
EXPLOITATION: BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DES PRINCIPALES RESSOURCES
ET ÉTAT DES PÊCHERIES 407**

Activité alimentaire et reproduction chez *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) des côtes atlantiques marocaines sud/Feeding intensity and reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from the Atlantic South Moroccan coasts
(French only/En français seulement)
K. Ouakka, A. Yahyaoui, P. Fahd and A. Mesfioui 409

Reproductive aspects of sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792), round sardinella (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847), flat sardinella (*Sardinella maderensis* Lowe, 1838) and mackerel (*Scomber colias* Gmelin, 1789) in Mauritanian waters, Northwest Africa/Aspects concernant la reproduction de la sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792), la sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847), la sardinelle plate (*Sardinella maderensis* Lowe, 1838) et le maquereau (*Scomber colias* Gmelin, 1789) dans les eaux mauritaniennes (Afrique du nord-ouest)
(English only/En anglais seulement)
P. Pascual-Alayón, A. Sancho, E. Hernández, M.T.G. Santamaría, V. Duque, E. Balguerías, L. Bravo de Laguna, C. López and C. Presas 419

Age estimation of sardine (*Sardina pilchardus*) and round sardinella (*Sardinella aurita*) in Northwest Africa/Estimation de l'âge de la sardine (*Sardina pilchardus*) et de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) en Afrique du nord-ouest
(English only/En anglais seulement)
M. Sylla, A. Wagué, A. El Youssoufi, A. Mendy, A. Diagne, K. Amenzoui, F. Darboe, M.T.G. Santamaría, N. Timoshenko, C. Morgado, A.M. Caramelo, and M. Tandstad 425

Age determination and preliminary growth parameters of round sardinella (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) off Northwest Africa/Détermination de l'âge et paramètres de croissance de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) au large de l'Afrique du nord-ouest
(English only/En anglais seulement)
M.T.G. Santamaría, E. Hernández, P. Pascual-Alayón, E. Balguerías, A. Sancho and V. Duque 431

Diagnostic écotoxicologique des populations de la sardine (*Sardina pilchardus*) pêchée le long des zones côtières atlantiques allant de Safi à Cap Blanc/Ecotoxicological diagnosis of the sardine populations (*Sardina pilchardus*) fished along the Atlantic coastal areas from Safi to Cape Blanc
(French only/En français seulement)
Y. Alkaa, A. Chafik, R. Bakkali and A. Benhra 435

Recent past and present of the Spanish fishery of anchovy (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) in Atlantic Moroccan waters/Passé récent et présent de la pêche espagnole de l'anchois (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus, 1758) dans les eaux atlantiques du Maroc
(English only/En anglais seulement)
E. García-Isarch, M. Millán, F. Ramos, M.T.G. Santamaría and C. Burgos 441

THEME 2: DYNAMICS AND VARIABILITY OF PELAGIC FISH POPULATIONS AND ENVIRONMENTAL INFLUENCES/DYNAMIQUE ET VARIABILITÉ DES POPULATIONS DE POISSONS PÉLAGIQUES ET INFLUENCES DE L'ENVIRONNEMENT	451
Variabilité hydrologique des zones d'upwelling pendant les saisons d'automne et d'été de 2003 à 2007/Hydrological variability of the upwelling areas along the Moroccan Atlantic coast from 2003 to 2007 (French only/En français seulement)	
A. Makaoui, A. Orbi, J. Larissi, A. Benaazouz, A. Agouzouk, K. Hilmi and M. Talbi	453
The incidence of SST and SSTA on the small pelagics catches from the Canary Islands/L'incidence des SST et SSTA sur les captures des petits pélagiques aux îles Canaries (English only/En anglais seulement)	
L.J. López Abellán, M.T.G. Santamaría, J.F. González, A. Barrera, E. Balguerías and M.E. Quintero	457
Length and recruitment analysis of small pelagics off the Canary Islands/Analyse de la longueur et recrutement des petits pélagiques aux îles Canaries (English only/En anglais seulement)	
J.F. González, M.T.G. Santamaría, L.J. López Abellán, A. Barrera, M.E. Quintero, E. Balguerías, J.A. Díaz Cordero, C. López and C. Presas	461
L'Oscillation nord-atlantique (NAO) et la dynamique des pêcheries au Sénégal: cas des petits pélagiques/The North Atlantic oscillation (NAO) and fisheries dynamics in Senegal: the small pelagics case (French only/En français seulement)	
B. Samb, C. Meiners, L. Fernandez and T. García	467
Influence des conditions océanologiques sur la formation du recrutement chez le chinchard (<i>Trachurus trachurus</i>) au large des côtes de l'Afrique du nord-ouest/Influence of oceanological conditions on Atlantic horse mackerel (<i>Trachurus trachurus</i>) recruitment formation off the coast of Northwest Africa (French only/En français seulement)	
R.A. Kuderskaya and S.K. Kudersky	475
THEME 3: METHODS AND MODELS FOR ASSESSING SMALL PELAGIC FISH STOCKS/MÉTHODES ET MODÈLES POUR L'ÉVALUATION DES STOCKS DE PETITS POISSONS PÉLAGIQUES	487
An aggregate biomass model: the search for tradeoffs/Un modèle global de biomasse: la recherche de compromis (English only/En anglais seulement)	
R.J. Gamble, H. Moustahfid, M.C. Tyrrell, B.E. Smith and J.S. Link	489
Distribution and abundance of the main pelagic fish stocks in the Western gulf of Guinea (Benin, Togo, Ghana and Côte d'Ivoire)/Distribution et abondance des principaux stocks de poissons pélagiques dans l'ouest du golfe de Guinée (Bénin, Togo, Ghana et Côte d'Ivoire) (English only/En anglais seulement)	
A. Aziabé, K. Sedzro, S. Quatey, P. Bannermann, T. Joanny, S. Mehl, O. Alvheim, A.M. Caramelo and M. Tandstad	493
THEME 4: MANAGEMENT OF FISHERIES ON SHARED RESOURCES/AMÉNAGEMENT DES RESSOURCES PARTAGÉES	503
Assessment and management advice for small pelagic fish off Northwest Africa/Conseils pour l'évaluation et l'aménagement des petits poissons pélagiques au large de l'Afrique du nord-ouest (English only/En anglais seulement)	
M. Tandstad and A.M. Caramelo	505

PART III/TROISIÈME PARTIE

ABSTRACTS/RÉSUMÉS	515
THEME 1: RESOURCES AND EXPLOITATION: BIOLOGY AND ECOLOGY OF MAIN RESOURCES AND STATUS OF FISHERIES/RESSOURCES ET EXPLOITATION: BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DES PRINCIPALES RESSOURCES ET ÉTAT DES PÊCHERIES	517
ABSTRACTS/RÉSUMÉS – ORAL PRESENTATIONS/PRÉSENTATIONS ORALES	519
Growth of <i>Sardinella aurita</i> in West Africa as determined from length distributions/Croissance de <i>Sardinella aurita</i> en Afrique de l'ouest, estimée à partir des fréquences de taille E. Ould Sidina, B. Samb and A. Corten	521
Relationship between genetic structure and spawning strategy in <i>Sardina pilchardus</i> populations in the Northwest African region/Relation entre structure génétique et stratégie de ponte chez les populations de <i>Sardina pilchardus</i> dans la région nord-ouest africaine M. Chlaida, O. Ettahiri, S. Planes, H. Jaziri, S. Kifani and S. Ben Cherifi	523
Analyse de la répartition spatiale de l'effort de pêche en relation avec la distribution de la ressource: application aux senneurs marocains opérant dans la zone Cap Cantin-Cap Blanc/Analysis of the spatial distribution of fishing effort in relation to resources: an application to Moroccan seiners operating in the zone between Cap Cantin and Cap Blanc R. Houssa, A. Lakhnigue, A. Marhoum, H. Chfiri, K. Ouakka, H. Gourich and H. Elwazzani	525
Reconstruction of small pelagic catches in the Mauritanian EEZ, over the 1950–2005 period/Reconstruction des captures de petits pélagiques dans la ZEE mauritanienne, de 1950 à 2005 D. Gascuel, M.O. Taleb Sidi and P. Labrosse	527
Sardinellas in the western Gulf of Guinea – Exploitation and management/Sardinelles dans l'ouest du golfe de Guinée – Exploitation et aménagement A. Aziabé, K. Sedzro and S. Quatey	529
ABSTRACTS/RÉSUMÉS – POSTERS	531
Spatial variations of Moroccan sardine fecundity, <i>Sardina pilchardus</i> /Variation spatiale de la fécondité de la sardine marocaine, <i>Sardina pilchardus</i> K. Amenouzou, Y. Hassanain and A. Yahyaoui	533
Genetic structure and dispersal rate estimation of <i>Sardina pilchardus</i> along the Northwest African coast/Structure génétique et estimation du taux de dispersion chez les populations de <i>Sardina pilchardus</i> le long de la côte nord-ouest africaine M. Chlaida, V. Laurent, S. Planes, S. Kifani, T. Benazou and H. Jaziri	535
The bonga fishery and its socio-economic importance in The Gambia/La pêche de bonga et son importance socio-économique en Gambie A.N. Mendy, S. Mendy and A. Saine	537

THEME 2: DYNAMICS AND VARIABILITY OF PELAGIC FISH POPULATIONS AND ENVIRONMENTAL INFLUENCES/DYNAMIQUE ET VARIABILITÉ DES POPULATIONS DE POISSONS PÉLAGIQUES ET INFLUENCES DE L'ENVIRONNEMENT	539
ABSTRACTS/RÉSUMÉS – ORAL PRESENTATIONS/PRÉSENTATIONS ORALES	541
Main results of the joint Russian-Moroccan-Mauritanian researches of small pelagic fishes in the economic zones of the Kingdom of Morocco and the Islamic Republic of Mauritania fulfilled onboard the Russian research vessels in 1994–2008/Principaux résultats des recherches russo-maroco-mauritaniennes en matière de ressources de petits pélagiques dans les zones économiques du Royaume du Maroc et de la République islamique de Mauritanie réalisées avec les navires de recherche russes en 1994-2008 P. Chernyshkov and P.A. Bukatin	543
Spatial and interannual variability of the larval densities for the African horse mackerel (<i>Trachurus trecae</i>) in the Mauritanian zone/Variabilité spatiale et interannuelle des densités larvaires du chinchard noir africain (<i>Trachurus trecae</i>) dans la zone mauritanienne M. Ould Taleb Ould Sidi	545
Sea surface cooling index derived from satellites images in upwelling areas: case of the Moroccan coastal upwelling/Indice de refroidissement des eaux de surface de la mer des zones d'upwelling: cas de l'upwelling de la côte atlantique marocaine A. Benazzouz, H. Demarcq, A. Orbi, K. Hilmi, A. Atillah, A. Makaoui and J. Larissi	547
Stock collapse as natural events. Natural dynamics in the Saharan stock of sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) as observed from surveys/Effondrement des stocks comme phénomènes naturels. La dynamique naturelle du stock saharien de la sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) observée à travers les campagnes de prospection T. Strømme, N. Charouki, M. Ostrowski and O. Alvheim	549
ABSTRACTS/RÉSUMÉS – POSTERS	551
Ichthyoplankton transport from the African coast to the Canary islands: a case study using a high-resolution hydrodynamic model/ Transport de l'ichtyoplancton de la côte africaine aux îles Canaries: une étude de cas basée sur un modèle hydrodynamique à haute résolution T. Brochier, E. Mason, P. Sangra and C. Lett	553
Spatio-temporal variability analysis of two fish stocks: sardine and sardinella in the Eastern Central Atlantic, from Cape Juby to Cape Blanc/ Analyse de la variabilité spatio-temporelle de deux stocks de poissons: la sardine et la sardinelle de la zone centre-est atlantique, entre Cap Juby et Cap Blanc R. Houssa, S. Kifani and A. Lakhnigue	555
Planctonic communities in Moroccan North Atlantic sea from Tangier to Larache in relation with small pelagic resources/Les communautés planctoniques en Atlantique Nord du Maroc (entre Tanger et Larache) en relation avec les ressources pélagiques M. Ramdani and N. Elkhiafi	557
Spatial oceanography operational products for monitoring and analysing the Moroccan upwelling phenomenon/Produits opérationnels d'océanographie spatiale pour le suivi et l'analyse du phénomène d'upwelling marocain A. Atillah, A. Orbi, K. Hilmi and A. Mangin	559

Identifying and classifying characteristic chlorophyll profiles in the continental shelf of the Moroccan upwelling area/Identification et classification des profils caractéristiques de chlorophylle sur le plateau continental de la zone d'upwelling marocaine	561
S. Zizah, O. Ettahiri, L. Somoue, J. Largissi and A. Berraho	
Peculiarities of small pelagic fish seasonal migrations along the Northwest coast of Africa/Particularités des migrations saisonnières des petits poissons pélagiques le long de la côte nord-orientale de l'Afrique	563
V.B. Lukatzky and G.E. Maslyankine	
THEME 3: METHODS AND MODELS FOR ASSESSING SMALL PELAGIC FISH STOCKS/MÉTHODES ET MODÈLES POUR L'ÉVALUATION DES STOCKS DE PETITS POISSONS PÉLAGIQUES	565
ABSTRACTS/RÉSUMÉS – ORAL PRESENTATIONS/PRÉSENTATIONS ORALES	567
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	569
F. Ngom Sow and B. Samb	
Periodic, spatially structured matrix model for the study of sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) population dynamics in the Moroccan Atlantic coasts/ Modèle matriciel périodique, spatialement structuré pour l'étude de la dynamique des populations de sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) sur les côtes atlantiques marocaines	571
M. Serghini, A. Boutayeb, P. Auger, N. Charouki, A. Ramzi and O. Ettahiri	
Transport and pre-recruitment of sardine and anchovy ichthyoplankton in the Canary upwelling system: an individual-based modelling approach/ Transport et pré-recrutement de la sardine et de l'anchois dans le système d'upwelling des Canaries: une approche fondée sur l'individu	573
A. Ramzi	
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	575
H. Moustahfid, W.J. Overholtz and J.S. Link	
Modelling the environment of <i>Sardina pilchardus</i> over the Saharan bank to investigate the collapse of the stock in 1997/Modelling de l'environnement de <i>Sardina pilchardus</i> sur le banc du Sahara pour étudier la chute du stock en 1997	577
E. Machu, O. Ettahiri, A. Makaoui, S. Kifani and H. Demarcq	
ABSTRACTS/RÉSUMÉS – POSTERS	579
Bio-economic modelling for management strategies on small pelagic fisheries/Analyse bio-économique de la pêche des petits pélagiques au Maroc	581
N. Hanif, M. Talmi, M. Chbani and H. Atmani	
Relation price–quantity for small pelagics in the Moroccan Mediterranean/Relation prix-quantité pour les petits pélagiques en Méditerranée marocaine	583
Y. Zahri, R. Franquesa Artes, E. Pons Fanal and M. Najih	
Measurement of real TS value of <i>Sardinella aurita</i> at sea/Mesure de la valeur TS actuelle de <i>Sardinella aurita</i> en mer	585
M.A. Ould Taleb	

Application of an MSVPA to evaluate the effect of predation mortality on forage species in the Northwest Atlantic ecosystem/L'application de MSVPA pour l'évaluation de l'effet de la mortalité par prédation sur les espèces de fourrage dans l'écosystème nord-ouest atlantique M.C. Tyrrell, H. Moustahfid, B.E. Smith, R.J. Gamble and J.S. Link	587
NANSIS survey system/Système de campagne NANSIS Skålevik Åsmund	589
THEME 4: MANAGEMENT OF FISHERIES ON SHARED RESOURCES/ AMÉNAGEMENT DES RESSOURCES PARTAGÉES	591
ABSTRACTS/RÉSUMÉS – ORAL PRESENTATIONS/PRÉSENTATIONS ORALES	593
Management of shared fish stocks: institutional and economic aspects/L'aménagement des stocks partagés: aspects institutionnels et économiques R. Willmann	595
Steps taken towards the management of shared pelagic fisheries/ Mesures prises en vue de l'aménagement des pêcheries partagées de petits pélagiques M. Tandstad	597
Knowledge base and institutional arrangements for an ecosystem approach to fisheries management of migratory small pelagic fish off Northwest Africa – the example of sardinella/Connaissance de base et arrangements institutionnels pour une approche d'aménagement par écosystème des pêcheries de poissons pélagiques côtiers migrants en Afrique du nord-ouest – l'exemple de la sardinelle A. Mendy, B. Samb, M. Ould Taleb Sidi, S. Benchrifi, M. Tandstad and P. de Barros	599
Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environment and ecosystem change/L'exploitation durable des petits poissons pélagiques défiée par les changements environnementaux et écosystémiques P. Fréon	601
ABSTRACTS/RÉSUMÉS – POSTERS	603
Regional project of policies for sustainable and concerted management of small pelagics in Northwest Africa/Un projet régional pour les politiques de gestion durable et concertée des petits pélagiques en Afrique du nord-ouest H. El Ayoubi and A. Sidibé	605
Ecosystem assessment. How can research surveys contribute to the improved knowledge base for fisheries management?/Évaluation de l'écosystème. Comment les campagnes de recherche peuvent-elles contribuer à la base de connaissances pour la gestion des pêches? T. Strømme, M. Tandstad and G. Bianchi	607

Intervention du Représentant de la FAO au Maroc

Monsieur le Secrétaire Général du Département des pêches, MAPM
Monsieur le Directeur de l'INRH du Maroc
Monsieur Serge Garcia
Honorables invités
Mesdames et Messieurs,

C'est pour moi un plaisir de prendre la parole et de vous souhaiter, au nom de la FAO et de son Directeur Général, la bienvenue à cette rencontre organisée dans cette belle ville de ce merveilleux pays qu'est le Maroc.

En fait, c'est la deuxième fois en l'espace de trois mois qu'une réunion scientifique se tient à Casablanca pour discuter du secteur de la pêche et des moyens de le développer. Plusieurs d'entre nous se rappellent que c'était au mois de décembre 2007 que s'est tenue dans cette même ville la Cinquième session du Groupe Scientifique du Comité des pêches pour l'Atlantique Centre-Est (COPACE). C'est pour vous dire l'importance de la science pour le secteur de la pêche, un secteur qui contribue en moyenne à plus de quatre pour cent du PIB des pays de notre région et représente un des principaux leviers de son développement socio-économique.

Nous sommes chanceux de nous trouver dans une région dont les eaux maritimes de sa façade Atlantique, du nord du Maroc au sud du Sénégal, sont réputées pour être parmi les plus poissonneuses au monde et où la pêche des petits pélagiques permet un débarquement estimé à environ deux millions de tonnes.

Nous jouissons donc d'une richesse halieutique non négligeable. Sommes-nous en train de bien gérer? Les spécialistes nous donnent une réponse plutôt réservée puisque nous assistons actuellement à des évolutions préoccupantes du secteur de la pêche. Outre la dégradation des écosystèmes littoraux, on constate que l'activité souffre de plus en plus d'une concurrence interne. On constate aussi une croissance des captures mais aussi un accroissement du nombre de bateaux et de chalutiers dont la puissance est de plus en plus forte. On constate également une évolution dans les pratiques de la pêche notamment celles de la pêche industrielle, une évolution pas toujours bénéfique, puisqu'elles permettent d'exploiter la totalité des ressources halieutiques y compris les stocks partagés des petits pélagiques qui n'échappent pas à cette surexploitation.

Autant dire que le scénario de la tendance actuelle nous conduit directement vers une perte croissante de nos ressources halieutiques.

En fait et en liaison avec ce que je viens de dire, permettez-moi de rappeler que la FAO a, depuis 1995, tiré le signal d'alarme sur les risques de la surexploitation en élaborant le fameux «Code de conduite pour une pêche responsable». Un code qui met en exergue la pertinence de l'approche des écosystèmes des pêches et l'importance d'une gestion intégrée.

Face à la tendance que je viens de mentionner et aux risques de non durabilité de la ressource, l'aménagement rationnel des pêches sur les stocks partagés est devenu indispensable. Pour cela nous avons besoin de la science.

Votre symposium scientifique cadre parfaitement avec ce besoin et permet aussi de promouvoir des passerelles entre les scientifiques et les professionnels de la pêche afin de relever les défis posés. Les recommandations qui vont sortir de votre symposium ne manqueront pas de nous aider dans cette tâche. Pour ma part, je souhaite que ces

recommandations puissent apporter des solutions qui soient acceptables pour les décideurs et les bénéficiaires, réalisables et faciles à mettre en pratique.

La FAO renouvelle sa totale disponibilité à vous accompagner dans vos efforts. Elle est disposée à faciliter et catalyser la réflexion scientifique et, en même temps, à aider les pays à développer les éléments de politiques nécessaires pour le développement du secteur de la pêche. C'est d'ailleurs dans cette démarche que la FAO va organiser en juin prochain, à Rome, une consultation technique afin d'élaborer un instrument international, sur les mesures que les États Membres seront appelés à prendre pour prévenir, contrecarrer et éliminer la pêche illicite, non déclarée et non réglementée. Il est prévu que cet instrument soit juridiquement contraignant. Je reste persuadé que les résultats de vos discussions seront une source d'inspiration pour cette consultation.

Avant de terminer mon intervention, qu'il me soit permis d'exprimer les chaleureux remerciements de la FAO au Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime du Maroc pour avoir accueilli ce symposium et au Gouvernement de la Norvège et NORAD qui depuis 1999 appuient financièrement le Programme Nansen sur l'aménagement des pêches et de l'environnement marin et dont les fonds ont permis entre autre de renforcer la coopération entre les pays africains et de réaliser cette rencontre. Un grand merci aussi à l'Institut de recherche marine (IMR) de la Norvège pour son accompagnement scientifique.

Mes remerciements vont aussi à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'organisation de ce symposium, aussi bien au niveau de la logistique que des préparatifs techniques. Je remercie tout particulièrement l'Institut national de recherche halieutique, son Directeur Général et son staff ainsi que les comités locaux et internationaux sans qui ce symposium n'aurait pu se tenir. Que mes collègues du Département des pêches de la FAO au siège soient également remerciés pour les efforts qu'ils fournissent.

Je souhaite également remercier tous les participants pour avoir accepté de se déplacer et d'enrichir les débats de cette rencontre par leur savoir, leur compétence et leur expérience.

Il ne me reste qu'à vous souhaiter une très bonne rencontre, riche en discussions et en résultats, et un agréable séjour au Maroc et je vous remercie pour votre attention.

Halila, Casablanca, 11 mars 2008

Allocution d'ouverture du Symposium

Mohammed Tarmidi

Secrétaire général

Département des pêches maritimes

Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime

Mesdames, Messieurs,

Je voudrais tout d'abord, au nom de Monsieur le Ministre de l'agriculture et de la pêche maritime, souhaiter la bienvenue aux illustres participants à ce symposium et les remercier vivement d'avoir été nombreux à prendre le cap de la cité de Casablanca, pour contribuer à l'enrichissement des débats sur le thème de notre rencontre, à savoir, «Science et défi de l'aménagement des pêcheries des petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale».

Le Maroc est honoré d'avoir été choisi pour accueillir cette rencontre régionale sur la pêche et la valorisation des espèces pélagiques, et apprécie ce choix à sa juste valeur.

Je voudrais également saisir l'occasion qui m'est offerte pour exprimer mes vives et sincères félicitations à la FAO pour l'oeuvre édifiante qu'elle entreprend pour le développement raisonné des pêcheries mondiales et la promotion de l'aquaculture en vue d'accroître les disponibilités de protéines d'origine marine et d'améliorer leur contribution à la sécurité alimentaire, et à la réduction de la pauvreté à l'échelle internationale.

Permettez-moi également de remercier le Gouvernement de Norvège pour le soutien permanent qu'il apporte à l'amélioration des connaissances sur la biologie et l'écosystème des pêcheries pélagiques de la zone et à l'organisation de ces journées d'étude.

Mes félicitations vont aussi à l'Institut national de recherche halieutique du Maroc (INRH) et à l'Institut norvégien de recherche marine (IMR), également co-organisateurs de cette manifestation, pour leur implication effective dans son organisation.

Mesdames, Messieurs,

Comme chacun le sait, la situation actuelle des pêcheries mondiales est caractérisée par un état de surexploitation avancée de la plupart des stocks mondiaux de poisson, modifiant profondément les perspectives et les conditions de progrès, qui se sont révélées hautement préjudiciables au capital biologique marin.

Notre rencontre permettra, à cet égard, de renforcer la concertation et l'échange d'expérience en matière de politique de gestion des pêches, notamment les stocks partagés de petits pélagiques, dans le cadre de la nouvelle doctrine halieutique internationale, qui nous fait obligation d'inscrire les activités de pêche dans une vision d'exploitation à long terme, afin que les richesses biologiques marines puissent contribuer durablement à la sécurité alimentaire et à la prospérité socio-économique de nos États.

Les stocks de petits pélagiques que recèlent les eaux maritimes de notre zone font l'objet, pour la majorité d'entre eux, d'une exploitation aussi bien nationale que régionale. Cette exploitation reste tributaire de fortes fluctuations de la disponibilité et du potentiel exploitable, en raison des variations hydroclimatiques, ce qui affecte par conséquent, tant la production et l'activité des flottilles que les industries concernées.

Le caractère transfrontalier de certains stocks et la variabilité naturelle à laquelle ils sont soumis, requiert une approche intégrée en matière d'évaluation et de suivi de l'état de leur exploitation par une recherche scientifique coordonnée au niveau régional afin d'appréhender la nature complexe de l'écosystème de ce type de ressources.

L'action menée dans ce cadre par la FAO et les programmes de recherche entrepris, particulièrement par le Programme Nansen et exécuté par cette même organisation internationale, en partenariat avec les pays de la région, a permis, depuis la date de son lancement, non seulement d'assurer un suivi de l'état des stocks et du niveau de leur exploitation par des campagnes d'évaluation à l'échelle régionale, mais de renforcer les capacités de recherche de ces pays.

L'organisation aujourd'hui de ce symposium, qui consacre l'inauguration d'une nouvelle phase de ce programme, caractérisée par l'adoption de l'approche écosystémique d'aménagement des pêches dans le cadre du projet FAO «Renforcement de la base de connaissances pour la mise en oeuvre d'une approche écosystémique des pêches maritimes dans les pays en voie de développement», permettra aussi de faire la synthèse des résultats des travaux de recherche menés sur les ressources pélagiques de la région.

Une telle approche de gestion des pêcheries, faisant appel à l'intégration des composantes biologiques, économiques et environnementales nécessite pour sa mise en oeuvre par les pays de la région, un appui et une assistance de la FAO et du Programme Nansen, notamment en matière de collecte et d'analyse des informations.

Qu'il soit permis d'exprimer ici tous les remerciements du gouvernement marocain, aussi bien à la FAO qu'à la Norvège pour leur appui et leur contribution à la compréhension et à l'amélioration des connaissances sur les ressources pélagiques et leur écosystème, ainsi qu'à la promotion des plans de gestion pour le développement durable des ressources halieutiques.

Mesdames, Messieurs,

Nous vivons actuellement une période de transition des plus exaltantes des pêcheries mondiales où toutes nos méthodes et styles de gestion sont remis en question, à la suite d'une prise de conscience par la communauté internationale de la vulnérabilité et de la fragilité des ressources halieutiques, particulièrement les petits pélagiques, fortement influencés par leur caractère transfrontalier et leur complexité écologique.

Il ne vous échappe point à vous, communauté des scientifiques et gestionnaires de la ressource que la situation des petits pélagiques dans la région nord-occidentale d'Afrique présente des signes apparents et tendanciels de surexploitation de certains stocks.

Les facteurs de la non durabilité et de surexploitation de ces ressources pourraient être dus à la surcapacité de pêche, à la pêche excessive de juvéniles, aux prises accessoires et rejets dans les pêches industrielles et à des lacunes au niveau des systèmes de gestion et des options d'aménagement.

Une telle situation nous interpelle tous et avec force pour asseoir de meilleurs modes de gouvernance des pêcheries qui puissent préserver les équilibres fondamentaux des écosystèmes marins et assurer une plus grande rationalité dans leur gestion.

Les retombées économiques escomptées de l'exploitation de ces ressources des petits pélagiques ne peuvent significativement être durables que si des mesures de gestion spécifiques, adaptées aux caractéristiques de ces stocks sont mises en place. Ceci

fait appel à une recherche multidisciplinaire, pour maîtriser l'information halieutique et océanographique destinée à préparer les éléments nécessaires à l'aide à la décision.

La logique de valorisation et de création de maximum de richesses et de valeur ajoutée devrait également prendre le pas sur celle de la réalisation de l'ambition d'un niveau de production, toujours élevé, sans utilisation optimale et valorisante de la ressource.

De même, la prise en compte du marché et de son rôle comme facteur de régulation de l'effort de pêche, donc comme mesure de gestion des pêcheries est d'un apport inestimable pour l'élaboration de politiques d'aménagement intégrées.

Mesdames, Messieurs,

Les stocks de petits pélagiques de notre zone constituent des richesses exceptionnelles et autant d'opportunités dans un contexte international marqué à la fois par la rareté de la ressource et la nécessité de faire contribuer davantage la mer à la sécurité alimentaire et à la croissance économique.

Dans ce cadre, la Conférence ministérielle sur la coopération halieutique entre les États africains riverains de l'océan Atlantique (COMHAFAT) constitue un espace naturel pour fédérer et harmoniser nos approches dans cette nouvelle perspective et partant de renforcer les structures de notre axe halieutique atlantique en tant que vecteur de prospérité.

Notre expérience au sein de cette Conférence nous conforte dans notre conviction que le rôle des Organisations régionales devra être davantage mis en relief pour servir de support à de telles initiatives. Ceci permettra d'agir de manière collective et concertée, dans les domaines du contrôle de la capacité de pêche et des mécanismes de gestion durable des pêcheries.

Pour sa part, le Maroc, conscient de cette situation a inscrit depuis quelques années déjà, le secteur des pêches maritimes et des industries de valorisation, au titre de ses choix prioritaires et a enclenché un processus de réformes, tant au niveau institutionnel, juridique et technique qu'organisationnel, pour être en phase avec la nouvelle «éthique» de gouvernance des pêches.

Au nombre des actions entreprises, on peut relever notamment:

- la refonte de la législation nationale des pêches pour y introduire les principes de pêche responsable et en faire un instrument de bonne gouvernance des pêcheries;
- la mise en place de plans d'aménagement des pêcheries sensibles pour définir de nouvelles règles d'accès à la ressource, basées sur la limitation et le contrôle de la capacité de pêche et l'instauration d'un système de gestion par quota;
- le renforcement du dispositif de contrôle des activités de pêche par l'implantation d'un système de positionnement et de suivi des navires de pêche par satellite, l'acquisition d'avions spécialisés de surveillance aérienne et tamisé en place d'un corps d'observateurs scientifiques;
- la mise en place d'un plan d'action national de lutte contre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée, conformément aux principes du Code de conduite pour une pêche responsable et ses plans d'action internationaux;
- la mise à niveau et la modernisation de notre flotte de pêche côtière et artisanale pour qu'elle puisse répondre aux exigences du marché en termes de qualité, de salubrité et d'hygiène des produits de la mer;
- le renforcement de la recherche halieutique et celle appliquée au domaine de la valorisation des produits de la mer
- et enfin, le renforcement de la formation consacrée aux métiers dédiés au secteur des industries de la pêche.

Mesdames, Messieurs,

Je suis persuadé que l'importance des thèmes qui seront débattus, et la qualité des participants ici présents, constituent un gage de réussite de ce symposium qui se propose de mettre la science au service de la gestion durable des pêcheries des petits pélagiques dans notre région.

J'ai la certitude qu'une telle rencontre constituera un espace d'échanges et de concertation et permettra un enrichissement des connaissances sur la thématique de l'aménagement des stocks partagés des petits pélagiques, dans l'intérêt des économies respectives des pays de la zone.

En remerciant encore une fois les organisateurs de ce symposium pour les efforts qu'ils ont déployés.

Je déclare ouvert ce Symposium et je souhaite plein succès à vos travaux, et vous remercie de votre attention.

Report of the Session

Rapport de la Session

1. RESOURCES AND EXPLOITATION: BIOLOGY AND ECOLOGY OF MAIN RESOURCES AND STATUS OF FISHERIES

The keynote speaker, Dr Eduardo Balguerías, from the Spanish Institute of Oceanography (IEO) presented an overview of the small pelagic resources in Northwest Africa. The average total annual catch in the region has fluctuated around 2 million tonnes. Currently, the main species harvested are *Sardina pilchardus* (800 000–1 000 000 tonnes/year), *Sardinella aurita* (300 000–400 000 tonnes/year), *Sardinella maderensis* (100 000–150 000 tonnes/year), horse mackerels (*Trachurus trecae* and *T. trachurus*) (200 000–400 000 tonnes/year), *Engraulis encrasicolus* (100 000–150 000 tonnes/year) and *Ethmalosa fimbriata* (30 000–50 000 tonnes/year). These high catches illustrate the importance of small pelagics for the West African region. The harvest is seasonal and linked to the availability of the target species and its migration pattern in the fishing zone. The fleets involved are heterogeneous and composed of domestic canoes (pirogues), traditional purse seiners and industrial pelagic trawlers.

The state of pelagic stocks in Northwest Africa was last analysed by the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa, held in Agadir (Morocco) in 2007. The assessment of the stocks is most often based on dynamic production models. Acoustic surveys remain the basic tool for assessing biomass trends and provide indices of abundance independent of commercial catches that can be inserted in the models. All stocks are either fully exploited or overexploited, except *Sardina pilchardus* in Zone C (Cape Boujador and southwards), currently lightly exploited but highly variable. No adequate international management system is yet in place for stocks under multiple jurisdictions. The management recommendations issued by the Working Group are simply endorsed by the CECAF (Fishery Committee for the Eastern Central Atlantic) Scientific Sub-Committee without much further discussion, and the scientists receive very little feedback or guidance from managers.

To improve the current situation, more data have to be collected on stock identification. Biological studies and resources monitoring have to be continued and intensified, improving the analysis of the survey data and promoting more studies of the ecosystem. The role and management capacity of the regional fishery organizations such as CECAF, CRSP, and COMHAFAT¹ should be strengthened. Furthermore, the dialogue between scientists and managers should be enhanced.

Following this introduction, 14 oral presentations and 9 posters were given, describing the advances in research on the various species covering topics such as: i) progress in stock identification of sardine including genetic and morphometric and meristic studies; ii) analysis of length frequency for *Sardinella aurita* distributions; iii) historical analysis of catch statistics in Mauritania; and iv) a number of presentations dealing with fisheries in Benin, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Guinea, Senegal, Sierra Leone and Togo. They all illustrated the important role of small pelagics for the local population and the artisanal fishery. They further underlined the need for more biological information on the stocks in these areas.

Two studies were presented dealing with genetic studies (allozymes and microsatellites) as well as morphometric and meristic studies. The general picture emerging from these studies is that the Moroccan stock could be split into a southern and a northern component. The border between the two subpopulations can be drawn at the latitude of Sidi Ifni. For the European sardine, clear differences existed between the population found along the coast of Western Europe and the populations found in the eastern Mediterranean as well as around the Azores and Madeira islands.

¹ CECAF: Commission for Eastern Central Atlantic Fisheries; CRSP: Commission sous-régionale des pêches; COMHAFAT: Conférence ministérielle sur la coopération halieutique entre les Etats africains riverains de l'océan Atlantique.

For *Sardinella aurita*, an analysis of length frequency distributions into age groups was presented, suggesting a rapid growth. The results conflict with those obtained through the reading of otoliths, which yields a much slower growth. Accepting the high growth rate that emerges from length frequency studies, it appears that the population of *Sardinella aurita* has been strongly reduced in recent years. Most fish of three years and older seem to have been removed from the population, and the fishery has become dependent upon fish of one and two years old. An analysis of the targeted industrial fishery on *Sardinella aurita* in Mauritania suggests that the decrease in population was at least partly related to the increased fishing effort by European Union (EU) vessels targeting specifically that species.

Catch statistics for some of the areas may not yet be perfect. A historical analysis of catch statistics in Mauritania, looking at all sources of potential under-reporting, led to the conclusion that the catch of the industrial fleet was probably under-reported by about 30 percent, to which unrecorded discards should be added. Correcting for these deficiencies (with a number of arbitrary assumptions) suggested that the actual catches in Mauritania might have surpassed 1 million tonnes/year in some of the recent years. Such errors in catch statistics obviously have to be corrected before a joint management system can be put in place.

During the discussion that followed the presentations, it was pointed out that many of the problems discussed during the session had been present for decades. However, some major progress has been achieved in recent years, such as: (i) the establishment of the FAO Working Group on Small Pelagics in Northwest Africa; (ii) the continuation of the acoustics surveys by the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and the AtlantNIRO Institute; (iii) the joint surveys undertaken by the national research vessels of Mauritania, Morocco and Senegal; (iv) and the important progress made in genetic studies. These developments may offer the basis for a future system of international management in the area.

2. DYNAMICS AND VARIABILITY OF PELAGIC FISH POPULATIONS AND ENVIRONMENTAL INFLUENCES

The keynote presentation by Dr Miguel Niquen from the Instituto del Mar del Peru (IMARPE) indicated the key characteristics of the four most productive upwelling systems of the world, in which the variability of the Humboldt, California, Canary and Benguela Currents played an important role on the dynamics of coastal small pelagic stocks. It appears that the variability is mainly seasonal in the Canary and Benguela systems and interannual in the Humboldt and California systems.

The impact of this variability on resources was shown mainly for the Peruvian area. In this Pacific ocean area under the Humboldt current influence, the abundance of anchovies and sardines is controlled by the El Niño and La Niña phenomena. Anchovies are more abundant during cold events and sardines are more abundant during warm events. In addition, it was stressed that a good understanding of the relations between the resources and the environment required an intense and regular monitoring of the fishery and experimental surveys. These actions are essential for obtaining indicators that can be used to manage the fisheries.

Following this introduction, ten presentations were made covering oceanography, notably on environmental parameters and the relations with the abundance and distribution of coastal pelagic species such as sardine (*Sardina pilchardus*) and horse mackerel (*Trachurus trecae*). They included: i) an analysis of oceanographic data drawn from databases fed by satellite imagery (accessible via Internet) and from oceanographic surveys undertaken by AtlantNIRO in the exclusive economic zone (EEZ) of Mauritania and Morocco; ii) scientific work undertaken in Morocco to identify spawning and nursery areas; iii) relations between the abundance of sardines and temperature; iv) relations between the abundance of horse mackerel (*Trachurus*

tracae) and temperature in Mauritania; v) the analysis of catches taken by European trawlers in Mauritania and landed in Las Palmas, showing the relations between landings and sea surface temperature; and vi) an analysis of areas of concentration of *ethmalosa* and *alosa* in Senegambian waters using acoustic data.

Oceanographic data were drawn from important databases fed by satellite imagery (accessible via Internet) and from the 22 oceanographic surveys undertaken by AtlantNIRO in the EEZ of Morocco and Mauritania between 1994 and 2008. The longest time series available concerns wind and sea temperature in the Canary Current area from 1946 to 2005. Relatively low temperatures were observed from 1970 to 1980. A warming trend is noted from 1995 onward. The wind has fluctuated but intensified since 1990.

Scientific work undertaken in Morocco has identified spawning and nursery areas as well as the relations between fluctuations in the abundance of sardines and temperature. More specifically, strong anomalies in the environmental indices were shown during the spectacular collapse of the sardine stock in 1997. A number of possible explanations were discussed and, while the exact causes are not yet fully understood, it is obvious that the environment has played a major role in the biomass reduction.

In Mauritania, no relation could be identified between temperature and the abundance of the horse mackerel (*Trachurus trecae*). Factors such as gyres, light and winds, have an important influence on the survival rates and the concentration areas of larvae.

The analysis of catches taken by European trawlers in Mauritania and landed in Las Palmas has shown the seasonal variability of sardine and sardinella catches and the relation of catches with surface temperature. The existence of demersal species bycatch by pelagic trawlers was underscored.

The acoustic surveys conducted by the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* in Senegal/Gambia waters have allowed the identification of the geographical and bathymetric distribution of the areas of concentration of *ethmalosa* and *alosa*.

The general discussion that followed the presentations led to the identification of the research needed by the industry, and notably the need for environmental indicators predicting rapid climatic changes that have a significant impact on the resources and the enterprises. The need to mobilize (coordinate) means and competences around common research themes and to harmonize fishery management policies was also underlined.

3. METHODS AND MODELS FOR ASSESSING SMALL PELAGIC FISH STOCKS

The keynote presentation by Dr Reidar Tøresen from the Institute of Marine Research in Bergen reviewed the main assessment models used for the small pelagic stocks and fisheries assessment in the region. It concluded that: (i) when good data were available and the underlying assumptions were not severely violated, the assessment method used had little impact on the conclusions; (ii) when the data available were poor, the results were unreliable, no matter the methods used; and (iii) when the data are of variable quality, it may be worthwhile to look for the method that relies mostly on the best data.

Eleven papers were presented covering themes such as: (i) the acoustic methods applied off Northwest Africa with the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*, the national vessels from Morocco (R/V *Al Amir*), Mauritania (R/V *Al Awam*), Senegal (R/V *Itaf Deme*) and Russia (R/V *Atlantida*); (ii) the intercalibration and parallel surveys carried out since 2004 between R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and the local research vessels; (iii) acoustic target strength experiments for chub mackerel and statistical analyses of acoustic target identification; (iv) assessment methods using length distributions, the virtual population assessment (VPA) and biological indicators; and (v) a group of more complex methods still under development.

The acoustic methods applied off Northwest Africa with the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*, the national vessels from Morocco (R/V *Al Amir*), Mauritania (R/V *Al Awam*), Senegal (R/V *Itaf Deme*) and the Russian Federation (R/V *Atlantida*) were described. The intercalibration and parallel surveys carried out since 2004 between R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and the local research vessels were highlighted and the methods applied as well as the implications for the future were discussed. Other presentations provided information on acoustic target strength experiments for chub mackerel and statistical analyses of acoustic target identification.

A group of simple assessment methods was presented and discussed. Suggestions to improve the assessment methods by using length distributions and virtual population analysis (VPA) for small pelagic fish were made and a simple method using biological indicators was shown. Some questions were raised and discussed concerning the assumptions made in this latter approach.

A group of more complex methods was also presented. These methods, still under development, take into account various parameters including a wide range of environmental indices, as well as predation and recruitment predictions. The discussions of these methods were centred on the predator–prey relationships and the impact of not including these parameters in the assessment models.

In the discussions, it was stressed that the assessments were critically dependent on stock indices obtained through scientific surveys and that a failure to carry out coordinated surveys in the four countries in the future would impair the work of the Assessment Working Group, affecting its management advice. The biomass estimates are dependent on the time of the year. At present, in the region, only one regional survey is carried out each year. In order to use these data for coordinated management of shared stocks, e.g. for establishing an allocation by zone, several surveys would have to be carried out during one year to obtain a more precise average picture of the biomass distribution in the region. In addition, surveys aiming at assessing recruitment levels should be carried out to enhance the short-term forecasting of fish abundance.

4. MANAGEMENT OF FISHERIES ON SHARED RESOURCES

The keynote presentation by Dr Benedict Satia from the University of Washington gave a broad overview of the elements most important for shared stocks management. The participants were reminded of the reasons why the non-coordination of national management strategies, required by the United Nations (UN) Convention on the Law of the Sea, was a serious failure, leading to considerable economic losses and, eventually, to the destruction of the production system. The presentation recalled the precautionary principle and its implications in this particular case. It indicated the elements essential to the negotiation process needed for the establishment of an equitable and sustainable agreement for joint management. It also illustrated the different steps in a typical process needed to put in place such an agreement, with all the institutional adaptations needed for its implementation.

Nine presentations and three posters were presented covering various aspects relevant to the theme. They covered: (i) the economic implications of stock sharing, including game theory and its potential usefulness in preparation of negotiations; (ii) a review of the work undertaken within the Nansen Programme to reinforce the regional scientific collaboration, the knowledge of stocks, and the capacity to analyse and manage shared stocks; (iii) a summary of the knowledge available on the resources and present management of sardinella; (iv) a simple analysis of the implications of setting country quotas for that species; (v) a bioeconomic analysis of the Moroccan fishery; (vi) a review of the socio-economic importance of small pelagic fish for the populations of the region; (vii) a reflection on the role of small pelagic species for the development of coastal countries and their potential on the regional market in response to the new trade rules imposed by World Trade Organization (WTO); (viii) a perspective on

impacts of trade, markets, and the impact of climate change and prices; and finally (ix) an analysis of the characteristics of small pelagics and their environmentally-driven variability (and instability) on the sustainability of the exploitation, with a proposal for management at both the strategic and operational scales.

During the discussions, a number of issues were addressed concerning the nature of scientific advice, the mechanism of elaboration of the advice, the sustainability of the efforts promoted by the Nansen Project, the strategy to cope with variability, game theory and market perspectives.

Scientific collaboration on small pelagics had been strengthened in the subregion in recent years through, among others, the activities of the Nansen Programme. The benefits generated by the project and the regional capacity to maintain and improve its means of observation can only be sustained in the longer term through scientific collaboration between coastal States' scientific institutions.

It was stressed that scientific advice would need to be followed up with a presentation of the possible management options and an in-depth analysis of their operational implications, and that the various mechanisms for elaborating advice need to become more participatory, involving more directly the main stakeholders.

The importance of using an adaptive approach in dealing with the high risks inherent to small pelagic fisheries in highly dynamic regions was underscored. The potential usefulness of game theory in preparing the negotiations in shared stock management was noted.

Finally, it was noted that the price of small pelagics was likely to increase substantially owing to increasing demands, and that the risk of further rapid growth in capacity was rather high, as well as there being a risk to see an increase in exports at the expense of local food security.

5. GENERAL DISCUSSION

Following the discussion of the presentations made under Theme 4, a general discussion was organized with the view to discuss the issues strictly related to the joint or coordinated management of fisheries on shared pelagic fish resources. Four questions were put forward to the participants:

- (1) Is it clear to all scientists that many stocks are shared?
- (2) Is it clear to deciders and key industry players that many stocks are shared?
- (3) Why are there no formal shared stocks agreements yet in the area?
- (4) What could be done to promote such agreements?

The first two questions intended to check the level of consensus among stakeholders. The third question intended to identify eventual blocking arguments or objective reasons impeding agreements. The last question intended to identify practical steps to move towards such agreements.

5.1 Are stocks shared in Northwest Africa?

Consensus among scientists

Scientists largely agree that evidence of the main pelagic stocks (i.e. sardine, sardinella, anchovy, horse mackerel and mackerel) being distributed across many EEZs had been available for a long time.

The meeting had even shown some evidence of some sharing of the sardine stock between the African coast and Canary Islands as well as with continental Spain and Portugal (e.g. for northern most stocks of sardine and anchovy). Mention was made of the presence of sardines as far south as Sierra Leone.

It was agreed that in most cases, more than two countries shared the resources. This implied that agreements would need to be considered on a species-by-species basis, and at subregional level. It was also mentioned that while many more species (e.g.

ethmalosa) might also be shared, there still remained some uncertainties. In any case, it was likely that even smaller coastal stocks might be shared bilaterally.

A point of discussion was as to whether scientists had done their best to inform the appropriate institutions of the countries of the issue and of its potential consequences. Scientists inform decision-makers and industry on the state of stocks through illustrated reports and in formal meetings at regular intervals, however, few specific analyses have been made to illustrate the pros and cons of shared management, in economic and social terms, illustrating in particular the increased risks of collapse in the absence of a management agreement.

Consensus among decision-makers and industry

It was underlined that the fishery research staff of the region were in general trusted and listened to by both managers and industry leaders. As a consequence, all representatives of the fishery management authorities of the region indicated that they were fully convinced that large stocks of small pelagics were shared between neighbouring countries and that, considering the declining state of these resources, joint management would be useful. This was particularly the case for the large-scale industrial fisheries. Whether the small coastal commercial fleets were aware of the stock sharing and its implications was unclear. Some participants indicated that even the smaller-scale fishers had been made aware through seminars and that it appeared in informal conversations with them that the concept that many stocks were shared from Mauritania to Sierra Leone was widely spread. It was suggested that, in case of uncertainty, the precautionary approach should apply.

Many participants stressed the fact that the existence of CECAF and the subsequent development of the Subregional Fisheries Commission (SRFC) and other regional agreements were proof that policy-makers, in the region, were aware of the existence of important shared resources and of the need to collaborate in their assessment and management although collaboration on management remained minimal. Nonetheless, the present efforts towards harmonization of legislation and collaborative monitoring control and surveillance are going in the right direction.

At the national level, the existence of advisory committees involving research, policy and industry was mentioned as an effective tool through which awareness is developed.

The meeting seems to have uncovered the fact that some stocks (e.g. sardine) were shared with neighbours but also made of genetically different components with unclear connections. This indicates the need to determine rapidly the most appropriate management units. Participants also stressed that, considering the dynamics of the resources and the interannual changes in distribution, it might be necessary to develop dynamic sharing agreements to give the industry the necessary flexibility and resilience.

5.2 Reasons impeding agreements at present

The discussion intended to find out whether the absence of formal agreements resulted from unawareness of the risks incurred, specific political difficulties, or perceived operational difficulties and costs. The arguments presented were as follows:

- **A matter of degree:** The degree to which a stock was shared and the impact by neighbouring fleets might not be clear enough. Partly in contradiction with what was mentioned above, it was mentioned that in some countries, more efforts were still needed to “convince” the policy-makers that shared stocks agreements would be worth negotiating.
- **Sovereignty issues:** There are still, in the region, some questions of sovereignty that may hamper progress towards shared stocks agreement. It would be useful to find ways to develop such agreements without interfering with these questions.
- **A missing link:** There is a missing link between the rich research collaboration and joint assessments and the implementation by the countries concerned. It was

stressed that while the managers had indeed a lot of information (on distribution, state of stocks, etc.), they did not always have the specific information needed to decide about participating or not in a sharing agreement.

- **Political will:** Despite availability of scientific advice, the political institutions lacked the will to make the appropriate decisions, a phenomenon already recognized in many other parts of the world. From another angle, it was mentioned that in the centralized management system used in most countries, managers cannot delegate and are too busy to think about shared stocks management. Only a crisis would provide the needed incentive. It was suggested that, for example, COMHAFAT could take the matter up at the highest level possible to build up the political support in the region.
- **Socio-economic consequences:** Policy-makers are aware of the fact that measures promoted on the basis of biology also can have significant technological, political, social and economic dimensions that were not (or could not be) always clarified. An important issue was the awareness of the existence of overcapacity in the region and some uncertainty as to how this would be resolved in a shared agreement.
- **Underexploitation:** As long as stocks were believed to be abundant and underused, the political preoccupation was minimal. The fact that most stocks are now recognized as fully exploited or under severe pressure is providing a stronger incentive for shared stocks agreements. This is why the preoccupation grew more rapidly on demersal high value fish than on small pelagics. This is also why the policy-makers' language is changing.
- **Specialization:** While stocks are indeed shared, countries have been rather "specialized" in the past, e.g. Morocco leading on sardine and anchovy, Mauritania leading on mackerel and horse mackerel, and Senegal leading on sardinella. It was indeed mentioned that if all countries attempted to diversify their targets, the situation would become rapidly catastrophic as the de facto "protected areas" in the countries where the species is not exploited would disappear.

5.3 The way forward – moving the agenda ahead

The discussion intended to identify what could be done by scientists, decision-makers and industry to promote shared stocks agreement, acting at the national or subregional levels and what could be the contribution, if any, of specialized projects

It was generally agreed that urgent action was needed to assess the issue of shared stock management. It would be preferable for the countries not to wait for an eventual collapse to decide to negotiate an agreement. The cost would be very high and the damage to coastal communities very serious.

It has been suggested, as countries in the region have reached different levels of development, that some specific efforts will be needed to bring all the countries concerned (and their stakeholders) to the same level of understanding. Research and management capacity varies between countries and efforts are needed to improve and balance this capacity if a trustful negotiation is to be conducted. The role of regional organizations in that respect would be fundamental, i.e. in ensuring support to the countries in need.

While recognizing the good collaboration that already exists, a stronger science/industry interface would be useful when facing the significant economic stakes implied in a shared stocks agreement as well as improving the science/decision interface to ensure that appropriate advice is provided and used. The involvement of all the main stakeholders, i.e. the scientists (multiple disciplines), decision-makers, industry representatives, and fishers, in the fisheries management process should also be supported.

A stepwise approach may help in progressively establishing a shared stocks management system, including: (i) identification of shared stocks worth being managed

jointly, using agreed criteria; (ii) identification and correction of information gaps for the assessment; (iii) identification of institutional gaps for joint management; (iv) elaboration of a treaty type agreement, (v) establishment of the institutions required (working groups [WGs] and committees); (vi) estimation of a total allowable catch (TAC) with an agreed procedure; and (vii) elaboration of an allocation scheme.

On a scientific level, specific prioritized work is needed, on a stock-by-stock basis, to identify key knowledge gaps, identify and resolve the uncertainties, test the impact of such uncertainties on the potential consequences of the agreement, and see how the precautionary approach might help. It would also be important to analyse worst-case scenarios to determine what might happen and what could be done if an emergency arose from a collapsing stock. Shared stocks management require sharing of knowledge, data and information and the creation of compatible databases (covering the whole stock distribution and its ecosystem).

It was suggested that a Working Group could be formally established in the regional organizations to look at the process currently used to deliver the advice in the countries of the region. The process should involve all the main stakeholders, i.e. the scientists (multiple disciplines), decision-makers, industry representatives and fishers. The Working Group could be charged to elaborate criteria for sharing (avoiding too costly agreements) and elaborate proposals for further specific studies about shared stocks management.

Industry leaders indicated that they would be willing to promote the idea of joint management. It was mentioned that the industry was already moving ahead with trying to develop commercial agreements that would allow a coordinated exploitation across the fish species distribution range. The question is becoming more relevant as new actors (industrial entrepreneurs and new investors) are coming into the sector.

Institutional issues related to some of the above challenges would also have to be addressed at both the national and regional levels.

The work needed at the **national level** to promote shared stocks agreements includes among others:

- Development of management rules and processes involving industry and other stakeholders, sharing the information available, facilitating a convergence of views among all subsectors concerned. The importance of increased involvement of the different stakeholders in all steps of the management process was stressed.
- Improvement of the capacity for providing scientific advice, validation of the scientific advice quality, and communication of such advice to the different stakeholders.
- Improvement of data and knowledge bases in support of management decisions.
- Harmonization of national legislation and monitoring, control and surveillance (MCS) across the region.

In the future, even though this may complicate the matter it will be necessary, when developing shared stocks agreements, *to integrate planning with management*, putting national decisions regarding long term investments or licensing decisions in perspective with the shared stock management plan.

The importance of developing initiatives both at national and regional levels, in parallel was stressed. The regional level is needed to mobilize political will and to motivate and assist those needed help to proceed. Regional consultation meetings are a priority and the fishing industry could take initiatives in that regard.

At the **regional level**, the regional organizations could decide to undertake a cycle of meetings aiming at promoting and facilitating the development of shared stocks agreements. A first important step in that cycle would be to bring the result of the Symposium to the attention of policy-makers.

Specific subregional mechanisms are needed, e.g. to agree on state of stocks, joint management strategies and allowable catches as well as allocations by country/fleet. These mechanisms need to be attended by specifically mandated representatives with

negotiating power. They should probably be nested within (one or more of) the existing regional commissions that would serve as institutional umbrellas.

The fact that Morocco was not yet formally a member of the CSRP was mentioned as a difficulty although interim solutions are already in place. Regarding the role of CECAF, it was noted that the closing of its Sub-Committee on Management made it difficult to play a management role beyond promoting collaborative research. In addition, to be really effective in that matter, regional organizations should find ways to make the participation of industry (large and small scale) more effective.

Practical understanding of the implications (operational, etc.) of shared stock agreements and *pilot projects* would be extremely worthwhile. It was suggested that regional projects could take up the matter. Small-scale fisheries pilot projects could also be very useful to test the possibility to develop shared stocks management between small-scale fishing communities of neighbouring countries exploiting the same coastal stocks (e.g. mullets, *ethmalosa*). For operational and costs reasons, these experiments may have to be area-based (covering all shared resources in an area) as opposed to resource-based.

The conduct of a symposium at regular intervals to address shared stock issues at various scales also received strong support.

1. RESSOURCES ET EXPLOITATION: BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DES PRINCIPALES RESSOURCES ET ÉTAT DES PÊCHES

L'orateur invité, Dr Eduardo Balguerías, de l'Institut espagnol d'océanographie (IEO), a présenté une vue d'ensemble des ressources de petits poissons pélagiques en Afrique du nord-ouest. La capture totale annuelle moyenne dans la région a fluctué autour de 2 millions de tonnes. Actuellement, les principales espèces récoltées sont *Sardina pilchardus* (800 000-1 000 000 tonnes/an), *Sardinella aurita* (300 000-400 000 tonnes/an), *Sardinella maderensis* (100 000-150 000 tonnes/an), chinchards (*Trachurus trecae* et *T. trachurus*) (200 000-400 000 tonnes/an), *Engraulis encrasicolus* (100 000-150 000 tonnes/an) et *Ethmalosa fimbriata* (30 000-50 000 tonnes/an). Ces captures élevées illustrent l'importance des petits poissons pélagiques pour la région de l'Afrique occidentale. La capture est saisonnière et liée à la disponibilité des espèces cibles et du schéma de migration dans la zone de pêche. Les flottilles impliquées sont hétérogènes et composées de canoës domestiques (pirogues), de senneurs traditionnels et de chalutiers pélagiques industriels.

L'état des stocks pélagiques en Afrique du nord-ouest a été dernièrement analysé par le Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques en Afrique du nord-ouest, qui s'est tenu à Agadir (Maroc) en 2007. L'évaluation des stocks est le plus souvent basée sur des modèles de production dynamique. Les campagnes acoustiques restent l'outil de base pour évaluer les tendances de la biomasse et fournissent des indices d'abondance indépendants des captures commerciales qui peuvent être insérées dans les modèles. Tous les stocks sont pleinement exploités ou surexploités, à l'exception de *Sardina pilchardus* dans la Zone C (Cap Boujador et vers le sud), actuellement peu exploités mais très variables. Aucun système international d'aménagement efficace n'a été mis en place pour les stocks sous de multiples juridictions. Les recommandations d'aménagement formulées par le Groupe de travail sont tout simplement approuvées par le Sous-Comité scientifique du Comité des pêches pour l'Atlantique centre-est (COPACE) sans autre forme de discussion et les scientifiques reçoivent très peu de feedback ou d'orientations de la part des dirigeants.

Pour améliorer la situation actuelle, plus de données doivent être recueillies sur l'identification des stocks. Les études biologiques et le suivi des ressources doivent être poursuivis et intensifiés par l'amélioration de l'analyse des données de campagne et en promouvant plus d'études sur l'écosystème. Le rôle et la capacité d'aménagement des organisations régionales de pêche telles que le COPACE, la CSRP et COMHAFAT¹ devraient être renforcés. En outre, le dialogue entre les scientifiques et les dirigeants devrait être accru.

Après cette introduction, quatorze interventions orales et neuf posters ont été présentés, décrivant les avancées de la recherche pour les différentes espèces couvrant des sujets tels que : i) les progrès réalisés dans l'identification du stock de sardine y compris des études génétiques, méristiques et morphométriques; ii) l'analyse des fréquences de tailles pour *Sardinella aurita*; iii) l'analyse historique des statistiques pour les captures en Mauritanie; et iv) un certain nombre de présentations portant sur les pêcheries du Bénin, de la Côte d'Ivoire, du Gabon, du Ghana, de la Guinée, du Sierra Leone, du Sénégal et du Togo. Toutes ces présentations ont illustré le rôle important des petits poissons pélagiques pour la population locale et pour la pêche artisanale. Elles ont en outre souligné le besoin d'informations biologiques complémentaires sur les stocks dans ces régions.

Deux études ont été présentées portant sur des études génétiques (allozymes et microsatellites) ainsi que des études morphométriques et méristiques. L'image

¹ COPACE: Comité des pêches pour l'Atlantique centre-est; CSRP: Commission sous-régionale des pêches; COMHAFAT: Conférence ministérielle sur la coopération halieutique entre les États africains riverains de l'océan Atlantique.

globale qui se dégage de ces études est que le stock marocain pourrait être divisé en une composante sud et une composante nord. La frontière entre les deux sous-populations peut être tracée à la latitude de Sidi Ifni. Pour la sardine européenne, des différences nettes existent entre la population le long de la côte de l'Europe occidentale et les populations dans l'est de la Méditerranée ainsi qu'autour des îles des Açores et de Madère.

Pour *Sardinella aurita*, une analyse des fréquences de tailles dans les groupes d'âge a été présentée suggérant une croissance rapide. Les résultats sont en contradiction avec ceux obtenus à partir de la lecture des otolithes qui fournit une croissance beaucoup plus lente. Si l'on accepte le taux de croissance élevé qui ressort des études de fréquences de tailles, il semble que la population de *S. aurita* a fortement diminué ces dernières années. La plupart des poissons âgés de trois ans et plus semblent avoir été retirés de la population et la pêche est devenue dépendante des poissons âgés de un et deux ans. Une analyse de la pêche industrielle ciblée sur *Sardinella aurita* en Mauritanie indique que la diminution de la population était au moins en partie liée à l'effort de pêche accru des navires de l'Union Européenne visant spécifiquement cette espèce.

Les statistiques de capture pour certaines des zones ne sont peut-être pas encore parfaites. Une analyse historique des statistiques de captures en Mauritanie, après consultation de toutes les sources a conduit à la conclusion que les captures de la flotte industrielle sont probablement rabaisées d'environ 30 pour cent auxquels il faut ajouter les rejets non enregistrés. La correction de ces lacunes (par un certain nombre de suppositions arbitraires) a mis en évidence que les captures réelles en Mauritanie pourraient avoir dépassé 1 million de tonnes/an au cours de certaines des dernières années. Ces erreurs dans les statistiques de captures doivent évidemment être corrigées avant qu'un système de gestion conjointe puisse être mis en place.

Au cours de la discussion qui a suivi les interventions, il a été souligné que plusieurs des problèmes discutés pendant la session existaient depuis des décennies. Cependant, des progrès considérables ont été réalisés ces dernières années, notamment: (i) la création du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale; (ii) la continuation des campagnes acoustiques par le N/R Dr. Fridtjof Nansen et l'Institut AtlantNIRO; (iii) les campagnes conjointes entreprises par les navires nationaux de recherche du Maroc, de la Mauritanie et du Sénégal; et (iv) les progrès importants en matière d'études génétiques. Ces progrès peuvent offrir une base pour un futur système d'aménagement international dans la région.

2. DYNAMIQUE ET VARIABILITÉ DES POPULATIONS DE POISSONS PÉLAGIQUES ET DES INFLUENCES DU MILIEU

La présentation générale par Dr Miguel Niquen de l'Institut de la mer du Pérou (IMARPE) a indiqué les caractéristiques principales des quatre systèmes d'upwelling les plus productifs du monde, dans lesquels la variabilité des courants de Humboldt, de Californie, des Canaries et de Benguela a joué un rôle important sur la dynamique des stocks de petits pélagiques côtiers. Il s'avère que la variabilité est principalement saisonnière pour les systèmes des courants des Canaries et de Benguela et qu'elle est interannuelle pour les systèmes de Humboldt et de Californie.

L'impact de cette variabilité sur les ressources a été principalement mis en évidence pour la région péruvienne. Dans cette région de l'océan Pacifique sous l'influence actuelle du courant Humboldt, l'abondance d'anchois et de sardines est contrôlée par le phénomène El Niño et La Niña. Les anchois sont plus abondants au cours des épisodes de froid et les sardines sont plus abondantes au cours des épisodes de chaleur. En outre, il a été souligné qu'une bonne compréhension des relations entre les ressources et l'environnement exige un suivi intense et régulier de la pêche et des campagnes expérimentales. Ces actions sont essentielles pour obtenir des indicateurs qui peuvent être utilisés pour l'aménagement des pêcheries.

Après cette introduction, dix présentations ont été faites couvrant l'océanographie de la région notamment les paramètres environnementaux et les relations avec l'abondance et la distribution des espèces pélagiques côtières comme la sardine (*Sardina pilchardus*) et le maquereau (*Trachurus trecae*). Elles comprenaient : i) une analyse des données océanographiques tirées des bases de données alimentées par l'imagerie satellite (accessible à travers Internet) et des campagnes océanographiques réalisées par AtlantNIRO dans la zone économique exclusive (ZEE) du Maroc et de la Mauritanie; ii) un travail scientifique entrepris au Maroc pour identifier les zones de frai et de ponte; iii) les relations entre l'abondance des sardines et la température; iv) les relations entre l'abondance des maquereaux (*Trachurus trecae*) et la température en Mauritanie; v) l'analyse des captures prises par les chalutiers européens en Mauritanie et débarquées à Las Palmas mettant en évidence des relations entre les débarquements et la température superficielle de la mer; vi) une analyse des zones de concentration de l'ethmalose et de l'alose dans les eaux de la Gambie et du Sénégal en utilisant des données acoustiques.

Les données océanographiques ont été tirées des bases de données importantes alimentées par l'imagerie satellite (accessible à travers Internet) et des 22 campagnes océanographiques réalisées par AtlantNIRO dans la ZEE du Maroc et de la Mauritanie entre 1994 et 2008. La plus longue série chronologique disponible concerne le vent et la température de la mer dans la région du courant des Canaries de 1946 à 2005. Des températures relativement faibles ont été observées de 1970 à 1980. Une tendance au réchauffement est à noter à partir de 1995. Le vent a fluctué, mais s'est intensifié depuis 1990.

Un travail scientifique entrepris au Maroc a identifié les zones de frai et de ponte ainsi que les relations entre les fluctuations de l'abondance des sardines et de la température. Plus précisément, de fortes anomalies dans les indices environnementaux ont été mises en évidence lors de l'effondrement spectaculaire du stock de sardine en 1997. Un certain nombre d'explications possibles a été discuté et bien que les causes exactes ne soient pas encore bien comprises, il est évident que l'environnement a joué un rôle majeur dans la réduction de la biomasse.

En Mauritanie, aucun lien n'a pu être identifié entre la température et l'abondance des maquereaux (*Trachurus trecae*). Des facteurs tels que les tourbillons, la lumière et les vents ont une influence importante sur les taux de survie et les zones de concentration des larves.

L'analyse des captures prises par les chalutiers européens en Mauritanie et débarquées à Las Palmas ont mis en évidence la variabilité saisonnière des captures de sardine et de sardinelle et la relation des captures avec la température superficielle de la mer. L'existence des prises accessoires d'espèces démersales par les chalutiers pélagiques a été soulignée.

Les campagnes acoustiques effectuées par le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* dans les eaux du Sénégal/Gambie ont permis l'identification de la distribution géographique et bathymétrique des zones de concentration de l'ethmalose et de l'alose.

La discussion générale qui a suivi les présentations a conduit à l'identification de la recherche requise par l'industrie, et notamment à l'identification du besoin d'indicateurs environnementaux prévoyant les changements climatiques rapides qui ont un impact significatif sur les ressources et les entreprises. La nécessité de mobiliser (coordonner) des moyens et des compétences autour des thèmes communs de recherche et d'harmoniser les politiques d'aménagement des pêches a été également soulignée.

3. MÉTHODES ET MODÈLES POUR L'ÉVALUATION DES STOCKS DE PETITS POISSONS PÉLAGIQUES

Au cours de la présentation faite par Dr Reidar Tørensén de l'Institut de recherche marine à Bergen, les principaux modèles d'évaluation utilisés pour les stocks de petits pélagiques et l'évaluation des pêches dans la région ont été passés en revue. Il a été

conclu que: (i) quand des données exactes sont disponibles et que les hypothèses sous-jacentes ne sont pas sévèrement violées, la méthode d'évaluation employée a peu d'impact sur les conclusions; (ii) quand les données disponibles sont insuffisantes, les résultats sont peu fiables quelles que soient les méthodes utilisées; et (iii) quand les données sont de qualité variable, il peut être intéressant de rechercher la méthode qui se fonde surtout sur les meilleures données.

Onze documents ont été présentés couvrant des thèmes comme: (i) les méthodes acoustiques appliquées au large de l'Afrique du nord-ouest avec le N/R *Dr. Fridtjof Nansen*, les navires nationaux du Maroc (N/R *Al Amir*), de Mauritanie (N/R *Al Awam*), du Sénégal (N/R *Deme*) et de la Fédération de Russie (N/R *Atlantida*); (ii) les campagnes d'intercalibration et parallèles effectuées depuis 2004 entre le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* et les navires locaux de recherches; (iii) les expériences d'intensité de cible acoustique pour le maquereau et les analyses d'identification de la cible acoustique; (iv) les méthodes d'évaluation utilisant les longueurs, Virtual Population Analysis (VPA) et indicateurs biologiques; et (v) un groupe de méthodes plus complexes en cours de développement.

Les méthodes acoustiques appliquées au large de l'Afrique du nord-ouest avec le N/R *Dr. Fridtjof Nansen*, les navires nationaux du Maroc (N/R *Al Amir*), de Mauritanie (N/R *Al Awam*), du Sénégal (N/R *Itaf Deme*) et de la Fédération de Russie (N/R *Atlantida*) ont été décrites. Les campagnes d'intercalibration et parallèles effectuées depuis 2004 entre le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* et les navires locaux de recherches ont été mises en évidence et les méthodes appliquées ainsi que les implications pour l'avenir ont été discutées. D'autres interventions ont fourni des informations sur les expériences d'intensité de cible acoustique pour le maquereau et les analyses d'identification de la cible acoustique.

Un groupe de méthodes d'évaluation simples a été présenté et discuté. Des suggestions pour améliorer les méthodes d'évaluation en utilisant les longueurs et VPA pour les petits poissons pélagiques ont été faites et une méthode simple utilisant des indicateurs biologiques a été présentée. Quelques questions ont été soulevées et discutées concernant les suppositions formulées au cours de cette dernière approche.

Un groupe de méthodes plus complexes a également été présenté. Ces méthodes, encore en développement, tiennent compte de divers paramètres, y compris une large gamme d'indices environnementaux, ainsi que des prévisions de prédation et de recrutement. Les discussions de ces méthodes ont été centrées sur les relations prédateur-proie et l'impact de ne pas inclure ces paramètres dans les modèles d'évaluation.

Il a été souligné dans les discussions que les évaluations reposaient principalement sur les indices d'abondance des stocks obtenus dans le cadre des campagnes scientifiques et que si les campagnes coordonnées devaient cesser dans les quatre pays, le travail du Groupe de travail sur l'évaluation en serait profondément affecté, tout particulièrement au niveau des informations concernant l'aménagement. Les évaluations de biomasse dépendent de la période de l'année. Actuellement, dans la région, une seule campagne régionale est effectuée tous les ans. Afin d'utiliser ces données pour l'aménagement coordonné des stocks partagés, par exemple pour établir une attribution par zone, plusieurs campagnes devraient être effectuées pendant une année afin d'obtenir une image plus fiable de la distribution de la biomasse dans la région. En outre, des campagnes visant à l'évaluation des niveaux de recrutement devraient être effectuées pour améliorer les prévisions à court terme sur l'abondance des populations de poissons.

4. AMÉNAGEMENT DES RESSOURCES HALIEUTIQUES PARTAGÉES

La présentation principale par Dr Benedict Satia de l'Université de Washington a fourni une vue d'ensemble des éléments les plus importants pour l'aménagement des stocks partagés. Il a été rappelé aux participants quelles étaient les raisons pour lesquelles

le manque de coordination des stratégies nationales d'aménagement, exigée par la Convention de l'Organisation des Nations Unies (ONU) sur le droit de la mer, était un échec sérieux, responsable de pertes économiques considérables et, éventuellement, de la destruction du système de production. La présentation a rappelé le principe de précaution et ses implications dans ce cas particulier. Elle a indiqué les éléments essentiels au processus de négociation indispensable pour l'établissement d'un accord équitable et durable pour la gestion commune. Elle a également illustré les différentes étapes nécessaires à la mise en place d'un tel accord avec toutes les adaptations institutionnelles nécessaires à sa mise en œuvre.

Neuf présentations et trois posters ont été présentés couvrant divers aspects relatifs à ce thème. Elles ont couvert: (i) les implications économiques du partage des stocks, utilisant la théorie des jeux et son utilité potentielle dans la préparation des négociations; (ii) un examen du travail entrepris dans le cadre du Programme Nansen en vue du renforcement de la collaboration scientifique régionale, de la connaissance des stocks, et de la capacité d'analyser et de gérer les stocks partagés; (iii) un résumé de la connaissance disponible sur les ressources et la gestion actuelle de la sardinelle; (iv) une analyse simple des implications nationales de l'établissement des quotas pour cette espèce; (v) une analyse bio-économique de la pêche marocaine; (vi) un examen de l'importance socio-économique des petits poissons pélagiques pour les populations de la région; (vii) une réflexion sur le rôle des espèces de petits pélagiques pour le développement des pays côtiers et leur potentiel sur le marché régional en réponse aux nouvelles règles commerciales imposées par l'Organisation mondiale du commerce (OMC); (viii) une perspective sur les répercussions du commerce, des marchés, et sur les répercussions du changement climatique et des prix ;et enfin (ix) une analyse des caractéristiques des petits pélagiques et de leur variabilité (et instabilité) liée à l'environnement sur la durabilité de l'exploitation avec une proposition d'aménagement aux niveaux stratégique et opérationnel.

Pendant les discussions, un certain nombre de questions a été abordé concernant la nature du conseil scientifique, le mécanisme d'élaboration du conseil, la durabilité des efforts fournis par le projet Nansen, la stratégie pour faire face à la variabilité et les perspectives du marché.

Ces dernières années, la collaboration scientifique sur les petits pélagiques a été renforcée dans la sous-région notamment par les activités du Programme Nansen. Les bénéfices générés par le projet et la capacité régionale de maintenir et d'améliorer ses moyens d'observation ne pourront être maintenus, à plus long terme, que par la collaboration scientifique entre les institutions scientifiques des États côtiers.

Il a été souligné qu'il faudrait que le conseil scientifique soit suivi d'une présentation des différentes options d'aménagement et d'une analyse détaillée de leurs implications opérationnelles et que les divers mécanismes pour l'élaboration du conseil devront être davantage fondés sur la participation, avec une collaboration plus directe des parties prenantes.

L'importance d'employer une approche adaptative en faisant face aux risques élevés inhérents à la pêche des petits pélagiques dans des régions fortement dynamiques a été soulignée. L'utilité potentielle de la théorie des jeux pour la préparation des négociations dans le cadre de l'aménagement des stocks partagés a été notée.

Enfin il a été noté que le prix des petits pélagiques était susceptible d'augmenter considérablement en raison de la demande croissante et que le risque d'une croissance rapide de la capacité était plutôt élevé, de même que le risque d'assister à une augmentation des exportations aux dépens de la sécurité alimentaire locale.

5. DISCUSSION GÉNÉRALE

Suite à la discussion des interventions qui ont été faites dans le cadre du Thème 4, une discussion générale a été organisée en vue de discuter les questions strictement liées à la

gestion conjointe ou coordonnée des pêcheries sur les ressources partagées de poissons pélagiques. Quatre questions ont été soumises aux participants:

- (1) Est-il clair pour tous les scientifiques que de nombreux stocks sont partagés?
- (2) Est-il clair pour les décideurs et les principaux protagonistes de l'industrie que de nombreux stocks sont partagés?
- (3) Pourquoi n'y a-t-il pas encore d'accord officiel de partage des stocks dans la région?
- (4) Qu'est-ce qui pourrait être fait pour promouvoir de tels accords?

Les deux premières questions visaient à vérifier le niveau de consensus entre les parties prenantes. La troisième question visait à identifier d'éventuels arguments de blocage ou des raisons objectives entravant les accords. La dernière question visait à identifier des mesures concrètes pour atteindre de tels accords.

5.1 Les stocks sont-ils partagés en Afrique du nord-ouest?

Consensus des scientifiques

Les scientifiques concordent sur le fait que la preuve concrète que les stocks pélagiques principaux (sardine, sardinelle, anchois, chinchard et maquereau) sont distribués entre de nombreuses ZEE était disponible depuis longtemps.

La réunion avait même mis en évidence un certain partage du stock de sardine entre la côte africaine et les îles Canaries ainsi qu'avec l'Espagne continentale et le Portugal (par exemple pour les stocks nord de sardine et d'anchois). Mention a été faite de la présence de sardines aussi loin au sud que la Sierra Leone.

Il a été convenu que, dans la plupart des cas, plus de deux pays partagent les ressources. Ce qui signifie que des accords devraient être considérés au niveau de chaque espèce et au niveau sous-régional. Il a été également mentionné que, bien que beaucoup d'autres espèces (par exemple ethmalosa) pourraient également être partagées, il restait encore quelques incertitudes. De toute façon, il est probable que même des stocks côtiers plus petits pourraient être partagés bilatéralement.

Un point de la discussion était de savoir si les scientifiques avaient fait l'impossible pour informer les institutions concernées des pays sur la question et ses conséquences potentielles. Les scientifiques informent les décideurs et l'industrie sur l'état des stocks par des rapports illustrés et lors de réunions formelles à intervalles réguliers. Toutefois peu d'analyses spécifiques ont été faites pour illustrer le pour et le contre de la gestion partagée, en termes économiques et sociaux, illustrant en particulier les risques accrus d'effondrement en l'absence d'un accord de gestion.

Consensus des décideurs et de l'industrie

Il a été souligné que les directeurs et les leaders de l'industrie faisaient en général confiance au personnel de la région impliqué dans les pêches et dans la recherche et qu'ils les écoutaient. Par conséquent, tous les représentants des autorités en matière d'aménagement des pêches de la région ont fait savoir qu'ils étaient tout à fait convaincus que les grands stocks de petits pélagiques sont partagés entre les pays voisins et qu'en raison du déclin de ces ressources, leur gestion conjointe serait souhaitable. C'est tout particulièrement le cas pour les grandes pêcheries industrielles. Il n'était pas évident que les petites flottilles commerciales côtières aient été au courant du partage des stocks et de ses conséquences. Certains participants ont indiqué que même les petits pêcheurs de la pêche artisanale ont été mis au courant par les séminaires et qu'il semblait au cours de conversations informelles que le concept que de nombreux stocks ont été partagés de la Mauritanie à la Sierra Leone a été largement répandu. Il a été suggéré qu'en cas d'incertitude, l'approche de précaution doit être appliquée.

Un grand nombre de participants ont souligné le fait que l'existence du COPACE et le développement de la Commission sous-régionale des pêches (CSRP) qui s'en est

suivi ainsi que d'autres accords régionaux, étaient une preuve que les responsables politiques, dans la région, étaient au courant de l'existence d'importantes ressources partagées et de la nécessité de collaborer à leur évaluation et leur gestion, bien que la collaboration au niveau de la gestion soit demeurée insignifiante. Néanmoins, les efforts actuels vers l'harmonisation de la législation et une collaboration en matière de contrôle et de surveillance vont dans la bonne direction.

Au niveau national, l'existence de Comités consultatifs liant la recherche, la politique des pêches et l'industrie a été considérée comme un outil efficace pour une réelle prise de conscience.

La réunion semble avoir découvert le fait que certains stocks (par exemple la sardine) ont été partagés avec les voisins, mais qu'ils étaient également composés de composants génétiquement différents avec des relations peu claires. Il est donc nécessaire de déterminer rapidement les unités de gestion les plus appropriées. Les participants ont également souligné que, en tenant compte de la dynamique des ressources et des changements interannuels de la distribution, il pourrait être nécessaire de développer des accords partagés dynamiques afin de donner à l'industrie la flexibilité et la résilience nécessaires.

5.2 Raisons faisant actuellement obstacle à l'établissement d'accords

La discussion visait à déterminer si l'absence d'accords formels résultait de la méconnaissance des risques encourus, de difficultés spécifiques politiques, ou de difficultés opérationnelles perçues et des coûts. Les arguments présentés sont les suivants:

- **Une affaire de degré:** Le degré auquel un stock était partagé et l'impact des flottilles voisines pourrait bien ne pas être suffisamment clair. En partie en contradiction avec ce qui a été mentionné ci-dessus, il a été mentionné que dans certains pays, des efforts supplémentaires étaient encore nécessaires pour «convaincre» les décideurs que les stocks partagés valaient la peine d'être négociés.
- **Questions de souveraineté:** Il y a toujours, dans la région, des questions de souveraineté qui risquent de ralentir le progrès vers un accord en matière de stocks partagés. Il serait utile de trouver des moyens de développer de tels accords sans interférer avec ces questions.
- **Un chaînon manquant:** Il y a un chaînon manquant entre la collaboration de recherche riche et des évaluations conjointes et la mise en œuvre par les pays concernés. Il a été souligné que si les dirigeants avaient vraiment beaucoup d'informations (sur la distribution, l'état des stocks, etc.), ils n'avaient pas toujours les informations spécifiques nécessaires pour décider de participer ou non à un accord de partage.
- **Volonté politique:** En dépit de la disponibilité de conseils scientifiques, les institutions politiques ont manqué de volonté pour prendre les mesures nécessaires, phénomène déjà identifié dans beaucoup d'autres régions du monde. D'autre part, il a été mentionné que dans le système de gestion centralisé utilisé dans la plupart des pays, les dirigeants ne peuvent pas déléguer et sont trop occupés pour penser à la gestion partagée des stocks. Seule une crise fournirait l'incitation nécessaire. Il a été suggéré que COMHAFAT par exemple pourrait aborder la question au plus haut niveau possible afin de construire un appui politique dans la région.
- **Conséquences socio-économiques:** Les responsables politiques se rendent compte du fait que les mesures d'ordre biologique ont aussi des dimensions technologiques, politiques, sociales et économiques significatives qui ne sont pas (ou ne peuvent pas être) toujours clarifiées. Une question importante est la prise de conscience de l'existence d'une surcapacité dans la région et d'une certaine incertitude quant à la façon de résoudre ce problème dans le cadre d'un accord partagé.

- **Sous-exploitation:** Tant qu'on croyait que les stocks étaient abondants et sous-utilisés, la préoccupation politique était pratiquement inexistante. Le fait que l'on reconnaisse que la plupart des stocks sont entièrement exploités ou sous une pression excessive est une forte motivation pour les accords de stocks partagés. C'est pourquoi la préoccupation a augmenté plus rapidement sur la valeur élevée des poissons démersaux que sur les petits pélagiques et également la raison pour laquelle la langue des décideurs politiques a changé.
- **Spécialisation:** Alors que les stocks sont bien partagés, certains pays ont été plutôt «spécialisés» dans le passé, par exemple le Maroc en tête avec la sardine et l'anchois, la Mauritanie avec le maquereau et le chinchard, et le Sénégal avec la sardinelle. Il est bien reconnu que si tous les pays essayaient de diversifier leurs cibles, la situation deviendrait rapidement catastrophique alors que les «zones protégées» *de facto*, dans les pays où les espèces ne sont pas exploitées, disparaîtraient.

5.3 La voie à suivre – faire avancer l'ordre du jour

La discussion visait à identifier ce qui pourrait être fait, par les scientifiques, les décideurs et l'industrie pour promouvoir l'accord sur le partage des stocks, au niveau national ou sous-régional et quelle pourrait être la contribution, le cas échéant, des projets spécialisés.

Il a été en général reconnu qu'une action d'urgence était nécessaire en vue d'étudier la question de l'aménagement des stocks partagés. Il serait préférable que les pays n'attendent pas un réel effondrement pour décider de négocier un accord. Le coût serait très élevé et les dommages aux communautés côtières très sérieux.

Il a été suggéré, comme les pays de la région ont atteint différents niveaux de développement, que quelques efforts spécifiques seront nécessaires pour que tous les pays concernés (et leurs intervenants) atteignent un même niveau de compréhension. La capacité de recherche et de gestion varie entre les pays et des efforts sont nécessaires pour améliorer et équilibrer cette capacité si une négociation confiante doit être instaurée. À cet égard, le rôle des organismes régionaux sera fondamental, en garantissant un soutien aux pays qui en ont besoin.

Tout en reconnaissant la bonne collaboration qui existe déjà, une interface science/industrie plus forte serait utile face à des enjeux économiques importants impliqués dans un accord de partage des stocks ainsi que dans l'amélioration de l'interface science/décision pour faire en sorte que des conseils appropriés soient fournis et utilisés. La participation de tous les principaux intervenants, à savoir les scientifiques (disciplines multiples), les décideurs, les représentants de l'industrie, et les pêcheurs dans le processus de gestion des pêches devrait également être appuyée.

Une approche par étapes peut aider à l'établissement progressif d'un système d'aménagement des stocks partagés, à savoir (i) identification des stocks partagés susceptibles d'être gérés conjointement, en utilisant une terminologie commune; (ii) identification et correction des lacunes d'information pour l'évaluation; (iii) identification des lacunes institutionnelles pour la gestion commune, (iv) élaboration d'un accord du type d'un traité, (v) création des institutions nécessaires (Groupes de travail et Comités); (vi) évaluation d'un total catch allowed (TAC) par une procédure d'accord; et (vii) élaboration d'une méthode de répartition.

Sur le plan scientifique un travail spécifique prioritaire est nécessaire, stock par stock, pour identifier les principales lacunes, identifier et résoudre les incertitudes, tester l'impact de ces incertitudes sur les conséquences possibles de l'accord, et voir comment une approche de précaution pourrait être utile. Il serait également important d'analyser les scénarios dans le pire des cas, de comprendre ce qui pourrait arriver et ce qui pourrait être fait en cas d'urgence si un stock s'effondre. La gestion des stocks partagés exige le partage des connaissances, des données et des informations ainsi que la création de bases de données compatibles (couvrant la totalité du stock et son écosystème).

Il a été suggéré qu'un Groupe de travail soit officiellement créé dans les organisations régionales pour examiner le processus actuellement utilisé pour fournir des conseils dans les pays de la région. Le processus doit impliquer tous les acteurs principaux, à savoir les scientifiques (disciplines multiples), les décideurs, les représentants de l'industrie et les pêcheurs. Le Groupe de travail pourrait être chargé d'élaborer des critères pour le partage (éviter les accords trop coûteux) et élaborer des propositions pour de nouvelles études spécifiques sur la gestion partagée des stocks.

Les leaders de l'industrie ont indiqué qu'ils seraient prêts à promouvoir l'idée d'une gestion conjointe. Il a été mentionné que l'industrie a déjà cherché à développer des accords commerciaux qui permettraient une exploitation coordonnée dans la zone de répartition des espèces de poissons. La question est d'autant plus pertinente que de nouveaux acteurs (entrepreneurs industriels et nouveaux investisseurs) pénètrent le secteur.

Les questions institutionnelles liées à certains des défis ci-dessus devront également être abordées aux niveaux national et régional.

Le travail nécessaire **au niveau national** pour promouvoir des accords de stocks partagés inclut notamment:

- Le développement de règles d'aménagement et de procédés impliquant l'industrie et les autres parties intéressées, qui partageront les informations disponibles, facilitant ainsi une convergence d'opinions parmi tous les sous-secteurs concernés. L'importance d'une plus grande implication des différentes parties intéressées à toutes les étapes du processus de gestion a été soulignée.
- L'amélioration de la capacité à fournir des conseils d'ordre scientifique, de valider la qualité scientifique des conseils et communiquer ces conseils aux différentes parties intéressées.
- L'amélioration des bases de données et des bases de connaissances à l'appui des décisions de gestion.
- L'harmonisation de la législation nationale et des systèmes de monitoring, control, and surveillance (MCS) dans toute la région.

À l'avenir, même si cela peut compliquer les choses, il sera nécessaire pour développer des accords de stocks partagés d'intégrer la planification à la gestion en passant en revue les décisions nationales concernant les investissements à long terme ou les décisions de licences avec le plan d'aménagement des stocks partagés.

L'importance de développer des initiatives parallèles, tant au niveau national que régional, a été soulignée. Le niveau régional est nécessaire pour mobiliser la volonté politique et motiver et aider ceux qui avaient besoin d'aide pour continuer. Des réunions consultatives régionales sont une priorité et l'industrie de la pêche pourrait prendre des initiatives à cet égard.

Au niveau régional, les organismes régionaux pourraient décider d'entreprendre un cycle de réunions visant à promouvoir et faciliter le développement des accords de stocks partagés. Une première étape importante de ce cycle serait d'apporter les résultats du symposium à la connaissance des responsables politiques.

Des mécanismes spécifiques sous-régionaux sont nécessaires, par exemple pour s'entendre sur l'état des stocks, les stratégies de gestion conjointe et les captures autorisées ainsi que les allocations par pays/flottille: ces mécanismes doivent être assistés par des représentants ayant un mandat spécifique et un pouvoir de négociation. Ils devraient sans doute faire partie d'une (ou de plusieurs) des commissions régionales existantes qui serviraient de cadre institutionnel.

Le fait que le Maroc n'était pas encore officiellement membre de la CSRP a été cité comme difficulté bien que des solutions provisoires soient déjà en place. En ce qui concerne le rôle du COPACE, il a été noté que la fermeture de son sous-comité (SC) de l'aménagement a rendu difficile son rôle de gestion au-delà d'une collaboration dans le cadre de la recherche. En outre, pour être vraiment efficace, les organisations régionales

devraient trouver les moyens de rendre la participation de l'industrie (à grande et à petite échelle) plus efficace.

La compréhension pratique des implications (opérationnelles, etc.) des accords des stocks partagés et des *projets-pilotes* serait extrêmement valable. Il a été suggéré que les projets régionaux reprennent la question. Les projets-pilotes des pêcheries artisanales pourraient également être très utiles pour examiner la possibilité de développer l'aménagement des stocks partagés dans les communautés artisanales de pêche de pays voisins exploitant les mêmes stocks côtiers (par exemple mullet, ethmalose, etc.). Pour des raisons opérationnelles et financières, ces expériences devraient être axées sur les régions (couvrant toutes les ressources partagées dans une région), et non axées sur les ressources.

La suggestion de l'organisation d'un symposium à intervalles réguliers, afin d'adresser les questions des stocks partagés à plusieurs niveaux, a également été fortement appuyée.

Keynote speeches

Discours d'ouverture

Dynamics and variability of pelagic fish populations and environmental influences

Miguel Niquen Carranza

Director of Pelagic Resources

Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

<mniquen@imarpe.gob.pe>

Main upwelling areas on the world are California and Humboldt in the Pacific Ocean and Canary and Benguela in the Atlantic ocean. These regions have remarkable parallelisms: they are characterized by negative anomalies in sea surface temperature near the coast and positive anomalies at their edges, which result in a number of common, associated processes (Bakun, 1995).

Small pelagic fish accounts for about one third of the world catches. These areas generally support at least one anchovy and one sardine assemblage, which tend to spawn in different seasons or regions. Their recruitment successes are linked to the state of their environment. Based on FAO catch data (1950–2005), the major landings in the California current are from *Sardinops caeruleus* and *Engraulis mordax* being 88 percent of total catch. In the Canary current the most important catches are from *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita* and *Sardinella maderensis*. In the Benguela current they correspond to *Sardinops ocellatus*, *Engraulis capensis* and *Trachurus capensis*. In the Humboldt current *Engraulis ringens* and *Sardinops sagax* are the most important pelagic resource.

Most of small pelagics are highly mobile, have short, plankton-based food chains and some even feed directly on phytoplankton. They are short-lived (3–7 years), highly fecund and some can spawn all year round. These biological characteristics make them highly sensitive to environmental forcing and extremely variable in their abundance.

In the Pacific ocean, El Niño phenomenon generated substantial changes in oceanographic and meteorological conditions (Zuta *et al.*, 1976) which mainly affected pelagic resources, producing alterations in their biological processes, behaviour and gradual decrease in their population levels (Valdivia, 1976). Results indicate changes in spatial distribution of resources, their concentration, size structure and spawning. Drastic change occurred in fisheries when mono-specific fisheries, based on anchovy before El Niño, became multispecific fisheries based on sardine, jack mackerel, pacific mackerel and other species typical of tropical and warm oceans.

Highlight proposal for linked physical events with biological process are related with:

Lasker's Stable ocean hypothesis (1978) concluded that fine scales patches of highly concentrated food particles, observed in "period of calm", were crucial to the survival of newly hatched anchovy larvae and that storm events such as wind-driven turbulent mixing events, could destroy this fine structure, leading to recruitment failure.

Bakun's Ocean triad hypothesis (1998) proposed three major classes of physical processes that determine favorable reproductive habitat for coastal pelagic fishes:

- (1) enrichment;
- (2) concentration; and
- (3) retention.

Once the fish larvae find an appropriate habitat, food particles are concentrated, the third element begins: retention.

MacCall's Flow-based hypothesis (2001) suggested the characteristic long-term patterns of biological variability are associated with interdecadally alternating strong and weak modes of boundary current flow. Patterns of flow are strongly associated not only with physical condition, as sea surface temperature, but with other physical and biological structure of entire ecosystems.

In this sense, it is important to understand the linkages between environmental variables and pelagic fish fluctuations, at relevant spatial and temporal scales, in order to propose environmental indices of use in the management of pelagic fish populations.

Methods and models for assessing small pelagic fish stocks

Reidar Toresen

Scientist

Institute of Marine Research

Bergen, Norway

<reidar@imr.no>

Why do we do these assessments

The primary needs for the assessments are for the managers. They need to know the recent history and status of the fish resources in order to manage the fishery. The managers need the information necessary for management and the recent trends in fish stock development. In relation to this, the fishing activities are therefore essential for managers to get information on. Fish stock assessments can provide such information.

In addition, fish stock assessments are basis for all kinds of science which try to relate whatever to fish stock abundance.

To provide managers with the necessary information for management, we try to find out the history of stock abundance and exploitation in order to advice on fishery next year and advice on management strategies.

Some basic assumptions

The stock that we look at is a closed unit. This means that the only way to get into the stock is to be born by parents in the stock, and the only way out is to die. This is a challenge in the northwest Africa region where we try to assess fish stock, which may leak to other regions. The horse mackerels, mackerel and sardine may challenge this basic assumption.

Another basic assumption is if the data we are sampling from the fish stock represent the whole stock or just parts of it. This assumption includes both catches and relative measures of the stock size, which both should represent the whole stock and not just parts from a particular area.

Data quality and assessments

Data quality determines strongly what assessment tool to use. Important questions to answer before starting the assessment work is what kind of data do we have, and a crucial question is whether the fish can be aged or not. If aging can be done with high precision, analytical assessments tools can be applied. These tools are the VPA-based assessments where the number of fish in each cohort is back calculated, annually or seasonally. These kinds of assessments provide a high degree of population dynamic details if being done with high quality data. Results of these kinds of assessments also have the potential of providing multispecies and ecosystem research with useful data for that purpose if age length relationships are applied. The VPA based models are similar in their basic principle of following and backcalculating the stock abundance by cohort. They are different in the way data are fitted.

If aging of the fish is difficult or not possible, simpler assessment models need to be used. Production models are frequently applied in data poor conditions. Basic assumptions for these models are challenging because they are often violated. The most basic assumptions are: (i) that the stock can be described solely by its biomass; (ii) that

“natural” rate of change in biomass depends on current biomass only; (iii) that there is a maximum biomass that the system can support (k); and (iv) that the relative rate of increase of biomass is maximum when the biomass is close to zero, and zero when the biomass is at the maximum level. The assumption that the “natural” rate of change in biomass is dependent on current biomass only, and that this rate is constant at this particular biomass is a difficult assumption which in many cases is hardly fulfilled because it is often observed that recruitment may be highly variable for the same spawning stock size.

For the assessment of pelagic fish off Northwest Africa, a surplus production model is used. It is fitted in a spreadsheet applying catch data and following stock changes using an acoustic index. As long as a time series of age disaggregated data are not yet available, the production model is the best assessment tool to be used in this region. Before analytical assessment models can be applied, the basic assumptions concerning the stock definition need to be checked. Thereafter, a time series of consistent age disaggregated data of at least five years must be developed.

Age disaggregated models (analytical assessment tools) are frequently used when data are available and they have some advantages: they are moderately simple, fast to run and to optimize, require age data, and age to be a proxy for length. It is an aim to develop data quality in the Northwest African region for the purpose of enabling the use of these methods in the future.

In all cases, data quality determines what assessment tools to use. If data quality is poor, the assessment method does not matter because it is not possible to make models making up for the poor data quality. If, on the other hand, data quality is good, nearly any method or model can be used because the data will tell the story any way. If data are of mixed quality, it can pay to choose a method which relies more on the part of the data which has the best quality.

For the Northwest African region, there is currently an improvement potential in the data quality. It is therefore important to focus on this matter.

Management of fisheries on shared resources

Benedict P. Satia

Affiliate Professor

School of Marine Affairs

University of Washington

Seattle, WA 98105-6715, United States of America

The small pelagic stocks of Northwest Africa are under enormous stress and steps need to be taken to prevent any further slide in their status. The science aspect has been carefully examined but this should be complemented with appropriate management strategies if the stocks are to remain healthy. The need to examine the management of fisheries on shared resources has previously been discussed and our discussion is a follow-up to efforts that have been taken in the past on this subject, in particular to the Workshop on the Management of Shared Small Pelagic Fishery Resources in Northwest Africa which was held in Banjul, The Gambia in 2002, and the Technical Workshop on the analysis of data relevant to the Management of Shared Stocks, held as well in Banjul, The Gambia in 2005.

It should be noted that the former Sub-Committee on the Management of Resources within the limits of National Jurisdiction of the Fishery Committee for the Eastern Central Atlantic (CECAF) at its Second Session in Agadir, Morocco in 1979 discussed the issue of developing joint management schemes for the shared stocks off Northwest Africa. The subject, therefore, has been a matter of concern for a pretty long time.

The overall message is a simple one: **“All countries in the subregion and all other stakeholders should cooperate to ensure the small pelagic fish stocks of Northwest Africa are managed on a sustainable basis”.**

The tenets of this message can be realized in the following manner:

1. Countries need to agree to manage these shared stocks on a cooperative basis.
2. Uncertainty and limited scientific knowledge must not be used as an excuse not to cooperate or to postpone cooperation.
3. Stable and robust research and management approaches and strategies have to be put in place as soon as possible for the management of fisheries on shared resources.
4. Effective institutional/administrative arrangements must be put in place to make sure realistic recommendations and decisions are taken and implemented.
5. It is essential to elaborate an annual work plan as a product of this Symposium, and a subregional Fishery Management Plan in the near future.
6. Participant countries need to identify mechanisms and implement them in order to enhance the relevance of possible outcomes of the Symposium.

Before we discuss the various tenets listed above, two important clarifications need to be made: First, the emphasis in this presentation will be on creating awareness among fisheries managers, policy and decision-makers, but also scientists on the importance and processes involved in creating an enabling environment for the management of fisheries on shared resources. The elements of possible scenarios for the allocation of harvest shares, costs sharing and the implementation and enforcement of recommendations and decisions will be better addressed when institutional arrangements are in place. These scenarios will however be alluded to in the presentation.

Secondly, cooperative management of shared resources must be seen as and should be a close, continuous interactive process between scientists, policy and decision-makers and representatives of other appropriate stakeholder groups (industry, fishers, line ministries, etc.), in which there should be a relationship of confidence, respect and trust between all of them. Coupling sound science with the policy and decision-making process is crucial to the success of any arrangement. Policy and decision-makers have a vital role to play because in all the countries the Fisheries Code or Legislation identifies the State as the custodian of the resources. The State in turn has delegated this function to the Ministry in-charge of fisheries which on behalf of all citizens retains authority for access and allocation and for the sustainable management of fisheries resources. Fishers, both industrial and small-scale, as well as other stakeholders are equally important because it is their action more than anything else that determines how any fishery is managed.

1) Countries need to agree to manage these shared resources on a cooperative basis

This is a matter of both common sense and experience. Failure to cooperate in the management of shared resources has resulted in the loss of resource rents in the Hake fisheries shared by South Africa, Namibia and Angola. It resulted in conflicts and threatened the future of the Pacific Salmon fishery shared between the US and Canada, and also resulted in the depletion of the Norwegian spring spawning herring fishery in the late 1960s to cite a few examples. In these cases, the root cause was not the absence of science but more the lack of appropriate interface between science process and decision-making system.

On the other hand, when States and other stakeholders cooperate in the management of shared fishery resources, there are several advantages: over-fishing and the possible collapse of stocks can be avoided; it is possible to optimize the economic, social and nutritional contribution of the fishery to the countries and neighbouring countries; and our knowledge and management of the fishery and associated ecosystem can be improved. Put simply, all countries are likely to benefit in the long run.

A good example is the Pacific Islands States, whose cooperative management of their shared stocks is manifested through a mixture of political, legal and economic instruments spawned under the auspices of the South Pacific Forum Fisheries Agency.

There is legal basis for such cooperation. The United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 (UNCLOS) in its Articles 63 and 64 calls on coastal States, subregional or regional organizations as well as States/entities fishing for shared stocks, as appropriate, "to agree on measures necessary to coordinate and ensure the conservation and development of such stocks". These provisions have been reinforced by other recent international instruments including the 1995 UN- Fish Stocks Agreement and the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries. All countries of the subregion except one have ratified UNCLOS and all the countries have on several occasions expressed their willingness to make the principles and essential elements of the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries the blueprint for the sustainable development of their fisheries. This is an opportunity for all of us scientists, managers, policy and decision-makers in particular, to translate these commitments and aspirations into action.

2) Uncertainty and limited scientific knowledge should not be used as an excuse not to cooperate or to postpone cooperation.

The precautionary principle/approach behooves us to apply prudent foresight, taking into account uncertainties in fisheries systems and take action with incomplete knowledge, hence even in the situation of uncertainty we need to collaborate, indeed cooperate in the management of these shared fishery resources.

The implications of this for the subregion can be summarized as follows:

- Better data/information is needed.
- Uncertainty should be systematically investigated.
- Outputs should be identified corresponding to objectives.
- Target and reference points should be reviewed.
- Methods used for assessments need to be kept under review.
- Robustness of management regime to over-fishing and environmental changes should be assessed.
- Contingency plans should be developed.

This is taking place already from the science aspect but we need to expand this into management by involving managers, policy and decision-makers and other stakeholders in the process, because it is important to apply the principle in all stages of the fishery including the management process.

3) Put in place stable and robust research and management approaches and strategies

When several countries have access to the same fish stocks in the absence of clearly defined ownership rules, which is the case for the small pelagic resources off Northwest Africa, each country finds itself in a highly competitive game where each country's action will be influenced by the actions of the others. This means that countries would need to interact with each other, something we have been doing mainly from the science perspective. A very good analytical insight to such interaction with regards to the management perspective is provided by the "theory of Games". Countries can opt to be competitive or to be cooperative.

If countries opt to be competitive, everybody tends to loose at the end, because all the countries would likely revert to destructive competitive behavior which generally results in the dissipation of potential net economic benefits (resource rent), conflicts, over-fishing, and drastic declines in catches, if not depletion of the resources. However, in a cooperation mode all countries are likely to be winners, as we have seen already.

Essential elements in a negotiating process

When countries agree to cooperate in the management of the fishery resources, they are entering into negotiation. Six important ingredients are essential in the interacting process of any cooperative management arrangement (CMA). They are: (1) bargaining capabilities; (2) availability of reliable information and data; (3) numbers; (4) compliance; (5) effective communication; and (6) elimination of "free riders".

In a cooperative environment, bargaining capabilities is essential because if the individuals agree to cooperate, it is because each is convinced that he/she can gain more from cooperation. Reliable information and data, usually provided in part by scientists, is of paramount importance because it is difficult to effectively negotiate especially such issues as allocation shares in the face of unreliable or no information/data. Numbers are important because of the possibilities of forming alliances but large numbers could also make negotiations and analysis complex and intricate. The ability to effectively communicate is very important but even where there is good communication, there is no assurance that individuals will not cheat, and the emphasis should therefore be placed on compliance. Finally, it is important to eliminate "free-riding" which could arise as some members/countries are in-active participants but yet benefit from the labour of other members/countries. Free riding could also take the form of non-participants (outsiders) undertaking IUU fishing. Improving the negotiating capabilities of staff in the countries is an area where capacity building at all levels will be very beneficial.

Requirements for robustness and stability

The purpose of adopting approaches and elaborating strategies is to have a functional arrangement. Such an arrangement (the sum total of the approaches and strategies) can be considered stable and robust only if it fulfills these or most of the following requirements:

- (a) It is the best of all alternatives, that is, it is not possible to find an alternative management arrangement which is capable of making all players/countries better off.
- (b) All countries are better off with the cooperative arrangement than without it.
- (c) The arrangement, be it formal or informal, must be resilient through time or it is "time consistent" that is flexible enough to withstand the shocks of unexpected and unpredictable changes through time. This is particularly important in the case of small pelagic fishery because their abundance and geographical distribution can be subject to large variability.
- (d) There are effective implementation measures. Without these, the arrangement will be useless.

How to meet the requirements of robustness and stability in the arrangement

There are two possible approaches to setting up a (stable and robust) cooperative management arrangement. The first is the Classical Approach proposed by Gulland in 1980, and which is composed of two levels.

Primary level cooperation: this consists of cooperation in research alone, without reference to coordinated management programmes. Since all parties stand to benefit from improved information and data, such cooperation would be expected to be fairly easy, although this has not always been so. It is at least fair to say that if States could not have cooperation at this level, it may be more difficult to have effective cooperative management regimes. This is the stage or level that we have concentrated our efforts so far in the Northwest African region.

Secondary level cooperation or Active Management: this involves the establishment of coordinated joint management programmes, and usually requires:

- (a) allocation of harvest shares among the participating States/entities;
- (b) determination of an optimal management strategy through time, including among others, the determination of optimal harvests over time; and
- (c) implementation and enforcement of cooperative management agreements.

The Classical Approach is the one that has been followed in most cases. It has been effective where the countries have similar research capabilities and economic interests as well as significant human capacity. However, a number of short-comings have become evident as a result of the dramatic changes that have occurred in international fisheries over the past 30 years. The most important criticisms are that the classical approach makes the entire process and in particular the first level to be too heavily science driven, to be too narrowly focused on issues relating to the fishery resources rather than the entire fishery. It tends to down play the role of other stakeholders. Furthermore, issues relating to fishing capacity, economic performance, capacity building, employment etc. may be overlooked and this might eventually affect the effectiveness of the management regime. There is often the absence of close and continuous interaction between the science and management.

For these reasons, it is suggested to follow a progressive step-wise approach, especially in developing countries. The approach could be broken down into seven levels or steps. Over the years, as countries in Northwest Africa have concentrated on the primary level of cooperation under the Classical Approach, they have surpassed some of these steps. The challenge now is not to reinvent the wheel but to determine how to inform other stakeholder groups of what has been accomplished and create a more inclusive partnership between scientists, managers, policy and decision-makers as well as other stakeholders.

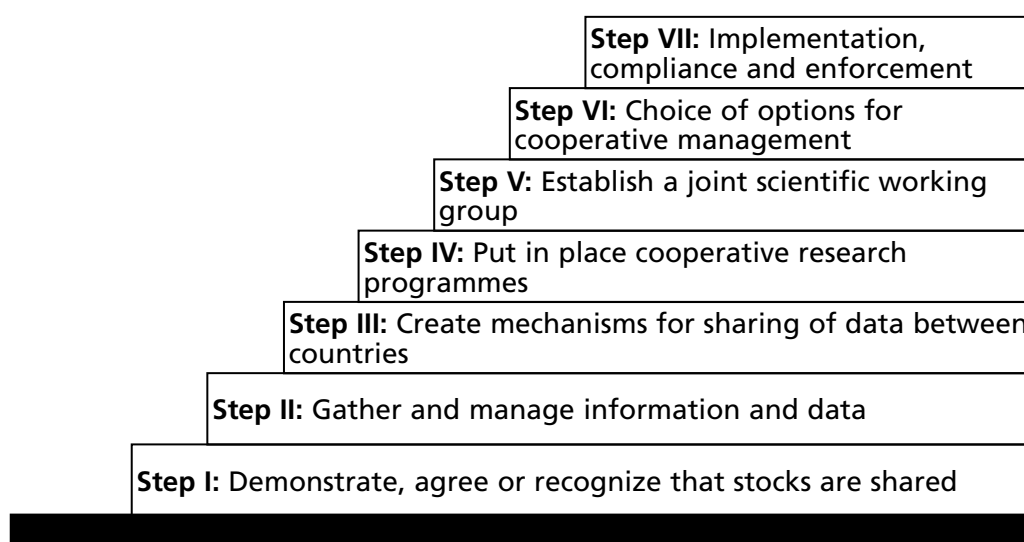
The key advantages in this approach include:

- involvement of all stakeholder groups in the entire process as much as possible;
- progressive accumulation of experience to all involved in the process;
- building of trust and know-how;
- emphasis on partnerships and stewardship;
- importance placed on capacity building;
- emphasis on sound science with appropriate management strategies or measures going hand-in-hand; and
- putting in place appropriate institutional arrangements early in the process to ensure recommendations and decisions are implemented.

The seven steps are the following:

FIGURE 1

Progression in the development of cooperative management in shared transboundary stocks



- i. **Countries must agree or recognize that the fishery is a shared resource.** There is a general agreement on this among scientists. This must also be recognized by fisheries managers, policy and decision-makers. Appropriate channels could be sessions of Fishery Committee for Central Eastern Atlantic (CECAF) or Subregional Fisheries Commission (SRFC).
- ii. **Participant countries should gather, collect and manage the information they have.** This is something we have been doing with the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa since 2001 and was the object of the 2005 Technical Workshop as well as in part of the present Symposium; but we need to lay emphasis on the recommendations made relevant to the identification and prioritization of information needs so that we are able to make the appropriate management of small pelagic resources.
- iii. **Create mechanisms for sharing of data between countries.** The implications are that participant countries and other stakeholders need to share information, existing information is openly available to all countries and that we respect the confidentiality of our sources. Participant countries also need to agree on the mechanisms for the operation and use of the “database”.
- iv. **Put in place cooperative research programmes.** The initiation of cooperative research programmes is the first formal indication that the countries are prepared to move towards joint/cooperative management of the shared resources. It is important because it serves to align research to management

objectives in the different countries, the harmonization of research methods and common standards, the prioritization of their research and issues related to capacity building. Some of this is being done in the subregion through joint surveys, analysis of results, etc. but what is probably missing is aligning this in a systematic manner to management objectives.

- v. **Establish a joint scientific working group.** The FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa was established in the region since 2001 with regular meetings. This working group elaborates annual research priorities to coordinate the activities, analyse research findings, draw conclusions and formulate further research and make management recommendations, including catch options. This working group could be further strengthened to ensure improved communication of advice and recommendations provided. It is advisable for the WG to develop a public communication policy with explicit strategies to increase public understanding of its work, indicating where possible the potential trade-offs if certain actions are not taken. No doubt “communication skills” are an area where capacity building would be useful. It is fair to say that you have so far been working as a Joint Scientific Working Group and among other things you undertake joint surveys under the auspices of the Nansen Programme.
- vi. **Choice of options for cooperative management.** Countries may opt for country specific or joint management; but the process in either case would be facilitated by the formal establishment of inter-governmental authority, of some sort, for example a Management Coordination Unit or Committee, within which allocation and all the elements of the secondary level of cooperation in the Classical Approach, cost sharing, effort limitation, and other measures are negotiated including the preparation and implementation of a Joint Management Plan. The Joint Management Plan could take the form of an Action Plan, a Work Plan or a Fishery Management Plan. Concerning the allocation of harvest shares and the effective enforcement of management measures, the approach adopted is influenced by a number of factors, for example, whether the resources are exploited entirely by national fleets, some or all of the countries have entered into fishing access or partnership agreements or joint venture arrangements with third parties, or countries grant reciprocal EEZ access to each other's fleets, etc.
- vii. **Implementation, compliance and enforcement.** This is of particular importance because as Gulland remarked in 1980, “*without adequate implementation and enforcement the best (fisheries) arrangements can be useless*”. Of interest in implementation and enforcement are issues related to costs sharing and the functioning of the monitoring, control and surveillance apparatus and other considerations for effective enforcement.

The costs referred to may be required for:

- increased research by the countries concerned;
- decision-making for example stakeholder consultations, preparation of national and subregional management plans, agreeing on criteria on the allocation of harvesting opportunities, organization of policy forum, etc.;
- implementation of the management plans, enforcement measures, seeking cooperation from industry, harmonization of regulations, including cooperation in MCS; and
- evaluation of the performance of the management regime against clearly defined indicators, etc.

There are different scenarios that could be used to share these costs among the participant countries.

4) Put in place effective institutional/administrative arrangements

To facilitate cooperation and implementation of recommendations, decisions and management measures in the conservation and management of the shared fishery resources, it is important to put in place a simple, cost-effective and practical institutional arrangement. Such an arrangement could consist of:

- (a) Joint Scientific Working Group (JSWG); and
- (b) Management Coordination Committee or Unit (MCC/MCU).

In addition, it would be useful to have in each country a National Focal Point. UNCLOS provides for at least four forms of institutions for cooperative management of transboundary stocks. They all entail the establishment of formal agreements. At this point in time, we may wish to work on an informal basis and improve on it in due course.

Joint Scientific Working Group

The JSWG shall be responsible for undertaking, analysing and coordinating research relevant to the shared stocks and shall formulate management recommendations, for consideration by the MCC/MCU. Members of the Group will be scientists from the different countries in the subregion who shall elect one of their peers, (a representative of one of the countries) every year or as determined by the Group to serve as Chairperson. The Group will encourage representatives of stakeholder groups to participate in its work, particularly at national level but also at subregional level. For example during the restitution of stock evaluation surveys and the presentation of other research results. Hence the Group shall endeavour to establish effective communication mechanisms between it and stakeholder groups through such means or channels as the production of research briefs, researchers-stakeholders meetings, information products and tools etc., which produce increased understanding of the sector by stakeholders, policy and decision-makers, etc. In Northwest Africa a scientific working group with similar responsibilities already exists and this group could serve this role under the arrangement. This Working Group has specific Terms of Reference and it is important to review the Terms of Reference of the group to guide the group in its work in this context.

Management Coordination Committee

The MCC/MCU shall perform coordination, management and policy functions in the cooperative management of the fisheries on shared resources. More specifically, the MCC/MCU shall ensure a direct link with the work of the JSWG, agree on management measures, ensure the implementation of management measures, take/make decisions and recommendations and review the performance of the management plan. It shall be composed of the Directors of Fisheries of each country or their representatives, together with stakeholder representatives, as well as a representative of the Ministry of Finance or Economy, as appropriate for each country. The JSWG shall be represented at meetings of the MCC/MCU by its Chairperson who shall present the report of his/her Group. A communiqué shall be released at the end of each meeting, outlining the main conclusions, any difficulties, outlook and the proposed road-map for the next year/period. Terms of Reference are also necessary for the Committee.

National focal point

The National Focal Point (one per country) shall preferably be a senior government official, with excellent public relations skills, good leadership qualities, coordination, management and negotiation skills, good communicator (both oral and written), hands-on fisheries biologist/economist, computer literate, appointed by his/her Government to serve as the official country contact person for the CMA of the shared fishery resources of Northwest Africa. He/She shall also be an ex-officio member of both the

JSWG and the MCC/MCU and assist in organizing meetings of these structures in his/her country. In addition, the National Focal Points would be expected to canvass for resources for these structures and work to orient activities to meet the aspirations of fishers' communities in the subregion.

Potential role of international organizations and institutions

International organizations, regional fisheries organizations and projects, line ministries within national governments, and friendly countries and their institutions could contribute to the work and effectiveness of the CMA and the long-term sustainable development of fisheries in the subregion. It is therefore important to identify such organizations and the potential role they could play. A few of such organizations are:

- The Ministry of Finance or Economy, as appropriate, in the different countries. They could play an important role in providing funding for CMA activities. At this point in time, the involvement of a representative of the Ministry of Finance or Economy, as appropriate, in the different countries is considered more important than that of the Ministry of Foreign Affairs.
- FAO as the UN Agency with competence on fisheries issues would continue to provide assistance of diverse nature to the fishery as a whole and eventually to the CMA.
- The Fishery Committee for the Eastern Central Atlantic (CECAF) whose area of competence covers the subregion and its Scientific Sub-Committee has over the years undertaken and continues to do valuable work on the small pelagic resources of Northwest Africa. It is expected that this will continue.
- The Ministerial Conference on Fisheries Cooperation among African States bordering the Atlantic ocean (ATLAFCO) as the principal political fishery organization in the region and of which all countries of the subregion are members.
- The Subregional Fisheries Commission (SRFC) of which countries in the subregion with the exception of one are members, would both be of capital importance to give political recognition to the work of the CMA, through possible Ministerial Declarations which would facilitate interaction between JSWG and MCU and would furthermore be useful when requiring financial resources from the Ministry of Finance/Economy. These organizations could also in the near future become the formal cooperation arrangement for the CMA as provided for in UNCLOS.
- The active involvement of the Surveillance Operations and Coordination Unit (SOCU) of the LuxDev Project based in Banjul, The Gambia will be useful in combating IUU fishing.
- The Canary Current Large Marine Ecosystem Project, some of whose activities overlap and go beyond those of the CMA would be a potentially useful partner.
- Friendly countries and their institutions are also important in providing technical assistance, for research and capacity building.

5) Prepare and implement a Subregional Fishery Management Plan or Work Plan

It is essential to emphasize that management plans are of capital importance to the health of all fisheries. Therefore, it is being suggested that at the minimum an Action Plan or Work Plan is produced as a product of this Symposium and that Countries agree to elaborate a Subregional Fishery Management Plan in the near future. The process adopted in developing such a plan should be one that gives a sense of inclusiveness, ownership and increase stewardship role of stakeholders.

6) Identify mechanisms to enhance the relevance of possible outcomes of the Symposium

I hope that your discussion of this presentation would permit you to identify mechanisms through which the outcomes of this Symposium could be enhanced.

In conclusion, the management of shared fish stocks stands as one of the greatest challenges on the way towards achieving long-term sustainable fisheries. Properly managed, these stocks could potentially make significant socio-economic and cultural contributions to human well being. Conscious of this I am convinced we will work to make sure that these resources are managed on a sustainable basis. Future generations will judge this generation on whether it shoulders its responsibility.

Appendix/Annexe 1

Agenda/Ordre du jour



Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa
Science et défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale

Monday 10 March 2008/lundi 10 mars 2008

1500 Registration at Hotel Novotel/Inscription à l'hôtel Novotel
Putting up of posters/Installation des posters

Tuesday 11 March 2008/mardi 11 mars 2008

Opening/Ouverture

Chair/Président

0930-1030	Opening Ceremony Presentation and Welcome FAO Message Opening Speech Opening address	Berraho, A. FAO Representative, Morocco Minister of Agriculture and Fisheries, Morocco Garcia, S.
-----------	--	--

1030-1100 Break/Pause

Tuesday 11 March 2008/mardi 11 mars 2008

Theme 1: Resources and exploitation: biology and ecology of main resources and status of fisheries/ Ressources et exploitation: biologie et écologie des principales ressources et état des pêcheries

Chair/Président	Berraho, A. (INRH)	Keynote: Balguerias, E. (IEO)
------------------------	---------------------------	--------------------------------------

1100-1115 Opening of the session

1115-1145 Keynote Speech

	Presenting author	Title
1145-1200	Ould Sidina, E. Samb, B. and Corten, A.	Growth of <i>Sardinella aurita</i> in West Africa as determined from length distributions
1200-1215	Goudiaby, K.D. Samb, B. and Sylla, M.	Contribution à la connaissance de la biologie des sardinelles (<i>Sardinella aurita</i> et <i>Sardinella maderensis</i>) du littoral sénégalais





Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa

Science et défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale

1215-1230	Amenzoui, K.	Mesfioui, A.H. and Yahyaoui, A.	Age and growth of sardine <i>Sardina Pilchardus</i> (Walbaum, 1792) in the Moroccan Atlantic coast
1230-1245	Chlaida, M.	Ettahiri, O., Planes, S., Jaziri, H., Kifani, S. and Ben Cherifi, S.	Relation entre coupure génétique et stratégie de ponte chez les populations de <i>Sardina pilchardus</i> dans la région nord-ouest africaine
1245-1300	Ouakka, K.	Yahyaoui, A., Fahd, P., Gourich, H. and Mesfioui, A.	Discrimination des stocks de sardine <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792) de l'Atlantique marocain sud par l'approche biométrique
1300-1430	Lunch/Déjeuner		
1430-1445	Silva, A.	Kasapidis, P., Laurent, V., Caneco, B., Planes, S. and Magoulas, A.	Integrating genetic and morphometric variation in sardine (<i>Sardina pilchardus</i> , Walbaum) from the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean sea
1445-1500	Wahbi, F.	Errhif, A. and Ettahiri, O.	Cycle de reproduction et variabilité du régime alimentaire du maquereau « <i>Scomber japonicus</i> , Houttuyn, 1782» débarqué au port de Casablanca
1500-1515	Houssa, R.	Lakhnigue, A., Marhoum, A., Chfiri, H., Oakka, K., Gourich, H. et Elwazzani, H.	Analyse de la répartition spatiale de l'effort de pêche en relation avec la distribution de la ressource: Application aux senneurs marocains opérant dans la zone Cap Cantin-Cap Blanc
1515-1530	Taleb Sidi, M.O.	Ould Sidina, E. and Corten, A.	Impact of industrial fisheries on <i>Sardinella aurita</i> in West Africa
1530-1545	Gascuel, D.	Taleb Sidi, M.O. et Labrosse, P.	Reconstruction des captures de petits pélagiques dans la ZEE mauritanienne, de 1950 à 2005
1545-1600	Aziable, A.	Sedzro, K. and Quaatey, S.	Sardinellas in the Western Gulf of Guinea – Exploitation and Management
1600-1615	Ogandagas, C.	Schummer, M. et Goussilou, J.B.	État des lieux des petits pélagiques au Gabon
1615-1630	Bah, A.	Sidibé, A.	Pêcheries des petits pélagiques côtiers en Guinée : Évolution et défis pour une gestion durable des ressources
1630-1645	Jalloh, K.	Seisay, M.B.D.	Small Pelagics Resource: Exploitation and Fisheries (Sierra Leone)
1630-1645	Break/Pause		
1645-1715	General discussion and debate/Discussion et débat		
1715-1800	POSTER SESSION		





Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa
Science et défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale

Wednesday 12 March 2008/mercredi 12 mars 2008

**Theme 2: Dynamics and variability of pelagic fish populations and environmental influences/
Dynamique et variabilité des populations de poissons pélagiques et influences de l'environnement**

Chair	Barry, M. (CRODT)		Keynote: Niquen, M. (IMARPE)
0830-0845	Opening of the session		
0845-0915	Keynote Speech		
	Presenting author		Title
0915-0930	Ettahiri, O.	Berraho, A., Ramzi, A., Houssa, R., Zizah, S., Somoue, L. et Machu, E.	Habitats de ponte de la sardine
0930-0945	Chernyshkov, P.	Bukatin, P.	Main results of joint investigations of the small pelagic fishes in the Moroccan and Mauritanian waters by the Russian research vessels in 1994–2008
0945-1000	Pascual-Alayón, P.	Santamaría, M.T.G., Hernández, E., Bravo de Laguna, L., Balguerías, E., Sancho, A. and Duque, V.	Activity of European pelagic trawlers fishing in Mauritania and landing in the port of Las Palmas de Gran Canaria (Canary Islands, Spain) from 2004 to 2007. Relationship between catches and SST/SSTA
1000-1015	Krakstad, J.O.	Sarre, A. and Sowe, I.	Distribution of Clupeid species on the shelf in the southern part of Senegambia
1015-1030	Kifani, S.	Masski, H., Amrani, M., Mallouli Idrissi, M. et Ben Cherifi, S.	La pêche dans le cadre de l'écosystème: vers une nouvelle attitude à l'égard de l'exploitation des ressources de petits pélagiques dans la région d'upwelling du courant des Canaries
1030-1045	Break/Pause		
1045-1100	Taleb Sidi, M.O.		Variabilité spatiale et interannuelle des densités larvaires du chinchard noir africain (<i>Trachurus trecae</i>) dans la zone mauritanienne
1100-1115	Hilmi, K.	Kifani, S., Orbi, A., Benazzouz, A., Masski, H. et Makaoui, A.	Variabilité climatique au niveau de l'écosystème du courant des Canaries (10°N-36°N) à l'échelle interdécennale
1115-1130	Benazzouz, A.	Demarcq, H. Orbi, A., Hilmi, K., Atillah, A., Makaoui, A. and Larissi, J.	Sea Surface Cooling Index derived from satellites images in Upwelling Areas: Case of the Moroccan coastal upwelling





Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa

Science et défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale

1130-1145	Strømme, T.	Charouki, N., Ostrowski, M. and Alvheim, O.	Stock collapse as natural events. Natural dynamics in the Saharan stock of sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) as observed from surveys
1145-1200	De Fatima Borges, M.	Mendes, H.	Sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) recruitment is strongly affected by climate even at high spawning biomass

1200-1230 **General discussion and debate/Discussion et débat**

1230-1300 **POSTER SESSION**

1300-1430 **Lunch/Déjeuner**

Wednesday 12 March 2008/mercredi 12 mars 2008

Theme 3: Methods and models for assessing small pelagic fish stocks/Méthodes et modèles pour l'évaluation des stocks de petits poissons pélagiques

Chair M'Bareck, M. (Min. Pêche, Mauritanie)

Keynote: Toresen, R. (IMR)

1430-1445 Opening of the session

1445-1515 Keynote Speech

	Presenting author		Title
1515-1530	Ould Mohamed El Moustapha, M.	Ould Taleb, M.A.	Assessment of pelagic resources in Mauritania by acoustic methods
1530-1545	Sarré, A.	Charouki, N., Mahmoud, E.M., OuldTaleb, M.A., Mbye, E., Jallow, J., El Ayoubi, S. Krakstad, J.O. and Alvheim, O.	Towards coordinated acoustic surveys in Northwest Africa: Results of parallel surveys and intercalibrations
1545-1600	Charouki, N.	Serghini, M., Sarré, A. Ebaye, O.S. and Krakstad, J.O.	Contribution to acoustic targets identification in Northwest Africa by statistical schools properties
1600-1615	Svellingén, I.K	Charouki, N. and Benchirfi, S.	Acoustic target strength of chub mackerel (<i>Scomber japonicus</i>) measured <i>in situ</i> using split beam acoustics
1615-1630	Ngom Sow, F.	Samb, B.	Diagnostics de l'état d'exploitation des stocks de petits pélagiques côtiers au Sénégal par l'analyse des fréquences de taille: cas des sardinelles

1630-1645 **Break/Pause**

1645-1700 Corten, A.

New approaches to stock assessment
of *Sardinella aurita* in West Africa





Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa

Science et défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale

1700-1715	Timoshenko, N.	Chernyshkov, P.	On possibilities of improving the quality of estimates of the state and trends in inter-annual changes of pelagic fish stocks off the Northwest African coast.
1715-1730	Serghini, M.	Boutayeb, A., Auger, P., Charouki, N., Ramzi, A. and Ettahiri, O.	Periodic, spatially structured matrix model for the study of sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) population dynamics in the Moroccan Atlantic coasts

1730-1800 POSTER SESSION

Thursday 13 March 2008/jeudi 13 mars 2008

Theme 3 Methods and models for assessing small pelagic fish stocks/Méthodes et modèles pour l'évaluation des stocks de petits poissons pélagiques

Chair/
Président

Keynote: Toresen, R. (IMR)

0830-0900 Opening

Presenting author

Title

0900-0915 Ramzi, A.

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

0915-0930 Mostahfid, H.

Overholtz, W.J. and Link, J.

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

0930-0945 Machu, E.

Ettahiri, O., Makaoui, A., Kifani, S. and Demarcq, H.

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

0945-1015 **General discussion and debate/Discussion et débat**

1015-1030 POSTER SESSION

1030-1045 Break/Pause

1045-1100 POSTER SESSION

Thursday 13 March 2008/jeudi 13 mars 2008

Theme 4: Management of fisheries on shared resources/Aménagement des ressources partagées

Chair/
Président

Keynote: Satia, B.

1100-1115 Opening of the session

1115-1145 Keynote Speech





Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa

Science et défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale

	Presenting author		Title
1145-1200	Willmann, R.		Management of Shared Fish Stocks: Institutional and Economic Aspects
1200-1215	Tandstad, M.		Steps taken towards management of shared pelagic fisheries
1215-1230	Mendy, A.	Samb, B., Ould Mohammed, E., Benchrif, S. Tandstad, M. and de Barros, P.	Knowledge base and institutional arrangements for an Ecosystem Approach to Fisheries management of migratory small pelagic fish off Northwest Africa – the example of sardinella
1230-1245	Ould Mohamed Mahmoud, E.		Système d'allocation des quotas de pêche d'une ressource partagée: étude de cas du stock de la sardinelle ronde (<i>Sardinella aurita</i>) du Nord Ouest Africain
1245-1300	Kamili, A.		Bio-économie et gestion de la pêche des petits pélagiques – Cas de l'Atlantique centre marocain
1300-1430	Lunch/Déjeuner		
1430-1445	Mendy, A.	Jallow, A.	Socio-economic importance of small pelagics in livelihoods of fisheries communities in Northwest Africa
1445-1500	Dème, M.		Les petits pélagiques côtiers et le marché africain, une alternative aux mesures de libéralisation imposées par l'OMC sur le marché européen?
1500-1515	Failler, P.	Samb, B.	Climate variability and change, global trade, and regional food security: the case of small pelagic fish in West Africa
1515-1530	Fréon, P.		Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environment and ecosystem change
1530-1600	Discussion and debate/Discussion et débat		
1600-1630	Main conclusions Session 1 – Key points for management (Chair Theme 1)		
1630-1645	Break/Pause		
1645-1715	Main conclusions Session 2 – Key points for management (Chair Theme 2)		
1715-1745	Main conclusions Session 3 – Key points for management (Chair Theme 3)		
1745-1800	Wrapping up		





Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa

Science et défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés
en Afrique nord-occidentale

Friday 14 March 2008/vendredi 14 mars 2008

Session 4: Management of fisheries on shared resources/Aménagement des ressources partagées

Chair/ Président	Garcia, S. (FAO)	Berraho, A. (INRH)
0900-0915	Opening	
0915-1030	Debate	
1030-1045	Break/Pause	
1045-1300	Debate (cont.)	
1300-1430	Lunch	
1430-1600	Wrapping up and conclusions	
1600	Closure/clôture	



Appendix/Annexe 2

List of participants/Liste des participants

BENIN/BÉNIN

GBAGUIDI AZIABLE, Amélie
 Chargée de recherches
 Responsable de la gestion des ressources
 halieutiques
 Centre de recherches halieutiques et
 océanographiques du Bénin (CRHOB)
 Tel.: +229 97293262/90912691
 E-mail: aziable2002@yahoo.fr

GASCUEL, Didier
 Professeur
 Agrocampus-Rennes
 65, rue de Saint Briec
 CS 84215
 35042 Rennes Cedex
 Tel.: +33 (0)2 23 48 55 34
 Fax: +33 (0)2 23 48 55 35
 E-mail: Didier.Gascuel@agrocampus-
 rennes.fr

FRANCE

BENJAMIN, Robert
 Institut de recherche pour le
 développement (IRD)
 E-mail: Benjamin.robert@ird.fr

LAJOURNADE, Martin
 Chargé d'étude
 COFREPECHE
 32, rue de Paradis
 75010 Paris
 Tel.: 06 72 79 91 54
 E-mail: martin.lajournade@yahoo.fr

BROCHIER, Timothée
 Institut de recherche pour le
 développement (IRD)
 14, rue du château
 34160 Castries
 Tel.: +33 469706322
 E-mail: timbrochier@gmail.com

MACHU, Eric
 Chercheur
 Institut de Recherche pour le
 développement (IRD)
 Laboratoire de physique des océans
 BP 70
 29280 Plouzané
 Tel.: 076 50 37 41
 E-mail: machu@ird.fr

FRÉON, Pierre
 Directeur de recherche
 Institut de recherche pour le
 développement (IRD)
 CRHMT
 Avenue Jean Monnet
 34203 Sète Cedex
 Tel.: +33 499 57 32 02
 Fax: +33 499 57 32 02
 E-mail: pfreon@ird.fr

TOUSSAINT, Régis
 Président
 COFREPECHE
 32 rue de Paradis
 75100 Paris
 Tel.: +33 1 42 68 17 10
 Fax: +33 1 42 68 17 12
 E-mail: cofrepeche@wanadoo.fr

GABON

GOUSSILOU, Jean-Gabriel
 Chef de service
 Pêche artisanale maritime
 Direction générale des pêches et de
 l'aquaculture
 BP 9498 Libreville
 Tel.: +241 74 89 92
 Fax: +241 76 46 02
 E-mail: jg.goussilou@yahoo.fr

GAMBIA/GAMBIE

MENDY, Asberr N.
 Principal Fisheries Officer (Research)
 Fisheries Department
 6 Colonel Ghadafi Ave.
 Banjul
 Tel.: +220 9900792/6900792
 Fax: +220420 23 55
 E-mail: anmendy@yahoo.fr

MENDY, Sabina
 Senior Fisheries Assistant
 Fisheries Department
 6 Marina Parade, Banjul
 Tel.: +220 77 97 411
 E-mail: visitsabina@yahoo.fr

SAINE, Amadou
 Principal Fisheries Officer
 Fisheries Department
 6, Marina Parade, Banjul
 Tel.: +220 9922244
 E-mail: ab_saine@yahoo.fr

GUINEA/GUINÉE

BAH, Amadou
 Médecin vétérinaire, Chercheur
 Centre national des sciences halieutiques
 de Boussoura (CNSHB)
 Département de la pêche artisanale
 814, rue MA500, Corniche Sud-Madina
 BP 3738 Conakry
 Tel.: +224 60 55 75 14
 +224 62 55 75 14
 E-mail: amadoucosta2003@yahoo.fr

MAURITANIA/MAURITANIE

EBAYE, Mohamed Mahmoud
 Directeur adjoint
 Parc National du Banc d'Arguin
 BP 5355 Nouakchott
 Tel.: +222 5258541
 Fax: +222 5258542
 E-Mail: ebaye_mhd@yahoo.fr

KARROUM, Rachid
 Chargé de mission
 Pêche Union européenne
 UE-Mauritanie
 Nouakchott
 Tel.: 00 525 27 24
 E-mail: rachid.karroum@ec.europa.eu

MOHAMED AHMED, Ould Taleb
 Chercheur
 Institut mauritanien de recherches
 océanographiques et des pêches
 (IMROP)
 BP 22 Nouadhibou
 Tel.: +222 5745124
 E-mail: mohtaje@yahoo.fr

OULD ABIDINE OULD MAYIF, Mohamed
 Directeur Aménagement des ressources
 halieutiques
 Ministère des pêches
 BP 137 Nouakchott
 Tel.: +222 643 03 35
 Fax: +222 529 0102
 E-mail: mamayif@yahoo.fr

OULD MOHAMED EL MOUSTAPHA, Ahmedou
 Chercheur, Acousticien
 Institut mauritanien de recherches
 océanographiques et des pêches
 (IMROP)
 BP 22 Nouadhibou
 Tel.: +222 65 96922
 Fax: +222 57 45081
 E-mail: mmahmedou@yahoo.fr

OULD SOUEILIM MOHAMED

M'Barek

Chercheur, Conseiller du Ministre des
pêches

Ministère des Pêches

BP 22 Nouadhibou

Tel.: +222 20 43774

OULD TALEB SIDI, Mahfoud

Chercheur

Institut mauritanien de recherches
océanographiques et des pêches
(IMROP)

BP 22 Nouakchott

E-mail: mahfoudht@yahoo.fr

MOROCCO/MAROC

ALHYANE, Khadija

Médecin vétérinaire

Direction de l'élevage

Ministère de l'agriculture

Rabat

Tel.: +212 75 37 95 14

Fax: +212 68 20 49

E-mail: k.alkyane@yahoo.fr

ALOUAT, Hanane

Ingénieur d'État

Ministère de l'agriculture et

de la pêche maritime

BP 476 Agdal, Rabat

Tel.: +212 77 23 49 40

Fax: +212 37 68 80 89

E-mail: alouat@yahoo.fr

AMENZOU, Khadija

Biologiste des pêches

Institut national de recherche halieutique
(INRH)

2 rue de Tiznit

Casablanca 20000

Tel.: +212 22 22 02 49

Fax: +212 22 26 69 67

E-mail: amenzoui@inrh.org.ma
amenzoui_khadija@yahoo.fr

ATMANI, Hmida

Économiste

Institut national de recherche halieutique
(INRH)

2 rue de Tiznit

Casablanca 20000

Tel.: +212 67 25 02 54

Fax: +212 22 26 69 67

E-mail: atmani@inrh.org.ma

BELKOUCH, Abdellatif

Managing Director

71, Bd Rahal El Meskini, Casablanca

Tel.: +212 22 54 08 56

Fax: +212 22 54 08 55

E-mail: abdellatif.belkouch@infosamak.
org

BENABBOU, Abdelouahed

Directeur de la coopération et des
affaires juridiques

Ministère de l'agriculture et des pêches
maritimes

BP 476 Agdal, Rabat

Tel.: +212 037 68 80 00

E-mail: benabbou@mpm.gov.ma

BENAZZOUZ, Aissa

Ingénieur d'État

Institut national de recherche halieutique
(INRH)

2 rue de Tiznit

Casablanca 20000

Tel.: +212 22 22 02 49/61 19 54 02

Fax: +212 22 26 69 67

E-mail: benazzouza.inrh@gmail.com

BENCHERIFI, Salah

Institut national de recherche halieutique
(INRH)

2 rue de Tiznit

Casablanca 20000

Tel: +212 22 22 02 45/20 08 63

Fax: +212 22 26 69 67/ 88 57

E-mail: benchrifi@inrh.org.ma

BENHRA, Ali

Docteur en écotoxicologie
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: benhra@inrh.org.ma

BENNIS, Mohamed

Interprète de conférence
20 Résidence Jardins de la Corniche
Bd de l'océan Atlantique
Casablanca
Tel.: 061 41 98 81
E-mail: bennismoh@gmail.com

BERRAHO, Abdellatif

Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: berraho@inrh.org.ma

BERRAHO, Amina

Biologiste
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: amina_berraho@yahoo.fr

BOUSRI, Abderrahman

Armateur
CPMAS
Agadir
Tel.: +212 61 38 39 17
Fax: +212 28 87 93 39
E-mail: taboag@hotmail.com

CHAFIK, Abdelghani

Océanographe
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 29 85 31
Fax: +212 22 29 85 31
E-mail: chafik@inrh.org.ma

CHAROUKI, Najib

Chercheur, Biomathématicien
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: charouki@inrh.org.ma

CHBANI IDRISSE, Mostafa

Ingénieur
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: chbani@inrh.org.ma

CHLAIDA, Malika

Biologiste
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 45
Fax: +212 22 26 88 57
E-mail: ma_chlaida@hotmail.com

EL HASSANI, Ahmed

Directeur
Institut Scientifique
BP 703 Rabat-Agdal
10106 Rabat
Tel.: +212 37 77 45 48
Fax: +212 37 77 45 40
E-mail: direction@israbat.ac.ma

EL KHIAT, Najat

Enseignante, Chercheur
Université Hassan II Ain Chok
Km 8, route d'El Jadida
BP 5366 Casablanca
Tel.: +212 61 47 57 33
Fax: +212 22 23 06 74
E-mail: nelkhiate@gmail.com

EL MALKI, Zina

Juriste
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: malki@inrh.org.ma

EL OUAIRI, Mehdi

Chercheur
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: elouairi@inrh.org.ma

EL OUAZZANI, Hicham

Ingénieur halieute
Centre régional de l'INRH à Dakhla
BP 127bis (Civ) Dakhla
Tel.: +212 010 19 97 54
Fax: +212 028 93 01 56
E-mail: H.Elouazzani@gmail.com

ETTAHIRI, Omar

Chercheur
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: ettahiri@inrh.org.ma

FAHFUHI, Abdeslam

Ministère de l'agriculture et de la pêche
BP 476 Agdal, Rabat
Tel.: +212 037 68 80 00
E-mail: fahfouhi@mpm.gov.ma

FARTAT, Noureddine

COMHAFAT
Ministère des pêches
Quartier administratif
Rabat
Tel.: +212 37 68 83 47
Fax: +212 37 68 83 29
E-mail: fartat@mpm.gov.ma

GOURICH, Hicham

Ingénieur halieute
Centre régional de l'INRH à Laâyoune
BP 75 Laâyoune El Marsa
Tel.: +212 62 88 51 84 / 028 99 88 11
Fax: +212 28 99 88 12
E-mail: gourichicham@yahoo.fr

HASSAN, Moustahfid

Biologiste des pêches
NEFSC Woods Hole, MA
166 Water Street
Woods Hole, MA USA
Tel.: +1 508 685 97 25
E-mail: hassan.moustahfid@noaa.gov

HASSOUNI, Fatimazohra

Cadre au Ministère des pêches maritimes
Ministère de l'agriculture et de la pêche
maritime
BP 476 Agdal, Rabat
Tel.: +212 037 68 81 89
Fax: +212 037 68 89
E-mail: hassouni@mpm.gov.ma

HILMI, Karim

Océanographe physicien
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 29 85 34
Fax: +212 22 29 85 34
E-mail: hilmi@inrh.org.ma

HOMMANI, Mohamed

Docteur vétérinaire
Union nationale des industries de la
conserve de poisson (UNICOP)
7, rue El Yarmouk Longchamps
Casablanca
Tel.: +212 22 94 37 49
Fax: +212 22 94 37 49
E-mail: unicop@menara.ma

HOUSSA, Rachida

Chercheur, Responsable SIG
cartographie
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 45
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: houssa@inrh.org.ma

IDRISSI, M'Hamed

Chef du Centre régional de l'INRH à
Tanger
BP 5265 Dradeb, Tanger
Tel.: +212 39 32 51 34
Fax: +212 39 32 51 39
E-mail: m.idrissi.inrh@gmail.com

KAMILI, Abdelkadir

Économiste des pêches
Centre régional de l'INRH à Agadir
BP 5221
Quartier industriel, Agadir
Tel.: +212 062 23 64 92
Fax: +212 028 82 74 15
E-mail: kamili_s@yahoo.fr

KIFANI, Souad

Chercheur, Océanographe, Biologiste
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 45
Fax: +212 22 26 88 57
E-mail: kifani@inrh.org.ma

LAKHNIGUE, Aziza

Biologiste des pêches
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 45
Fax: +212 22 26 88 57
E-mail: aziza_lakhnigue@yahoo.fr

LAMIA, Znagui

Web Master
Fédération nationale de transformation
et de valorisation des industries de la
pêche (FENIP)
7, Rue El Yarmouk Longchamp
Casablanca
Tel.: +212 22 36 57 43
Fax: +212 22 36 61 54
E-mail: fenipweb@fenip.com

LARISSI, Jamila

Biologiste
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: + 212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: larissi_2006@yahoo.fr

MAAROUF, Majida

Chef de l'aménagement et de la gestion
des ressources halieutiques
Département de la pêche maritime
Rabat
Tel.: +212 37 68 81 18
Fax: +212 37 68 80 89
E-mail: maarouf@mpm.gov.ma

MAKAOUI, Ahmed

Chercheur
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 62 88 43 03
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: makaoui@inrh.org.ma

MESFIOUI, Abdelhakim

Chef du Centre régional de l'INRH à
Laâyoune
BP 75 Marsa Laâyoune
Tel.: +212 28 99 88 11
Fax: +212 28 99 88 12
E-mail: h_mesfioui@yahoo.fr

NAJI, Mohamed

Enseignant, Chercheur
Dpt Productions et biotechnologies
animales
IAV Hassan II, Rabat
Tel.: +212 61 13 01 74
E-mail: m.naji@idv.ac.ma

OUAKKA, Kenza

Biologiste des pêches
Centre régional de l'INRH à Laâyoune
Tel.: +212 011 83 60 37
Fax: +212 028 99 88 12
E-mail: ok.kenza@yahoo.fr

RAMDANI, Mohamed

Professeur
Institut scientifique
Av Ibn Batouta
BP 703 Agdal, Rabat
Tel.: +212 625 50 625
Fax: +212 37 77 45 40
E-mail: mramdani@israbat.ac.ma

RAMZI, Azeddine

Biomathématicien
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 45
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: az_ramzi@yahoo.fr

RIZK, Hassan

Directeur des investissements maritimes
Al Qudra Holding (Société
d'investissement)
K99, Route Imane Malek, Villa No. 11,
Rabat
Tel.: +212 37 63 00 30
Fax: +212 37 63 00 30
E-mail: hrizk@qura

ROUCHDI, Mohamed

Administrateur des affaires maritimes
Ministère de l'agriculture et de la pêche
BP 476 Agdal, Rabat
Tel.: +212 37 68 82 51
E-mail: rouchdi@mpm.gov.ma

SEMLALI, Mohamed

Ingénieur d'État
Fédération des chambres des pêches
maritimes Rabat
Tel.: +212 37 75 55 31
E-mail: fcpm@menara.ma

SERGHINI, Mansour

Biostatisticien
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: serghini2002@yahoo.com

WAHBI, Fatima

Biologiste
Institut national de recherche halieutique
(INRH)
2 rue de Tiznit
Casablanca 20000
Tel.: +212 22 22 02 49
Fax: +212 22 26 69 67
E-mail: fatimawahbi@yahoo.fr

ZAHRI, Yassine

Économiste des pêches
Centre régional de l'INRH à Nador
13 Bd Zerktouni
BP 493 Nador
Tel.: +212 066 01 91 36
Fax: +212 036 60 38 28
E-mail: yassinezahri@inrh.nador.gov.ma

ZINE, Abdelfattah

Directeur des Chambres maritimes
Agadir – Centre
Tel.: +212 28 82 78 28
Fax: +212 82 78 30/33
E-mail: zine-cpma@menara.ma

MOZAMBIQUE

SANTANA AFONSO, Paula

Deputy Director
Instituto Investiga Pesqueira
Tel.: +258 309 1540
Fax: +258 21 49 21 12
E-mail: Psantana@moziip.org
Psantanafonso@gmail.org

NETHERLANDS/PAYS-BAS

CORTEN, Ad

Chercheur

Consultant IMROP

Tel.: +31 21974348

E-mail: adcorten@yahoo.co.uk**VAN DER HEIJDEN, Peter**

Fisheries Scientist

Wageningen International

PO Box 88

6700 AB Wageningen

Tel.: +31 317 481394

Fax: +31 317 486801

E-mail: peter.vanderheijden@wur.nl**NORWAY/NORVÈGE**

ERIKSEN, Jan

Senior Adviser

Norad

BP 8034 Dep

0030 Oslo

Tel.: +47 22 24 20 30

Fax: +47 22 24 20 31

E-mail: jan.eriksen@norad.no**KRAKSTAD, Jens-Otto**

Fisheries biologist

Institute of Marine Research (IMR)

Tel.: +47 55 23 85 74

Fax: +47 55 23 85 79

E-mail: jensotto@imr.no**STRØMME, Tore**

Scientist

Institute of Marine Research (IMR)

Bergen

Tel.: +47 908 306 23

E-mail: tore.stromme@fao.org**SVELLINGEN, Ingvald**

Engineer

Institute of Marine Research (IMR)

PO Box 1870-5817

Bergen

Tel.: +47 55236930

Fax: +47 55236830

E-mail: ingvald@imr.no**TØRESEN, Reidar**

Scientist

Institute of Marine Research (IMR)

Bergen

PO Box 1870

Tel.: +47 55 23 84 20

E-mail: reidar@imr.no**PERU/PÉROU**

CARRANZA, Miguel Niquen

Director of Pelagic Resources

Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Esquina Gamarra y Gral

Valle s/n Chucuito

PO Box 22 Callao

E-mail: mniquen@imarpe.gob.pe**PORTUGAL**

BORGES, Maria De Fatima

Biologiste des pêches

IPIMAR-INRB

Avenida de Brasília

1449-006 Lisbonne

Tel.: +351 213027098

Fax: +351 213015948

E-mail: mfborges@ipimar.pt**SILVA, Alexandra**

Biologiste des pêches

IPIMAR-INRB

Avenida de Brasília

1449-006 Lisbonne

Tel.: +351 21 3027000

Fax: +351 213015948

E-mail: asilva@ipimar.pt**RUSSIAN FEDERATION/FÉDÉRATION DE RUSSIE**

CHERNYSHKOV, Pavel P.

Oceanographer, Doctor of science

Head of Department

AtlantNIRO

5 Dmitry str.

236000 Kaliningrad

Tel.: +7 (4012) 92-54-25

Fax: +7 (4012) 21 99 97

E-mail: ptchem@atlant.baltnet.ru

TIMOSHENKO, Nikolay

Senior scientist
AtlantNIRO
5, Dmitry str.
236000 Kaliningrad
Tel.: +7 112 22 5554
Fax: +7 112 21 9997
E-mail: timoshenko@atlant.blanet.ru

TOKAREV, Alexandre

Chef de la Représentation du Comité de
pêche
de la Russie au Maroc
Casablanca
Tel.: +212 65 02 48 97
Fax: +212 23 65 45
E-mail: alexandretokarev@hotmail.com

SENEGAL/SÉNÉGAL

ABOUBACAR, Sidibe

Conseiller scientifique
Commission sous-régionale des pêches
Amitié 3, Villa 4430, Dakar
Tel.: +221 33 86 04 75/77 232 561
Fax: +221 33 864 04 77
E-mail: asidibeguinee@yahoo.fr

BARRY, Mariama Dalanda

Directeur
Centre de recherches océanographiques
Dakar-Thiaroye (CRODT)
BP 2241 Dakar
Tel.: +221 33 832 82 65
Fax: +221 33 832 82 62
E-mail: maria_dalanda@yahoo.fr

CISSE, Elhadj

Dr vétérinaire/Conseiller technique
Ministère de l'économie maritime
Building administratif, 4ème étage
Tel.: 338233588
E-mail: elhadj.cisse@yahoo.fr

DEME, Moustapha

Économiste
Centre de recherches océanographiques
Dakar-Thiaroye (CRODT)
BP 2241 Dakar
Tél.: +221 77 632 50 27
Fax: +221 33 832 82 62
E-mail: moustapha.deme@gmail.com

EL AYOUBI, Hachim

Coordinateur de projet
Commission sous-régionale des pêches
(CSRP)
Dakar
Tel.: +212 773037054
E-mail: hachim.elayoubi@voila.fr

NGOM SOW, Fambaye

Chercheur, Biologiste des pêches
Centre de recherches océanographiques
Dakar-Thiaroye (CRODT)
Route du front de terre
BP 2241 Dakar
Tel.: +221 33 832 82 65
+221 77502 6779
Fax: +221 33 832 82 62
E-mail: famngom@yahoo.com

SAMB, Birane

Chercheur, Biologiste des pêches
Centre de recherches océanographiques
de Dakar-Thiaroye (CRODT)
Dakar
Tel.: +221 33 832 82 65
Fax: +221 33 832 82 62
E-mail: bsambe@yahoo.fr

SARRÉ, Abdoulaye

Ingénieur
Centre de recherches océanographiques
Dakar-Thiaroye (CRODT)
BP 2241 Dakar
Tel.: +221 77 632 05 32
Fax: +221 33 832 82 62
E-mail: ablaysarrey@yahoo.fr

SPAIN/ESPAGNE

ALAYÓN, Pedro Pascual

Biologiste
Instituto Espanol de Oceanografia
Avenida 3 de Mayo
Santa Cruz Tenerife
Tel.: +34 922 549400
Fax: +34 922 549554
E-mail: pedro.pascual@ca.ieo.es

BALGUERÍAS, Eduardo

Biologiste
Avenida de Brazil , 31
Madrid
Tel.: +34 91 597 0840
E-mail: eduardo.balguerias@md.ieo.es

GARCIA SANTAMARIA, Teresa

Biologiste
Instituto Espanol de Oceanografia
Avenida 3 de Mayo Santa Cruz Tenerife
Tel.: +34 922 549400
Fax: +34 922 549554
E-mail: teresa.garcia@ca.ieo.es

SIERRA LEONE**JALLOH, Kadijatu**

Fisheries Officer
Ministry of Fisheries and Marines
Resources
Tel.: +232 76 619 276
E-mail: kadijatujalloh@hotmail.com

TOGO**SEDZRO, Kossi Maxoe**

Ingénieur agronome statisticien
Division des pêches et aquaculture
BP 1095 Lomé
Tel.: +228 221 34 70
Fax: +228 221 71 20
E-mail: peche@laposte.tg
ksedrzo69@hotmail.com

**UNITED KINGDOM OF GREAT
BRITAIN AND NORTHERN IRELAND/
ROYAUME-UNI****FAILLER, Pierre**

Chercheur
University of Portsmouth
1-8 Burnaby Road
Portsmouth PO13AE
Tel.: +44 23 92 84 40 85
E-mail: pierre.failler@port.ac.uk

**UNITED STATES OF AMERICA/ÉTATS
UNIS D'AMÉRIQUE****SATIA, Benedict P.**

School of Marine Affairs
University of Washington
Seattle, Washington 98105
Tel.: + 425 361 1375
E-mail: bsatia@hotmail.com

**FOOD AND AGRICULTURE
ORGANIZATION OF THE UNITED
NATIONS/ORGANISATION
DES NATIONS UNIES POUR
L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE****CARAMELO, Ana Maria**

Biologiste des pêches
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome, Italie
Tel.: +39 06 57053020
Fax: +39 06 57053020
E-mail: Ana.Caramelo@fao.org

GARCIA, Serge Michel

Biologiste
Rome
Tel.: +39 066 1705228
Fax: +39 0661705228
E-mail: garcia.sergemichel@gmail.com

JALLOW, Alhaji M.

FAO Regional Office for Africa (RAF)
2 Gamel Abdel Nasser Road
PO Box 1628
Accra, Ghana
Tel.: +233 21 67 50 00 (Ext. 3193)
Fax: +233 21 66 84 27
E-mail: Alhaji.Jallow@fao.org

TANDSTAD, Merete

Biologiste des pêches
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome
Tel.: +39 06 57053020
Fax: +39 06 57053020
E-mail: merete.tandstad@fao.org

WILLMANN, Rolf

Economist
Fisheries and Aquaculture Department
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome
Tel.: +39 06 57053400
Fax: +39 06 57056500
E-mail: rolf.willmann@fao.org

Part I/Première partie
Papers (scientifically reviewed) of
the oral presentations
Documents (scientifiquement
révisés) des présentations orales

**Theme 1: Resources and
exploitation: biology and
ecology of main resources and
status of fisheries/Ressources et
exploitation: biologie et écologie
des principales ressources et état
des pêcheries**

Contribution à la connaissance de la biologie des sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) du littoral sénégalais

Contribution to the knowledge of sardinella biology (*Sardinella aurita* and *Sardinella maderensis*) from the Senegalese coast
(French only/En français seulement)

Khady Diouf Goudiaby^{1*}, Birane Samb¹ et Mor Sylla¹

¹ Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye
B.P. 2241, Dakar, Sénégal.

*<khadiouf@yahoo.fr>

Goudiaby, K.D., Samb, B. et Sylla, M. 2011. Contribution à la connaissance de la biologie des sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) du littoral sénégalais. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

Des paramètres biologiques de *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1874) et *Sardinella maderensis* (Lowe, 1838) ont été déterminés à partir d'une base de données acquise à l'issue d'un programme d'échantillonnage annuel le long du littoral sénégalais de 1995 à 1997 et de 1999 à 2006. Les relations entre la longueur totale (L_t) en mm et le poids (W) en g ont été établies: soit $W = 0,0000035 L_t^{3,162}$ pour *S. aurita* et $W = 0,0000085 L_t^{3,0089}$ pour *S. maderensis*. Le sex-ratio, déterminé par le rapport numérique des mâles sur les femelles, présente des variations saisonnières assez importantes. Les moyennes de ce paramètre sont respectivement de 0,98 et de 0,78 pour *S. aurita* et *S. maderensis*. Les variations de l'état des gonades ont été déterminées de façon quantitative en suivant les valeurs du rapport gonado-somatique (RGS) et l'évolution des fréquences relatives des stades de maturation sexuelle chez les individus ayant atteint la taille théorique de maturité. Le RGS moyen des mâles et des femelles est respectivement de 2,11 et de 2,30 chez *S. aurita* et de 2,26 et 2,28 chez *S. maderensis*. Une reproduction étalée sur toute l'année est mise en évidence chez les deux espèces avec des pics en avril, mai et juin. *S. aurita* atteint la maturité sexuelle à une taille inférieure à celle de *S. maderensis* et, chez ces deux espèces, les mâles (233,11 mm et 233,90 mm respectivement) atteignent la maturité sexuelle à une taille inférieure à celle des femelles (260,73 mm et

250,87 mm respectivement). Le facteur de condition moyen de *S. aurita* (0,94) est significativement supérieur à celui de *S. maderensis* (0,91) (ANOVA, $p < 0,05$).

Mots clés: Littoral sénégalais, *Sardinella aurita*, *Sardinella maderensis*, relation taille-poids, sex-ratio, RGS, maturité sexuelle, facteur de condition

ABSTRACT

Biological parameters for *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1874) and *Sardinella maderensis* (Lowe, 1838) were determined from a database acquired during an annual sampling programme undertaken on the Senegalese littoral area from 1995 to 1997 and 1999 to 2006. The relationships between total length (L_t) in mm and the weight (W) in g were established as follows: $W = 0.0000035 L_t^{3.162}$ for *S. aurita* and $W = 0.0000085 L_t^{3.0089}$ for *S. maderensis*. The sex-ratio, determined by the number of males on the number of females shows important seasonal variations. The mean values for this parameter are respectively 0.98 and 0.78 for *S. aurita* et *S. maderensis*. The variations of the state of gonads have been quantitatively determined by tracking the value of the gonado-somatic ratio (GSR) as well as changes in the relative frequency of the sexual maturity stages among the individuals having reached the theoretical size at maturity. The mean GSR of males and females is respectively 2.11 and 2.30 for *S. aurita* and 2.26 and 2.28 for *S. maderensis*. For the two species, a year-round reproduction is shown, with peaks in April, May and June in the case of *S. aurita*. The latter reaches sexual maturity at a lower size than *S. maderensis* and in both species, the males (233.11 mm and 233.90 mm respectively) reach sexual maturity at a lower size than the females (260.73 mm et 250.87 mm respectively). The mean condition factor of *S. aurita* (0.94) is significantly higher than that of *S. maderensis* (0.91) (ANOVA, $p < 0,05$).

Keywords: Senegalese littoral, *Sardinella aurita*, *Sardinella maderensis*, relationship length-weight, sex-ratio, GSR, sexual maturity, condition factor

1. INTRODUCTION

Les eaux du littoral sénégalais sont classées parmi les plus productives d'Afrique de l'ouest (Barry-Gérard, 1994; JICA, 2006). Cette richesse s'explique par un environnement naturellement riche grâce à la combinaison de divers facteurs interconnectés parmi lesquels on peut citer: (i) la rencontre du courant des Canaries venu du nord et des courants dérivés du courant du golfe de Guinée; (ii) la température de l'eau de mer en surface qui ne descend jamais en dessous de 15°C au cours de l'année (JICA, 2006); et (iii) des remontées d'eaux froides, riches en éléments nutritifs (upwellings) qui apparaissent le long de la côte, de novembre à mai sous l'action principale des alizés (Rebert, 1983; Sharp et Csirke, 1983; Roy, 1991). Parmi les nombreuses espèces de poissons pêchées au Sénégal, les petits pélagiques occupent une place particulièrement importante. La moyenne des captures de *Sardinella* spp. entre 2002 et 2006 a été estimée à 284 000 tonnes (FAO, 2007). Ces espèces sont exploitées par les pêcheries industrielle et artisanale. Parmi ces poissons pélagiques, les deux espèces de sardinelles, *Sardinella aurita* appelée communément sardinelle ronde et *Sardinella maderensis* ou sardinelle plate occupent une place très importante. Ces deux espèces sont très largement répandues le long des côtes ouest-africaines où elles effectuent des migrations de grande amplitude entre le Maroc et le sud du Sénégal (Boely, 1980). Les statistiques du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye (CRODT) démontrent que *S. aurita* et *S. maderensis* peuvent constituer 78 pour cent des prises de la pêche industrielle.

Les mêmes statistiques recueillies de 2001 à 2005 révèlent que les espèces pélagiques représentent en moyenne 85 pour cent des captures de la pêche artisanale sénégalaise avec une prédominance de *S. aurita* (34 pour cent) et de *S. maderensis* (33 pour cent).

Cependant, il a parfois été souligné que les espèces pélagiques sont de faible valeur commerciale et donc de moindre intérêt économique. Cette remarque est mal placée dans une région où règne la malnutrition à l'intérieur des terres et où le poisson représente la principale source de protéine animale (25 kg par personne et par an en équivalent frais selon Chevassus-Agnes et Ndiaye, 1980 et Kébé, 1982). De plus, la plupart de ces ressources sont naturellement instables du fait qu'il s'agit d'espèces à vie courte situées dans un environnement fluctuant, et cette instabilité est accentuée par l'exploitation intensive dont elles sont l'objet (Sharp et Csirke, 1983). Ces facteurs viennent donc accroître l'intérêt de leur étude dont la finalité sera de comprendre la variabilité des divers paramètres, afin d'aboutir à une gestion plus rationnelle des systèmes d'exploitation.

L'étude des sardinelles a débuté au Sénégal après la deuxième guerre mondiale et s'est intensifiée à partir des années soixante avec la création du CRODT, l'implantation de projets spécifiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (OAA-FAO) et des travaux menés par des chercheurs des pays de l'Est à partir des navires de recherches et de bateaux usines travaillant dans la région (Boely, 1980).

À notre connaissance, aucune étude sur la biologie des deux sardinelles n'a été publiée au Sénégal depuis les années 1980. Dans le contexte actuel de modifications profondes du climat mondial et donc des paramètres environnementaux, il convient de réactualiser les informations sur les traits de vie de ces espèces pour une gestion durable des stocks.

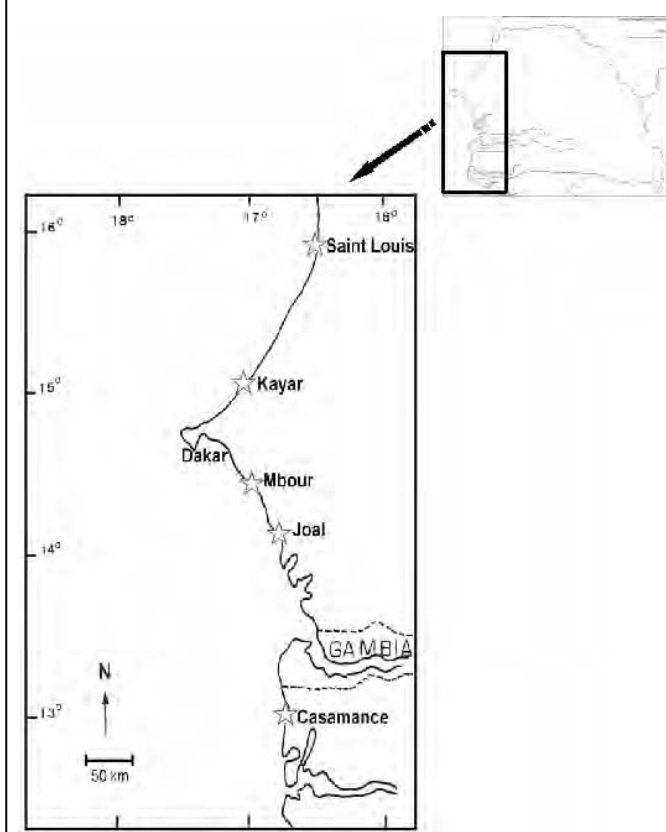
Le présent travail vise à examiner certains des paramètres biologiques de *S. aurita* et de *S. maderensis* le long du littoral sénégalais dans la période 1995 à 1997 et de 1999 à 2006. Après une brève présentation de l'échantillonnage effectué et des méthodes d'estimation, les résultats concernant les paramètres de la reproduction sont présentés et discutés.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Échantillonnage

Les échantillons de *S. aurita* et *S. maderensis* ont été collectés chaque mois de 1995 à 1996 et de 1999 à 2006 le long du littoral sénégalais aux stations d'échantillonnage de Saint Louis, Kayar, Mbour, Joal et de la Casamance (figure 1). Les poissons ont été capturés avec la senne tournante aux stations de Saint Louis, Kayar, Mbour et Joal. Pour la Casamance, les échantillons ont été collectés lors des campagnes d'évaluation des poissons pélagiques effectuées avec les navires de recherche N/R *Itaf*

FIGURE 1
Localisation des stations d'échantillonnage (étoiles) le long du littoral sénégalais



Deme et N/R Dr. Fridtjof Nansen. L'objectif affiché était d'échantillonner au minimum 30 individus par station et par mois pour *S. aurita* et *S. maderensis*. Les poissons ont été soit directement disséqués sur le terrain ou congelés en attendant les dissections au laboratoire. Tous les poissons ont été mesurés (longueur totale, L_t en mm) et pesés (poids total, W en g). Les sexes ont été déterminés ainsi que les stades de maturité sexuelle selon l'échelle de Fontana et Pianet (1973). Le tableau 1 décrit une synthèse des caractéristiques de l'échantillonnage total de chacune des deux espèces.

TABLEAU 1

Caractéristiques de l'échantillonnage de *Sardinella aurita* et de *Sardinella maderensis* le long du littoral sénégalais. N, le nombre d'individus ; LT, la longueur totale en mm ; P, le poids total en g; ET, l'écart type.

Espèce	N	Min-max LT	Moy. LT(±ET)	Min-max P	Moy. P (±ET)
<i>S. aurita</i>	3943	77-400	268,89(±53,03)	4-835	207(±107)
<i>S. maderensis</i>	3897	46-380	251,07(±53,63)	2,4-438	161(±84)

2.2 Traitement des données

2.2.1 Relation taille-poids

Elle a été calculée séparément pour les femelles, les mâles et les deux sexes confondus et exprimée par l'équation suivante:

$$W = a * L_t^b$$

dans laquelle W est le poids du corps, gonades comprises et L_t la longueur totale (mm); a et b sont les paramètres de l'équation.

2.2.2 Reproduction

Le sex-ratio a été calculé par le rapport numérique des mâles sur les femelles.

Le rapport gonado-somatique (RGS) qui permet de suivre les variations de la balance métabolique des individus à travers les modifications saisonnières de l'embonpoint sous l'influence des facteurs externes et internes, indépendamment de la longueur, a été calculé pour chaque individu échantillonné selon la formule:

$$RGS = \frac{Pg \times 100}{W}$$

Dans cette formule, Pg et W sont respectivement le poids de la gonade et le poids total de l'individu (en grammes). Les valeurs moyennes du RGS ont été comparées en effectuant une analyse de variance (ANOVA) à un facteur avec le logiciel Statistica®.

La taille à la première maturité sexuelle (L_{50}) a été définie comme étant le point où 50 pour cent des individus ont atteint le stade III et supérieur de l'échelle de maturation. La L_{50} a été estimée en ajustant la fraction des mâles et des femelles matures par intervalle de 10 mm de L_t à une fonction logistique par régression non linéaire (méthode quasi-Newton du logiciel Statistica) soit:

$$M = \frac{100}{1 + e^{-a(L-L_{50})}}$$

où M est le pourcentage des individus matures par classe de taille de 10 mm; L est la valeur centrale de chaque classe de taille, et a et L_{50} sont des constantes du modèle.

2.2.3 Facteur de condition

Le facteur de condition a été calculé en utilisant la formule standard suivante (Panfili *et al.*, 2004):

$$K = \frac{W}{L_t^3} \times 10^5$$

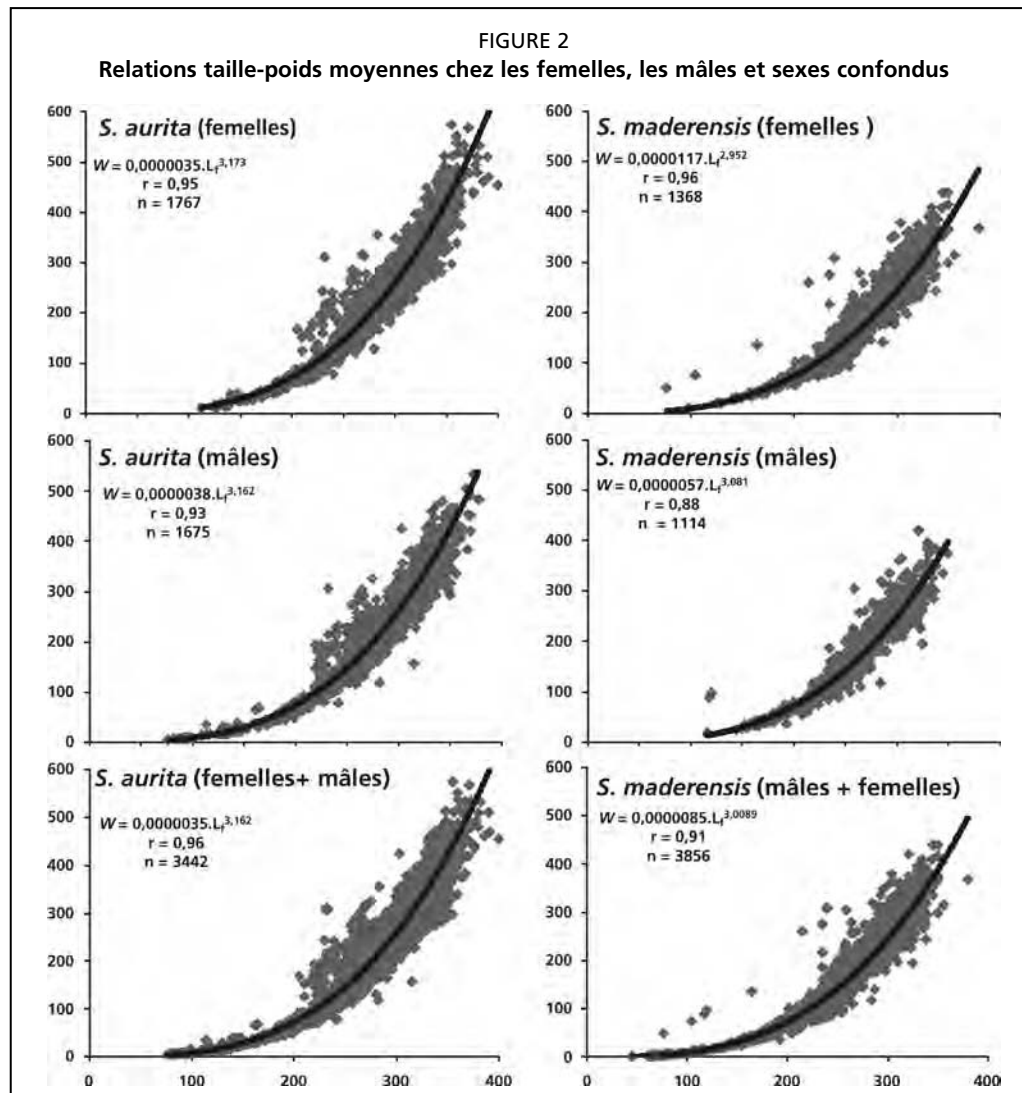
dans laquelle W est le poids total du poisson (en grammes) et L_t la longueur totale (en mm).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 La relation taille-poids

La figure 2 illustre les relations taille-poids chez les deux espèces de sardinelles. Les relations trouvées sont: $W = 0,0000035L_t^{3,173}$ et $W = 0,0000011L_t^{2,952}$ pour les femelles et $W = 0,0000038L_t^{3,162}$ et $W = 0,0000057L_t^{3,081}$ pour les mâles respectivement chez *S. aurita* et *S. maderensis*. Pour les deux sexes confondus, cette relation est: $W = 0,0000035L_t^{3,162}$ pour *S. aurita* et de $W = 0,0000085L_t^{3,0089}$ pour *S. maderensis*. L'intervalle de taille qui a été observé et utilisé est de 77 à 400 mm pour $n = 3943$ chez *S. aurita* et de 46 à 380 mm pour $n = 3897$ chez *S. maderensis* (tableau 1).

Chez *S. aurita*, la comparaison des paramètres de la relation taille-poids trouvés dans la présente étude avec ceux des études antérieures montre que le paramètre a est inférieur

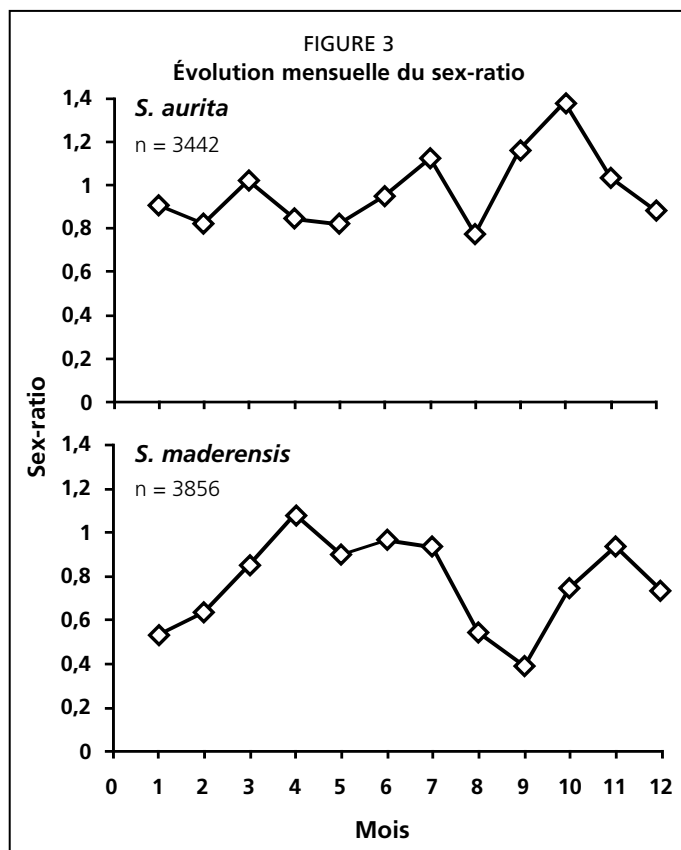


exception faite de celui rapporté par (Boely et Fréon, 1979) (tableau 2). Par contre, la valeur du paramètre **b** trouvée est comparable à celle des travaux qui ont été menés au Sénégal et en Mauritanie (tableau 2). Chez *S. maderensis*, les valeurs des deux paramètres **a** et **b** de cette étude sont inférieures à celles des travaux antérieurs (tableau 2). Les gammes de taille et les unités de mesure (longueur à la fourche et longueur totale) différentes selon les auteurs pourraient expliquer les différences dans les valeurs obtenues. La signification statistique de ces différences ne peut cependant pas être testée faute des données nécessaires.

TABLEAU 2

Comparaison des paramètres de la relation taille-poids chez *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis* avec d'autres études antérieures et les gammes de taille correspondantes LT = longueur totale (mm); LF = longueur à la fourche (mm); a et b sont les paramètres de l'équation; Sén = Sénégal; Mau = Mauritanie; CVert = Cap Vert; Gam = Gambie

Espèce	Tailles	a	b	Lieu	Source
<i>S. aurita</i>	-	0,00000185	3,388	Sén	Boely et Fréon (1979)
	220-370 (LT)	0,0024471	3,375	Mau	Holzlohner et al. (1983)
	50-320 (LF)	0,0061104	3,290	Sén	Camarena (1986)
	150-320 (LF)	0,00794	3,227	Mau	Lawal et Mylnikov (1988)
	40-50 (LF)	0,006392	3,274	Sén	Fréon (1988)
	77-400 (LT)	0,000038	3,162	Sén	Présente étude
<i>S. maderensis</i>	40-290 (LF)	0,01034	3,142	Sén	FAO (1979)
	70-290 (LF)	0,0229297	2,778	CVert	FAO (1987)
	50-290 (LF)	0,0098535	3,167	Sén	Camarena (1988)
	40-290 (LF)	0,01304	3,142	Sén	Fréon (1988)
	80-300 (LF)	0,0098	3,169	Mau	Lawal et Mylnikov (1988)
	88-167 (LT)	0,0000697	3,149	Gam	Écoutin et al. (2005)
	46-380 (LT)	0,0000117	2,292	Sén	Présente étude



3.2 Le sex-ratio

Les valeurs moyennes du sex-ratio toutes tailles et années confondues sont de 0,98 et 0,78 en faveur des femelles pour *S. aurita* et *S. maderensis* respectivement. Les fluctuations mensuelles assez importantes sont notées chez les deux espèces mais apparaissent plus prononcées chez *S. maderensis* (figure 3).

La proportion des femelles dans l'échantillonnage varie selon la taille des individus. Chez *S. aurita*, les femelles sont minoritaires dans les classes de tailles comprises entre 114 et 183 mm exception faite de la classe 134-143 où 100 pour cent de l'échantillonnage est constitué de femelles (figure 4a). Au-delà de 183 mm, la proportion des femelles atteint à nouveau 100 pour cent puis décroît progressivement jusqu'à 293 mm. Le nombre de femelles augmente par la suite pour atteindre les 100 pour cent dans les plus grandes tailles. Chez *S. maderensis*, les femelles

sont majoritaires dans toutes les classes de taille exception faite des classes 175-184 et 215-224 où les proportions entre les femelles et les mâles sont égales (figure 4b). La proportion des femelles atteint également 100 pour cent dans les plus grandes tailles chez *S. maderensis*.

La moyenne du sex-ratio trouvé dans le cadre de cette étude pour *S. aurita* et *S. maderensis* est inférieure à celles des travaux antérieurs effectués sur les mêmes espèces au Sénégal et en Mauritanie (tableau 3). L'établissement de la relation entre le sex-ratio et la taille se heurte à plusieurs difficultés. La proportion relative des mâles et des femelles en fonction de la taille, observée dans les échantillons de captures, dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels on peut noter:

1. La détermination des sexes: il existe une quasi-impossibilité, dans de nombreux cas, de déterminer macroscopiquement avec certitude le sexe des individus immatures. Cependant, dans notre étude, les individus immatures ne représentent que 2 pour cent de l'échantillonnage chez les deux sardinelles. L'erreur possible n'influence donc probablement que très peu sur les résultats.
2. La distribution relative des sexes et de la pêche, dans le temps et dans l'espace: étant donné que la pêche n'est pas aléatoire si les deux sexes ne sont pas parfaitement mélangés, les poissons migrent à des périodes légèrement différentes (en liaison avec la reproduction) ou ont des distributions en bancs ou/et bathymétriques différentes, le sex-ratio dans les captures fluctuera avec les mois et avec la taille de façon difficilement interprétable sans des données plus détaillées.

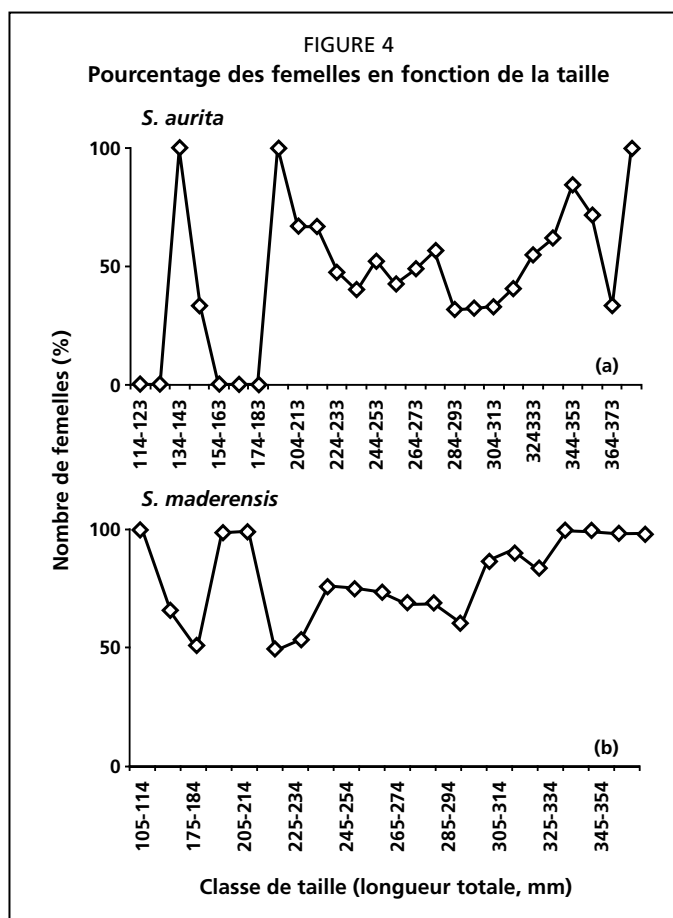


TABLEAU 3

Comparaison des valeurs du sex-ratio de *Sardinella aurita* et de *Sardinella maderensis* de la présente étude avec d'autres études antérieures

Espèces	Sex ratio	Lieu	Source
<i>S. aurita</i>	1,2	Sénégal	Camarena-Luhrs (1986)
	1,56	Mauritanie	Lawal et Mylnikov (1988)
	0,98	Sénégal	Présente étude
<i>S. maderensis</i>	1	Sénégal	Boely et al. (1982)
	1,48	Mauritanie	Lawal et Mylnikov (1988)
	0,78	Sénégal	Présente étude

3.3 La taille à première maturité sexuelle

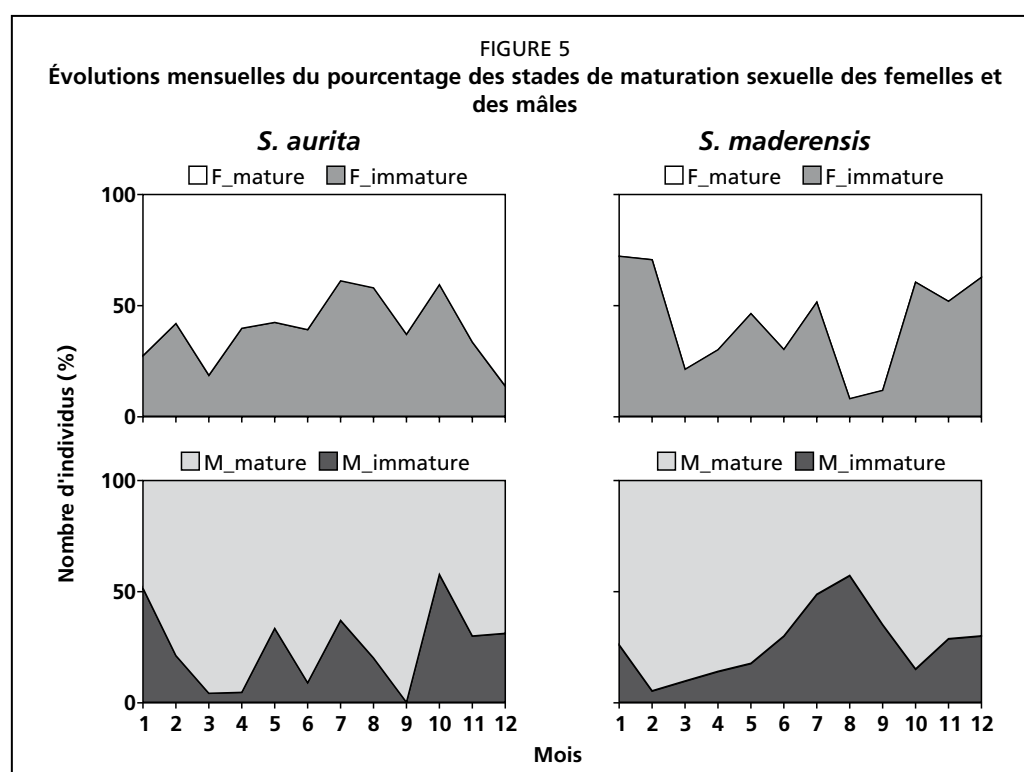
Compte tenu de la prédominance des individus matures dans les échantillonnages (figure 5), les L_{50} n'ont pu être modélisées que sur quelques années d'échantillonnage

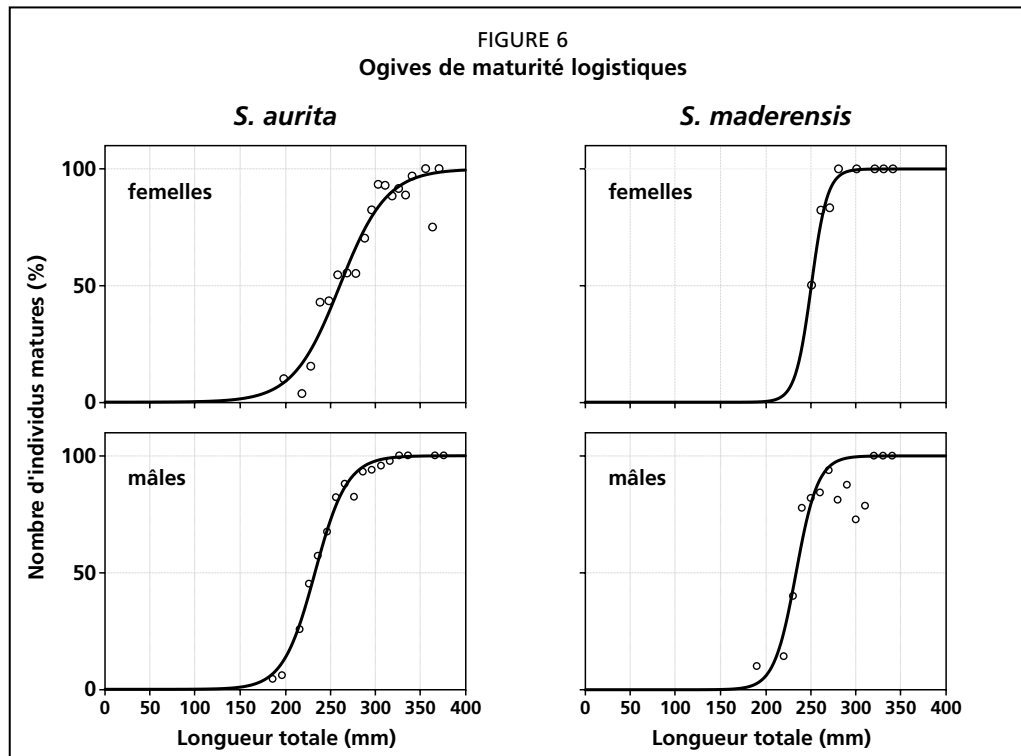
(tableau 4). Les tailles moyennes annuelles à la première maturité sexuelle déterminées à partir de l'ensemble des individus échantillonnés montrent que *S. aurita* atteint la maturité sexuelle à une taille inférieure à celle de *S. maderensis* et, chez ces deux espèces les mâles (233,11 mm et 233,90 mm respectivement) atteignent la maturité sexuelle à une taille inférieure à celle des femelles (260,73 mm et 250,87 mm respectivement) (figure 6). Les tailles moyennes à la première maturité le long du littoral sénégalais dans le cadre de la présente étude sont supérieures à celles observées par d'autres auteurs au Sénégal: 180 mm (LF) (Camarena Luhrs, 1986), 200 mm (LF) (Conand, 1977), 185 à 200 mm (LF) (Fréon, 1988), 165 mm (LF) (Boely et Fréon, 1979) pour les femelles de *S. aurita* et 160 mm (LF) (Camarena Luhrs, 1986) et 165 mm (LF) en moyenne (Fréon, 1988) pour les femelles de *S. maderensis*. Les différences notées dans la valeur des tailles moyennes à première maturité pourraient être expliquées, en partie par le fait que ces différents auteurs ont utilisé la longueur à la fourche.

TABLEAU 4

Tailles à première maturité annuelles moyennes de *Sardinella aurita* et de *Sardinella maderensis* le long du littoral sénégalais

Espèce	Année	L ₅₀	
		Femelles	Mâles
<i>S. aurita</i>	1995	252,92	244,56
	1996	266,48	256,85
	2000	309,42	242,74
	2001	239,50	223,09
	2002	-	222,77
	2003	-	231,00
	2004	-	231,01
	2005	-	242,69
<i>S. maderensis</i>	1995	233,90	-
	1997	-	250,87

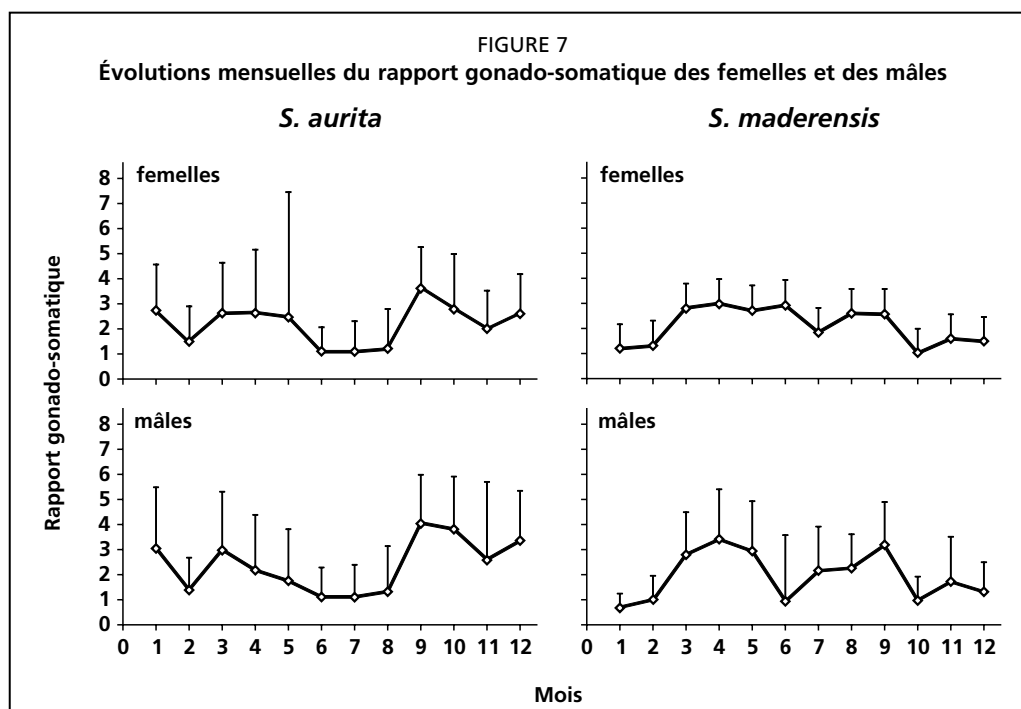




3.4 Le cycle de maturation des gonades et le rapport gonado-somatique

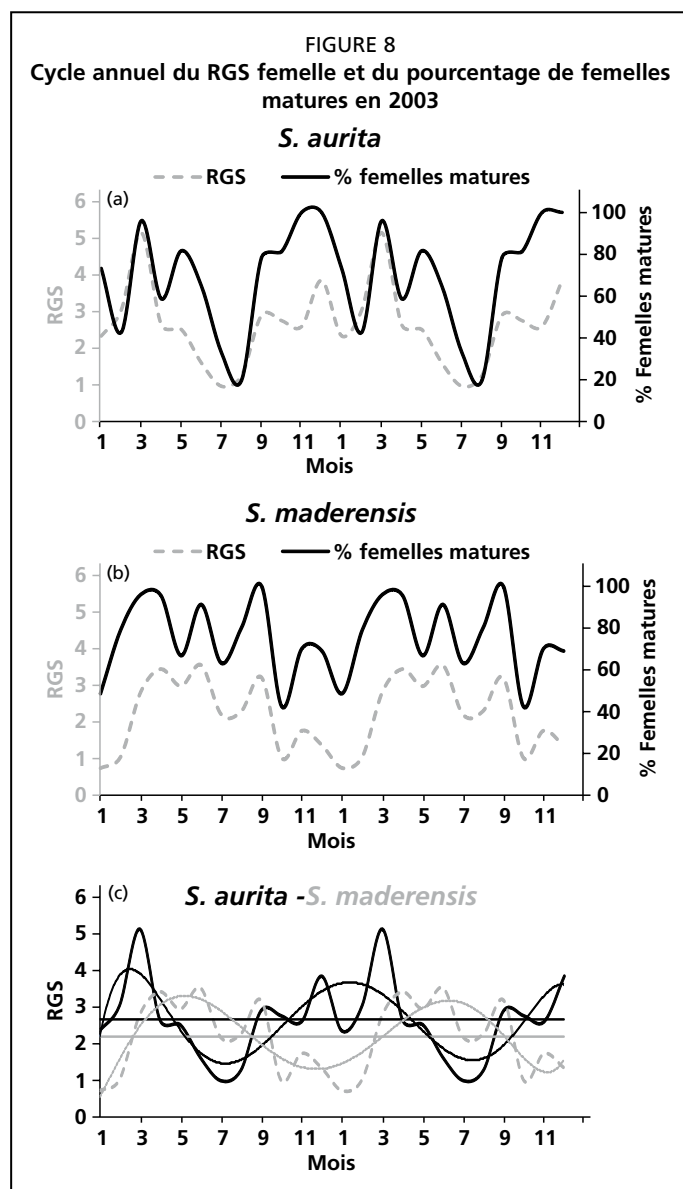
La figure 5 indique que l'on rencontre une proportion variable de femelles et de mâles matures de *S. aurita* et *S. maderensis* pratiquement toute l'année, exception faite du mois de septembre chez les mâles de *S. maderensis*. Ceci laisse supposer une reproduction quasi continue de ces deux espèces avec des variations saisonnières. Ces résultats corroborent ceux des travaux effectués par Boely (1980) démontrant la présence de femelles matures ainsi que des larves de *S. aurita* dans le plancton toute l'année.

Le RGS moyen des femelles et des mâles sur toute la période considérée est respectivement de 2,11 et 2,30 chez *S. aurita* et de 2,26 et 2,28 chez *S. maderensis*. L'évolution saisonnière du RGS (figure 7) indique également une fluctuation saisonnière



importante avec des variations à court terme dont la signification est peu claire. La moyenne mensuelle du RGS ne présente d'ailleurs aucune différence saisonnière significative chez *S. maderensis* (ANOVA, $p > 0,05$) contrairement à ce qui été observé chez les populations de *S. aurita* (ANOVA, $p < 0,05$). Ceci confirme que les variations saisonnières sont plus marquées chez *S. aurita* que chez *S. maderensis* (Cury et Fontana, 1988; Roy *et al.*, 1989). On peut noter cependant que les valeurs les plus faibles (des mâles et des femelles) sont observées de juin à août pour *S. aurita* et d'octobre à février pour *S. maderensis*.

Les évolutions saisonnières du pourcentage de femelles matures et du RGS des femelles de l'année 2003 (année au cours de laquelle l'échantillonnage a été le plus complet sur les 12 mois conformément au protocole qui a été défini) ont été représentées sur la figure 8 pour comparaison. En outre, parce que le calendrier biologique des espèces n'est pas forcément calé sur le calendrier civil, nous avons répété le cycle saisonnier moyen sur deux années pour être sûr de ne pas tronquer artificiellement le cycle propre à chaque espèce (figures 8a et 8b). On note des oscillations saisonnières nettes et concordantes (entre RGS et pourcentage de maturation) mais en nette opposition entre *S. aurita* et *S. maderensis*. La superposition des évolutions du RGS des deux espèces (figure 8c) et le lissage des tracés par une polynomiale montre parfaitement



que les reproductions des deux espèces sont en contraste de phase (décalées d'environ 6 mois). Si l'on utilise les intersections entre les polynomiales et la valeur moyenne du RGS pour en définir les bornes, la principale saison de maturation se situe de novembre à mars chez *S. aurita* et d'avril à septembre chez *S. maderensis*. Si l'on se réfère à l'hydroclimat de la région tel que décrit par Roy (1991) ou Fréon (1988), la période de maturation maximale correspondrait approximativement à la période de renforcement de l'upwelling (transition entre saison chaude et saison froide) pour *S. aurita* et à la période d'affaiblissement de l'upwelling (transition entre saison froide et saison chaude) pour *S. maderensis*. Cette différence correspond bien à l'affinité connue de ces deux espèces respectivement pour les eaux froides (et du large) et chaudes (et côtières).

Pour *S. aurita*, ce résultat est en accord avec les études effectuées au Sénégal selon lesquelles l'activité sexuelle est très étalée au cours de l'année (Boely *et al.*, 1982; Fréon, 1988; Cury et Fontana, 1988). L'ensemble des auteurs s'accorde à dire que l'activité sexuelle de *S. aurita* passe par des pics séparés par des périodes de repos plus ou moins marquées. La synthèse effectuée par Roy *et al.* (1989) sur les stratégies de reproduction des clupéidés

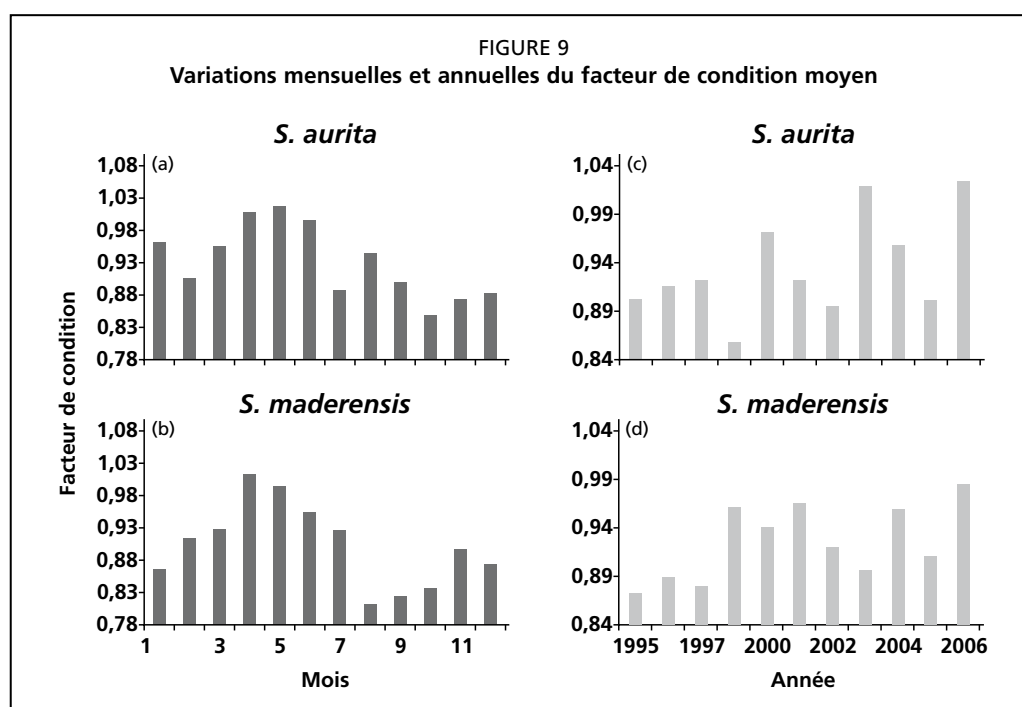
d'Afrique de l'ouest associe la reproduction de *S. aurita* aux périodes d'upwelling sur le plateau ivoiro-ghanéen et au Congo et plus particulièrement à la période de refroidissement rapide qui termine la saison chaude.

Pour *S. maderensis*, nos résultats sont en accord avec: (i) la synthèse de Roy *et al.* qui mentionne qu'elle se reproduit toute l'année; (ii) avec les conclusions de Cury et Fontana (1988) au Congo où cette espèce se reproduirait toute l'année avec un maximum en fin de saison froide et en petite saison froide; et (iii) avec les conclusions de Fréon (1988) au Sénégal, qui indique que son activité sexuelle est maximale de février à octobre.

A notre connaissance cependant, l'opposition de phase entre les cycles annuels de maturation des deux espèces n'a jamais été mentionnée. Les cycles moyens décrits sur la figure 8 comportent également des oscillations secondaires que nous n'avons pas cherché à interpréter. Levenez (1993) par exemple identifie deux saisons principales de ponte au Sénégal: (i) pour les sardinelles adultes ($L_f > 25$ cm) entre mai et juin, et (ii) pour les jeunes reproducteurs ($18 \text{ cm} < L_f < 25$ cm) en octobre et novembre, ce qui pourrait correspondre à nos oscillations secondaires dont la signification statistique reste cependant à vérifier. Cependant, des observations contraires ont été faites au Sénégal entre 1968 et 1972 par (Boely *et al.*, 1978) selon lesquelles le cycle sexuel de *S. aurita* présenterait une période de repos sexuel (décembre et janvier) suivie d'une période d'activité présentant plusieurs maximums en février et juin, puis en septembre et en novembre. Seule une analyse à long terme permettrait de dire si ces pics sont réels et s'ils sont constants d'une année à l'autre.

3.5 Le facteur de condition

La condition moyenne est de 0,950 et 0,948 chez *S. aurita* et de 0,919 et 0,913 chez *S. maderensis* respectivement pour les femelles et pour les mâles. Elle présente des variations saisonnières et inter-annuelles chez les deux espèces (figure 9). Les valeurs mensuelles les plus élevées sont observées en saison chaude (avril, mai et juin) (figures 9a et 9b). La condition atteint son minimum en saison froide (octobre) chez *S. aurita* (figure 9a) et en saison chaude (août) chez *S. maderensis* (figure 9b). Le résultat est cohérent pour *S. maderensis* car le facteur de condition apparaît maximal quand le RGS est maximum et donc quand les réserves sont maximales dans les ovaires. On ne retrouve cependant pas cette cohérence pour *S. aurita*. Ces résultats sont également



différents de ceux obtenus au Congo par Fontana et Pianet (1973) qui montrent qu'en moyenne sur plusieurs années d'observations, les deux espèces présentent les valeurs les plus basses du facteur de condition durant la saison chaude (février à avril) et des valeurs maximales durant les saisons froides (mai à septembre et janvier). Le même phénomène a été rapporté lors d'une étude sur les côtes ouest africaines par Cury et Fontana (1988) avec des valeurs fortes durant la saison froide (janvier à juin) et faibles le reste de l'année. Ces périodes froides correspondent à la présence d'eaux riches en éléments nutritifs et en plancton et il semble logique d'admettre que l'abondance de nourriture durant ces périodes conditionne la prise de poids des individus. Dans la présente étude, une telle conclusion ne peut être émise car les résultats obtenus semblent démontrer un effet contraire. On pourrait donc émettre l'hypothèse selon laquelle la condition peut être influencée par d'autres facteurs environnementaux qui, malheureusement, n'ont pas été mesurés lors des échantillonnages de la présente étude.

La moyenne annuelle de la condition présente des valeurs maximales en 2003 et en 2006 (figure 9c) chez *S. aurita* et en 2006 chez *S. maderensis* (figure 9d). Les valeurs minimales sont observées en 1999 chez *S. aurita* et en 1995 chez *S. maderensis*. Les variations saisonnières du facteur de condition et des teneurs en matières grasses sont similaires pour les deux espèces dont les teneurs en graisse augmentent durant les périodes d'upwelling (Cury et Fontana, 1988). Ces auteurs ont également démontré que l'embonpoint des individus est maximal lorsque l'upwelling de l'année est le plus intense, ce qui corrobore l'hypothèse d'une action du climat (par l'intermédiaire de l'abondance de nourriture) sur le facteur de condition.

4. CONCLUSION

Les paramètres biologiques des espèces sont indispensables à la connaissance des stratégies reproductives. En effet, ces dernières sont le fruit de pressions sélectives passées et présentes. Elles représentent une des solutions possibles adoptées par l'espèce pour assurer sa survie. Leur compréhension permet de mieux analyser les réactions des stocks aux contraintes extérieures. C'est en cela qu'elles peuvent être utiles à l'aménagement des pêcheries.

L'étude des paramètres biologiques des sardinelles le long de la côte sénégalaise a permis de réactualiser les connaissances acquises depuis les années 80. Des variations mensuelles et annuelles des paramètres de la reproduction ont été mises en évidence chez *S. aurita* et *S. maderensis*. Un décalage de six mois des cycles de reproduction des deux espèces a été également observé. Ces cycles de base sont modulés par des fluctuations à plus courte période que l'on n'a pas cherché à interpréter. *S. aurita* et *S. maderensis* semblent donc exploiter l'écosystème de manière optimale en évitant la compétition entre leurs descendances. Toutefois, il paraît souhaitable d'effectuer des études sur le long terme sur les paramètres biologiques de ces espèces avec un échantillonnage stratifié selon la taille en tenant compte des paramètres environnementaux tels que la température de l'eau et la disponibilité alimentaire. Ceci permettrait également de mieux appréhender la nature des «pics» de reproduction observés.

5. RÉFÉRENCES

- Barry-Gérard, M. 1994. Migration des poissons le long du littoral sénégalais. In M. Barry-Gérard, T. Diouf & A. Fontenau, eds. *L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise*, pp. 215-234. ORSTOM, Paris, France.
- Boely, T. 1980. *Biologie de deux espèces de sardinelles Sardinella aurita Valenciennes, 1847 et Sardinella maderensis, (Lowe, 1841) des côtes sénégalaises*. Thèse de doctorat d'État, Université de Paris VI.

- Boely, T. & Fréon, P. 1979. Les ressources pélagiques côtières. In *Les ressources halieutiques de l'Atlantique centre-est. Les ressources du Golfe de Guinée de l'Angola à la Mauritanie*. Document technique de la FAO. No. 186. Rome, FAO. 1: 13–78.
- Boely, T., Chabanne, J. & Fréon, P. 1978. Schémas migratoires, aires de concentrations et périodes de reproduction des principales espèces de poissons pélagiques côtiers dans la zone sénégal-mauritanienne. In *Rapport du groupe de travail ad hoc sur les poissons pélagiques côtiers ouest africains de la Mauritanie au Libéria (26°N à 5°N)*. Dakar-Sénégal COPACE/PACE. Série 78/10: 63–70.
- Boely, T., Chabanne, J., Fréon, P. & Stequert, B. 1982. Cycle sexuel et migrations de *Sardinella aurita* sur le plateau continental ouest africain des îles Bissagos à la Mauritanie. Rapport. P.V. Réunion du Conseil international pour l'exploration de la mer. 180: 350–355.
- Camarena-Luhrs, T. 1986. *Les principales espèces de poissons pélagiques côtiers au Sénégal: biologie et évaluation des ressources*. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale.
- Chevassus-Agnes, S. & Ndiaye, A.M. 1980. Enquête de consommation alimentaire de l'ORANA de 1977 à 1979. Compte-rendu du séminaire sur l'état nutritionnel de la population rurale du Sahel. CRDI, 28-29 avril 1980.
- Conand, F. 1977. Œufs et larves de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) au Sénégal: distribution, croissance, mortalité, variations d'abondance de 1971 à 1976. Cahiers ORSTOM, Série océanographique, XV (3): 201-214.
- Cury, P. & Fontana, A. 1988. Compétition et stratégies démographiques comparées de deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) des côtes ouest-africaines. *Aquatic Living Resources* 1: 165-180.
- FAO. 2007. Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale. Rapport sur les pêches. No. 849. Agadir, Maroc, 17–26 avril 2007.
- Fontana, A. & Pianet, R. 1973. *Biologie des sardinelles, S. eba et S. aurita, des côtes du Congo et du Gabon*. Document du centre ORSTOM de Pointe Noire, 31: 39 pp.
- Fréon, P. 1988. *Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation: Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal*. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille.
- JICA. 2006. *Étude de l'évaluation et de la gestion des ressources halieutiques en République du Sénégal*. Rapport No. 8: R-1.
- Kébé, M. 1982. *L'approvisionnement en poisson de la région du Cap-Vert*. Communication à la consultation FAO des experts sur la technologie du poisson. Casablanca (Maroc), 7-12 juin 1982. Documents Scientifiques. Centre de Recherches Oceanographiques de Dakar-Thiaroye, 84: 55-90.
- Lévéné, J.J. 1993 Synthèse bibliographique des connaissances sur la biologie de quelques espèces de poissons concernant le symposium. In M. Barry-Gérard, T. Diouf & A. Fontenau, eds. *L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise*, pp. 121–141.
- Panfili, J., Durand, J.D., Diop, K., Diouf, K., Thior, D., Ndiaye, P. & Laë, R. 2004. Influence of salinity on the life-history traits of the West African black-chinned tilapia (*Sarotherodon melanotheron*): comparison between The Gambia and the Saloum estuaries. *Aquatic Living Resources* 17: 65-74.
- Rébert, J.P. 1983. *Hydrologie et dynamique des eaux du plateau continental sénégalais*. Document scientifique du Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye, 50: 86 pp.
- Roy, C. 1991. Les upwellings: le cadre physique des pêcheries côtières ouest-africaines. In P. Cury & C. Roy, eds. *Variabilité, instabilité et changement dans les pêcheries ouest-africaines*, ORSTOM. Paris.

- Roy, C., Cury, P., Fontana, A. & Belvèze, H. 1989. Stratégies spatio-temporelles de la reproduction des clupéidés des zones d'upwelling d'Afrique de l'Ouest. *Aquatic Living Resources* 2: 21–29.
- Sharp, G.D. & Csirke, J. 1983. *Report of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources*. San José, Costa Rica, 18–29 April 1983. FAO Fishery report. No. 291. Rome, FAO. (1): 102 pp.

Âge et croissance de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) le long de la côte atlantique marocaine

Age and growth of sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Moroccan Atlantic coast
(French only/En français seulement)

Khadija Amenzoui¹, Abdel Hakim Mesfioui¹, Charouki Najib¹ et Ahmed Yahyaoui²

¹ Institut National de Recherche Halieutique, 2, rue de Tiznit Casablanca
<Amenzoui_khadija@yahoo.fr>

² Faculté des Sciences, Université Mohammed V, Rabat

Amenzoui, K., Mesfioui, A.H., Najib, C. et Yahyaoui, A. 2011. Âge et croissance de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) le long de la côte atlantique marocaine. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

Le long de l'Atlantique marocain, dans son aire de répartition, la sardine (*Sardina pilchardus*) forme une diversité de trois populations avec trois aires de pontes distinctes. Son habitat est caractérisé par le phénomène d'upwelling, principale source d'enrichissement mais aussi d'instabilité. Trois ports: Safi, Agadir et Laâyoune sont choisis pour étudier la variabilité spatio-temporelle de la croissance de cette espèce. L'étude de la croissance a été réalisée par la méthode directe; interprétation des anneaux de croissance visible sur l'otolithe entier (sagitta) et par analyse de distribution de fréquences de taille. Les résultats obtenus par ces deux méthodes sont similaires. Les paramètres de l'équation de croissance (linéaire et pondérale) de Von Bertalanffy estimés ainsi que les tailles moyennes par classe d'âge obtenus diffèrent d'une zone à l'autre. Cependant, deux groupes de sardine peuvent être distingués: les sardines qui ont une L_{∞} élevée égale à 26 cm et qui correspondent aux sardines de la zone de Laâyoune et les sardines qui ont une L_{∞} moins importante, environ 22 cm et qui regroupent les sardines capturées au niveau des ports de Safi et Agadir. Des variations annuelles des tailles moyennes par classes d'âge sont aussi observées. Les différences entre les différentes zones sont discutées et comparées à d'autres zones de son aire de répartition géographique.

Mots-clés: Atlantique marocain, *Sardina pilchardus*, relation taille-poids, âge, croissance linéaire, croissance pondérale, variations spatio-temporelles

ABSTRACT

Along the Moroccan Atlantic coast, the sardine (*Sardina pilchardus*), in its distribution area, forms a variety of three populations with three distinct spawning areas. Its habitat is characterized by an upwelling system; the main source of enrichment, but also of instability. Three ports: Safi, Agadir and Laâyoune are chosen to study the spatio-temporal variability of the growth of this species. The study of the growth was realized by the direct method; interpretation of the growth rings observable on the otolith (sagitta) and by analysis of frequency of length distribution. The results obtained by these two methods are similar. The parameters of estimated equation of growth (linear and level-headed) by von Bertalanffy and the mean lengths by age group obtained change from one area to another. However, two groups of sardines can be distinguished: sardines that have a high L_{∞} equal to 26 cm and found in the area of Laâyoune and sardines that have an L_{∞} less important, around 22 cm and corresponding to sardines captured in the ports of Safi and Agadir. The annual variations in mean lengths by age groups are also observed. The differences between the various zones are discussed and compared to other areas.

Keywords: Moroccan Atlantic, *Sardina pilchardus*, length-weight relationship, age, linear growth, level-headed growth; spatio-temporal variations

1. INTRODUCTION

Le long de l'Atlantique marocain, dans son aire de répartition, la sardine, *Sardina pilchardus* forme une diversité de trois populations avec trois aires de pontes distinctes. Son habitat est caractérisé par le phénomène d'upwelling, principale source d'enrichissement mais aussi d'instabilité. La sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum 1792) est l'une des espèces pélagiques les plus exploitées sur les côtes marocaines. Ses captures représentent plus de 60 pour cent des débarquements totaux de la pêche pélagique (INRH, 2007). Compte tenu de l'importance socio-économique de cette espèce, il s'est avéré impératif d'identifier les populations de la sardine marocaine pour l'évaluation et l'adoption d'une stratégie adéquate pour l'aménagement rationnel et l'utilisation durable des pêcheries sardinières.

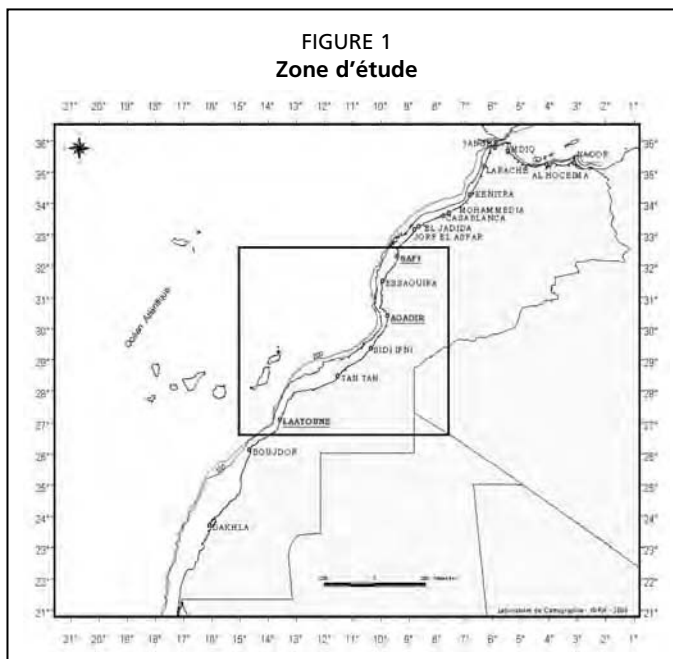
Les critères utilisés pour la différenciation des unités de populations de la sardine marocaine, sont basés sur diverses approches: biologique (Belvèze, 1984); morphométrique, (Silva, 2003); biochimique par électrophorèse des protéines et étude des marqueurs allozymiques (Biaz., 1976; Chlaida *et al.*, 2005); génétique (Atarouch *et al.*, 2006); étude des marqueurs biologiques tels que les parasites (Scherbitch *et al.*, 1997 in COPACE, 1997) ou sur les études d'ichtyoplancton (Ettahiri, 1996; Ettahiri *et al.*, 2003 et Berraho, 2007).

Actuellement, la gestion des pêcheries atlantiques marocaines se base sur l'hypothèse de trois stocks séparés: Un premier stock au nord entre cap Spartel et El Jadida. Un deuxième, stock central entre Safi et Laâyoune. Un troisième, stock sud entre Boujdor et Lagouira.

Cette étude a pour objectif d'étudier les caractéristiques des modèles de croissance du stock sardinier central et l'influence de l'habitat et de la variabilité interannuelle sur la croissance. En effet, l'estimation de la croissance des poissons est un paramètre indispensable de la biologie des pêches et des évaluations de stocks.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les otolithes utilisés pour la lecture de l'âge, proviennent des échantillons réalisés sur les débarquements commerciaux effectués au niveau des principaux ports de la zone centrale de la côte atlantique marocaine: Safi, Agadir et Laâyoune (figure 1 et tableaux 1a, b et c). La période d'étude allait de janvier 2004 à décembre 2006 pour les trois zones: Safi, Agadir et Laâyoune. Cependant, en 2005 l'échantillonnage a été seulement effectué durant la période de juin à décembre au niveau de la zone de Safi alors qu'au sein de celle d'Agadir, il manque la période allant de juin à septembre.



TABLEAUX 1A, 1B ET 1C

Nombre d'individus échantillonnés et d'otolithes lus au sein de chaque zone d'étude durant la période 2004-2006

1a- Safi	2004	2005	2006
Nb. sardines échantillonnées	412	271	487
Nb. d'otolithes lus	326	231	416
% d'otolithes non lus	12,13 %	14,75 %	14,57 %
1b- Agadir	2004	2005	2006
Nb. sardines échantillonnées	289	356	710
Nb. d'otolithes lus	249	301	576
% d'otolithes non lus	16,16 %	15,4 %	18,87 %
1c- Laâyoune	2004	2005	2006
Nb. sardines échantillonnées	1172	1100	1300
Nb. d'otolithes lus	962	870	980
% d'otolithes non lus	18 %	21 %	25 %

La méthode d'échantillonnage est celle décrite par Belvèze, 1984. La fréquence d'échantillonnage est mensuelle et fonction de la disponibilité du poisson. Un échantillon comprenant dix individus par classe de taille d'un demi-centimètre inférieur est prélevé. Pour chaque individu, la longueur totale (Lt) est mesurée au 0,5 centimètre inférieur, le poids individuel total (W) et le poids des gonades (G) sont pesés au dixième de gramme, le sexe et le stade de maturité sexuelle sont déterminés.

Les poissons possèdent trois paires d'otolithes de part et d'autre de l'encéphale, en arrière des yeux, les sagittae, les *lapilli* et les *asterisci*. Les *sagittae* étant les plus gros et les plus utilisés pour la détermination de l'âge.

Après extraction, les otolithes sont nettoyés et conservés en les montant en série sur des plaquettes en plastique noir creusées d'alvéoles numérotées puis fixés à l'aide de résine synthétique (Eukitt). La lecture directe des otolithes se fait à l'aide d'une loupe binoculaire. L'image est projetée sur un écran pour une discussion de l'âge retenu. En lumière transmise, les zones hyalines et opaques apparaissent respectivement sombres

et claires. En général, les otolithes des espèces des zones tempérées présentent deux anneaux par an, un pour l'été et un pour l'hiver, l'ensemble formant un anneau annuel. La détermination de l'âge de la sardine a été faite selon les recommandations des directives internationales pertinentes conçues aux cours des ateliers de la lecture d'âge (ICES, 1997; FAO, 2001; Soares *et al.*, 2002; FAO, 2006).

La ponte de la sardine s'étale sur presque toute l'année avec toutefois une saison principale pendant l'hiver et une saison secondaire pendant l'été (Belvèze, 1984; Ettahiri, 1996; Ettahiri *et al.*, 2003 et Barraho, 2007). Pour pallier aux différences de taille dans une même classe d'âge dues à l'étalement de la ponte, le premier janvier est considéré comme date théorique de naissance à toutes les sardines. De ce fait, l'âge des individus échantillonnés durant le premier semestre de l'année coïncide avec le nombre d'anneaux annuels hyalins complets (avec une zone sombre et une zone claire). En revanche, l'âge des individus échantillonnés durant le second semestre est égal au nombre d'anneaux hyalins moins un puisque le dernier anneau (opaque) se trouve encore en formation.

La lecture mensuelle directe des otolithes a permis d'obtenir des couples de valeurs (âge-taille) et de déterminer des clés âge-longueur pour les mâles, les femelles et pour l'ensemble de la population, tous sexes confondus.

La croissance des poissons peut être exprimée par le modèle de Von Bertalanffy qui définit la longueur des poissons en fonction de l'âge, selon l'équation:

$$L_t = L_{\infty} * (1 - e^{-k * (t - t_0)})$$

où L_t est la longueur de l'individu au temps t , L_{∞} représente la longueur asymptotique, k est le taux de croissance et t_0 correspond à l'âge théorique pour lequel la longueur est égal à zéro.

L'estimation des paramètres de la croissance a été effectuée par la méthode graphique de Gulland et Holt (1959) en utilisant la relation:

$$(L_2 - L_1) / (t_2 - t_1) = k * L_{\infty} - k * (L_1 + L_2) / 2$$

Cette relation est de la forme $y = a + b * L$ dans laquelle $y = (L_2 - L_1) / (t_2 - t_1)$ est le taux annuel de croissance, $a = k * L_{\infty}$, $b = k$ et $L = (L_1 + L_2) / 2$.

L_1 et L_2 sont les longueurs successives correspondant respectivement aux temps t_1 et t_2 . L'ordonnée à l'origine a et la pente b donnent des estimations de k et L_{∞} grâce aux relations: $k = -b$ et $L_{\infty} = -a/b$.

Aussi, le poids à l'âge infini a été estimé en combinant l'équation de croissance de Von Bertalanffy et la relation taille-poids ($W(t) = a * L^b(t)$). La détermination de a et b se fait par transformation logarithmique de la relation taille-poids: $\log W = \log a + b \log L$.

Ainsi, on obtient le poids total d'un poisson en fonction de l'âge:

$$W(t) = W_{\infty} * (1 - e^{(-k * (t - t_0))})^b \text{ Où: } W_{\infty} \text{ est le poids asymptotique.}$$

Pour minimiser l'effet de la variation interannuelle de la croissance et pour faciliter la comparaison du rythme de la croissance linéaire et pondérale entre les différentes zones d'étude, nous avons regroupé les données provenant de la lecture d'âge et de mesures de longueur totale durant les trois années (de 2004 à 2006). Ensuite, nous avons estimé la longueur totale moyenne et le poids total moyen par groupe d'âge ainsi que les ETs correspondants (comparaison des âges communs aux trois zones: un à quatre ans) et nous avons également déterminé les paramètres de la croissance linéaire et pondérale de Von Bertalanffy ainsi que les taux d'accroissement annuel correspondants.

L'équation empirique de Pauly et Munro (1984) a été utilisée pour comparer les différentes estimations et les performances de croissance: $\emptyset' = \log_{10} k + 2 \log_{10} L_{\infty}$.

Cet indice permet de caractériser la performance relative de la croissance et d'évaluer la fiabilité d'une courbe de croissance.

Un test de Fischer (Scherrer, 1984) a été effectué pour comparer les paramètres estimés de la croissance de Von Bertalanffy au niveau des trois zones: Safi, Agadir et Laâyoune.

3. RÉSULTATS

La lecture des marques d'arrêt hivernal de croissance a permis de distinguer des cohortes dont le nombre et la date de recrutement varient en fonction de l'année et de la zone de pêche considérée. Les plus jeunes sardines capturées ont un âge zéro¹ au niveau de la zone d'Agadir et de Laâyoune alors que dans la zone de Safi, elles ont un an. Les plus âgées ne dépassent pas cinq ans dans la zone de Safi et quatre ans dans celle d'Agadir, tandis que, l'âge maximal dans la zone de Laâyoune est de six ans (tableau 2). L'estimation de l'âge individuel a permis d'obtenir les couples (âge-longueur totale) qui ont permis d'aboutir à la modélisation de la croissance par l'utilisation du modèle de Von Bertalanffy.

TABLEAU 2

Paramètres de croissance de Von Bertalanffy et indice de performance de croissance estimés au sein de chaque zone d'étude (2004-2006) (sexe combiné)

Années	Zone	N. ind.	N. de cohortes	Inter. de taille (cm)	L_{∞} (cm)	k (an ⁻¹)	to (an)	r ²	Ø'
2004	Safi	326	4 (1-4 ans)	15-21,5	21,5	0.43	-2.33	0.99	2.30
	Agadir	249	4 (0-3 ans)	13,5-20,5	21	0.29	-4.11	0.99	2.11
	Laâyoune	962	7 (0-6 ans)	7,5-26,5	29	0.25	-2.81	0.99	2.32
2005	Safi	231	4 (1-5 ans)	16-21,5	23,5	0.23	-4.86	0.99	2.10
	Agadir	301	5 (0-4 ans)	12,5-21	22,5	0.24	-4.59	0.99	2.08
	Laâyoune	870	6 (0-5 ans)	10-26,5	26	0.46	-1.51	0.96	2.49
2006	Safi	416	5 (1-5 ans)	15,5-21,5	22,5	0.23	-5.54	0.99	2.06
	Agadir	576	5 (0-4 ans)	11,5-21,5	23	0.25	-4.14	0.99	2.12
	Laâyoune	980	7 (0-6 ans)	8,5-26	28	0.30	-2.27	0.99	2.37

Les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy ainsi obtenus chez les mâles et les femelles échantillonnés dans la zone de Laâyoune (toutes années confondues de 2004 à 2006) sont:

Femelles: $L_{\infty} = 29,25$ cm; $k = 0,24$ par an et $t_0 = -2,79$ an.

Mâles: $L_{\infty} = 28,11$ cm; $k = 0,3$ par an et $t_0 = -2,36$ an.

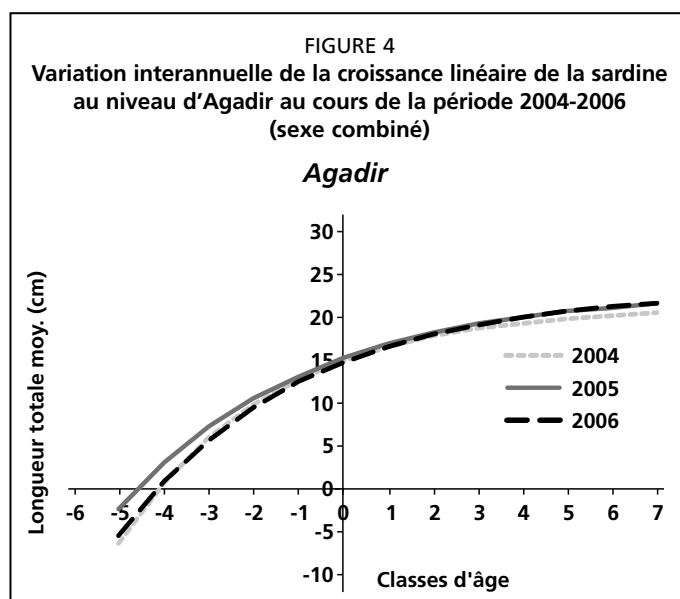
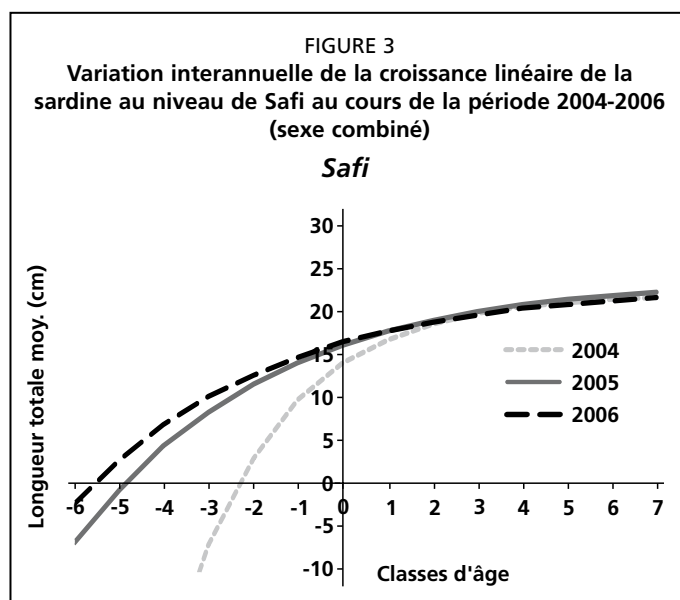
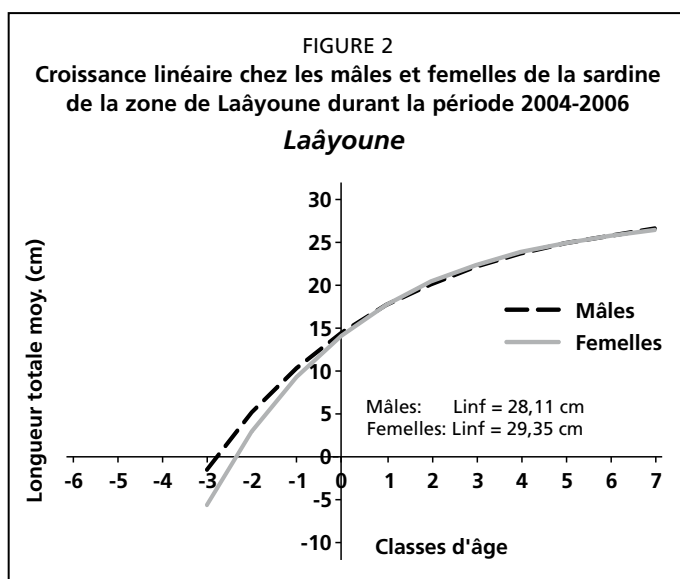
Ce qui permet d'écrire l'équation de la croissance linéaire en fonction du temps:

Femelles: $L_t = 29,25 * (1 - e^{(-0,24 * (t + 2,79))})$. Limites de validité 11 à 26 cm.

Mâles: $L_t = 28,11 * (1 - e^{(-0,29 * (t + 2,36))})$. Limites de validité 12 à 26 cm.

Il semble que les femelles présentent une L_{∞} supérieure à celle des mâles mais avec un taux de croissance (k) légèrement inférieur. Cependant, le test de Fischer (Scherrer, 1984) ne fait pas apparaître une différence significative entre les mâles et les femelles ($F_c = 0,00078$, $F_{1; 0,05} = 5,14$).

¹ Les sardines d'âge 0: ce sont des sardines nées dans l'année et qui n'ont pas encore un an révolu.



Nous devons donc considérer que la courbe de croissance des mâles coïncide avec celle des femelles (figure 2). Ainsi, on peut combiner les données des mâles et des femelles et estimer les paramètres de la croissance pour l'ensemble de la population.

Les paramètres de la croissance estimés (sexe combiné) chaque année et dans chaque zone (tableau 2) ainsi que les courbes de croissance linéaire correspondantes (figures 3, 4 et 5) montrent une variabilité interannuelle de la croissance au sein des zones d'étude. Cependant, le test de Fischer ne montre pas de différence interannuelle significative (tableau 3). On considérera donc que les variabilités interannuelles observées ne sont pas statistiquement significatives.

Les longueurs totales moyennes estimées par groupe d'âge ont montré des différences entre les trois zones d'étude. Les écarts calculés des longueurs totales moyennes par groupe d'âge entre la zone de Safi et d'Agadir sont modestes et ne dépassent pas 0,60 cm, alors que ceux calculés entre la zone de Laâyoune d'une part et la zone de Safi et d'Agadir d'autre part sont importants et augmentent avec l'âge de la sardine pour atteindre plus de 3 cm (en faveur des sardines de la zone de Laâyoune) à l'âge de quatre ans (tableau 4).

Les courbes traduisant la croissance linéaire au niveau de ces trois zones ont montré que pour un âge similaire, les sardines de la zone de Laâyoune sont plus grandes. Les écarts de croissance augmentent avec l'âge du poisson entre la zone de Laâyoune d'une part et celle de Safi et d'Agadir d'autre part. Le test de Fisher montre que cette différence est significative (tableau 5). En revanche, ces écarts de croissance sont faibles entre la zone de Safi et d'Agadir et diminuent avec l'âge (figure 6). Cette différence n'est pas statistiquement significative (tableau 5).

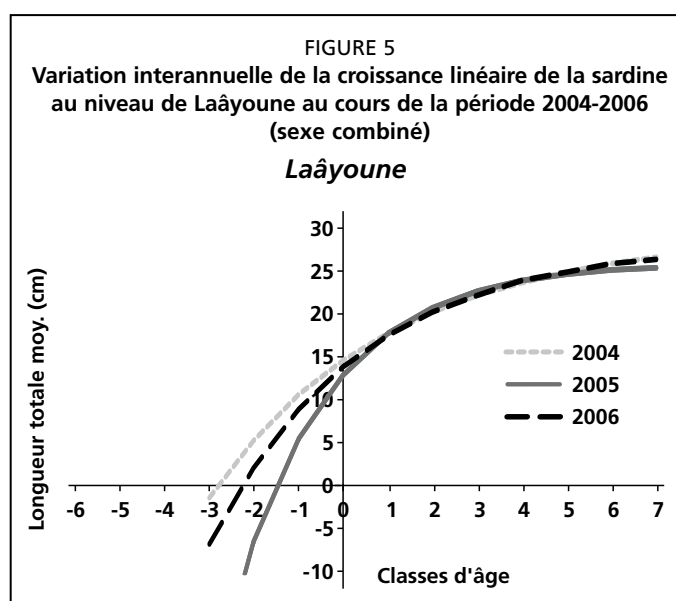


TABLEAU 3
Résultat du test de Fisher

Zones	Années	F	P
Safi	2004-2005	3,97	ns
	2005-2006	3,99	ns
	2004-2006	3,99	ns
Agadir	2004-2005	3,98	ns
	2005-2006	3,97	ns
	2004-2006	3,99	ns
Laâyoune	2004-2005	3,96	ns
	2005-2006	3,99	ns
	2004-2006	3,98	ns

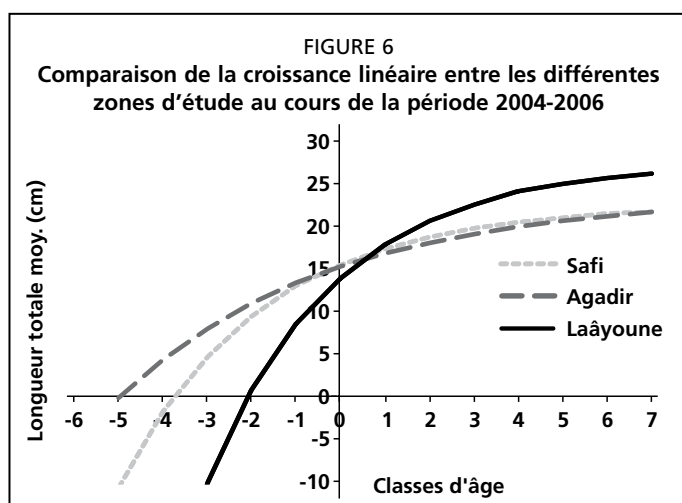
ns: non significative s: significative F1:0,05 = 5,14

TABLEAU 4
Longueurs totales moyennes (cm) par groupe d'âge estimées au niveau de la zone d'étude durant la période 2004-2006 (sexe combiné)

Groupe d'âge	Safi	Ecart-type	Agadir	Ecart-type	Laâyoune	Ecart-type
1	17,19	0,61	16,71	1,09	17,66	1,23
2	18,57	0,73	17,97	1,00	20,40	1,18
3	19,59	0,84	19,00	0,84	22,36	1,15
4	20,34	0,79	19,84	0,69	23,77	0,58

TABLEAU 5
Résultat du test de Fisher

Zones	F	P
Safi-Agadir	0,16	ns
Safi-Laâyoune	24,02	s
Agadir-Laâyoune	26,56	s



Les paramètres de la croissance linéaire estimés dans chaque zone sont différents:

Safi: $L_{\infty} = 22,43$ cm; $k = 0,31$ par an et $t_0 = -3,75$ an

Agadir: $L_{\infty} = 23,43$ cm; $k = 0,21$ par an et $t_0 = -4,96$ an

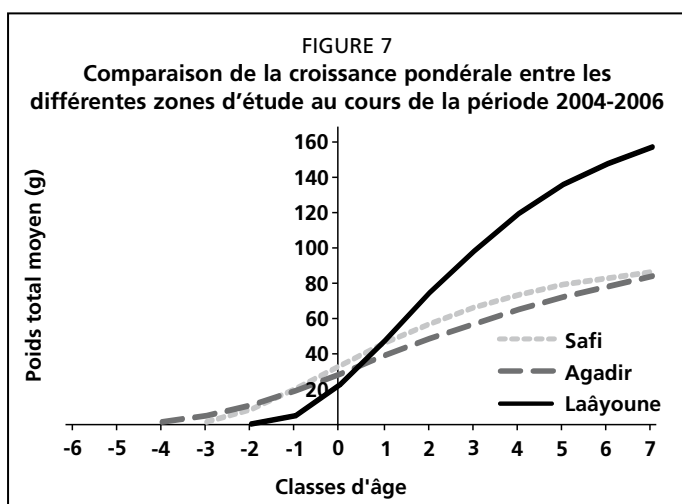
Laâyoune: $L_{\infty} = 27,34$ cm; $k = 0,34$ par an et $t_0 = -2,08$ an

Les équations de Von Bertalanffy exprimant la croissance linéaire en fonction du temps dans chaque zone sont:

Safi: $L_t = 22,43 * (1 - e^{(-0,31 * (t + 3,75))})$. Limites de validité 16 à 21,5 cm.

Agadir: $L_t = 23,43 * (1 - e^{(-0,21 * (t + 4,96))})$. Limites de validité 11,5 à 21,5 cm.

Laâyoune: $L_t = 27,34 * (1 - e^{(-0,34 * (t + 2,08))})$. Limites de validité 7,5 à 26,5 cm.



Les sardines de la zone de Laâyoune présentent un taux d'accroissement annuel linéaire plus élevé que celui des autres zones. Cette différence reste importante durant les deux premières années de vie du poisson puis elle diminue au fur et à mesure que le poisson vieillit (figure 8). Cette diminution est plus rapide chez les sardines de la zone de Laâyoune.

Le coefficient de corrélation de la relation taille-poids, est élevé au niveau de la zone d'Agadir et de Laâyoune (respectivement $r^2 = 0,92$ et $r^2 = 0,94$). Le poids est bien corrélé à la longueur du poisson (tableau 6). Cette corrélation

est relativement faible à Safi ($r^2 = 0,79$). Le poids asymptotique estimé dans la zone de Laâyoune est plus important que ceux déterminés dans les autres zones d'étude (tableau 6).

TABLEAU 6

Paramètres de la relation taille-poids et le poids asymptotique estimé au niveau de chaque zone d'étude durant la période 2004 à 2006 (sexe combiné)

Zones	Nb. d'ind.	a	b	r^2	$W_{\infty}(g)$
Safi	1 170	0,013	2,86	0,79	95,64
Agadir	1 355	0,006	3,12	0,92	108,06
Laâyoune	3 570	0,006	3,10	0,94	183,28

La combinaison de la relation longueur totale-poids et de l'équation Von Bertalanffy a permis d'établir les équations de la croissance pondérale au niveau de chaque zone d'étude:

Safi: $W_t = 95,64 * (1 - e^{(-0,31 * (t + 3,75))})^{2,86}$. Limites de validité 16 à 21,5 cm.
 Agadir: $W_t = 108,06 * (1 - e^{(-0,21 * (t + 4,96))})^{3,12}$. Limites de validité 11,5 à 21,5 cm.
 Laâyoune: $W_t = 183,28 * (1 - e^{(-0,34 * (t + 2,08))})^{3,10}$. Limites de validité 7,5 à 26,5 cm

Les représentations graphiques de la croissance pondérale au niveau de chaque zone d'étude ont montré que les gains en poids sont plus marqués chez les sardines de la zone de Laâyoune sauf à l'âge d'un an, la croissance pondérale est identique dans la zone de Safi et Laâyoune (figure 7). Au-delà d'un an, cette différence de croissance entre la zone de Laâyoune d'une part et les autres zones d'autre part, devient d'autant plus importante que le poisson vieillit. L'inverse se produit entre la zone de Safi et d'Agadir: les écarts de croissance pondérale diminuent avec l'âge de la sardine.

Les poids moyens estimés par classe d'âge ont montré des différences qui augmentent avec l'âge et peuvent atteindre plus de 46 g (en faveur des sardines de Laâyoune) à l'âge de quatre ans entre la zone de Laâyoune d'une part et celle de Safi et d'Agadir d'autre part (tableau 7). Ces différences de poids entre la zone de Safi et d'Agadir sont moins importantes et se situent entre 7 et 9 grammes selon l'âge considéré.

Le taux annuel d'accroissement pondéral est important, quelle que soit la zone étudiée, entre la première et la deuxième année de vie du poisson: durant cette période les sardines prennent du poids rapidement. Au-delà, la vitesse d'accroissement pondérale décroît avec l'âge (figure 9). Cependant, sa chute aux cours des années est moins rapide dans la zone de Safi et d'Agadir.

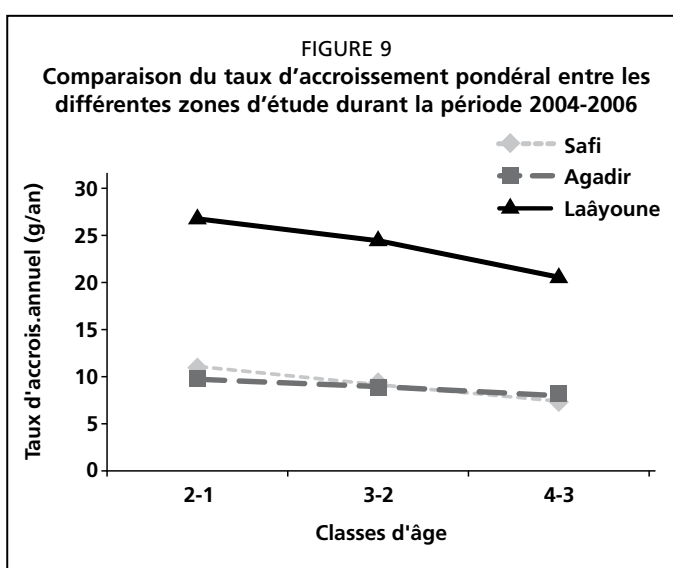
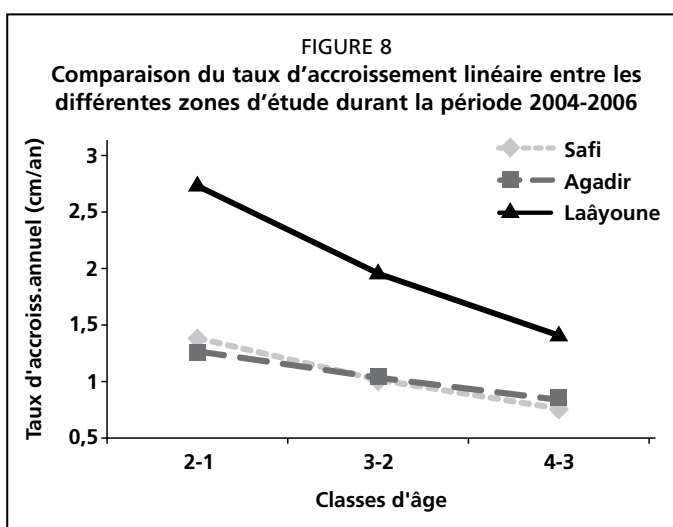


TABLEAU 7
Poids totaux moyens (g) par groupe d'âge estimés au niveau de la zone d'étude durant la période 2004-2006 (sexe combiné)

Groupe d'âge	Safi	Ecart-type	Agadir	Ecart-type	Laâyoune	Ecart-type
1	44,68	7,69	37,56	8,79	47,01	7,78
2	55,74	8,64	47,22	9,65	73,89	14,50
3	64,93	10,47	56,19	8,75	98,46	15,29
4	72,29	10,43	64,28	7,31	119,08	10,78

L'indice \emptyset' calculé chaque année et au niveau de chaque zone d'étude présente des valeurs qui fluctuent autour de deux. Cependant, ces valeurs sont légèrement élevées au niveau de la zone de Laâyoune (tableau 2). Cela implique que les performances de la croissance des sardines de la zone de Laâyoune sont meilleures.

4. DISCUSSION

L'attribution du premier janvier comme date de naissance aux sardines marocaines coïncide bien avec leur saison principale de ponte (Belvèze, 1984; Ettahiri, 1996; Ettahiri *et al.*, 2003; Amenzoui *et al.*, 2006).

L'âge maximal de la sardine dans les débarquements ne dépasse pas quatre ans à Agadir, cinq ans à Safi et six ans à Laâyoune. Les sardines plus âgées se trouvent peut être plus au large et sont non capturables par les sardiniers marocains qui ont un faible rayon d'action ne dépassant pas 50 m de profondeur. En effet, Scherbitch *et al.* (1997) in COPACE (1997) ont constaté que dans les côtes atlantiques marocaines, l'âge maximal de la sardine ne dépasse pas cinq à six ans et que les captures sont essentiellement constituées de poissons âgés de deux à trois ans. L'âge minimal observé est zéro sauf dans la zone de Safi. Dans cette dernière, il est possible que le recrutement se fasse tardivement ou que les juvéniles se trouvent dans des endroits non fréquentés par les senneurs. En effet, les études d'ichtyoplancton ont montré que les densités des œufs et larves sont très faibles au niveau de Safi (Berraho, 2007).

La croissance chez les deux sexes est identique. Un résultat similaire a été observé par Bouchereau (1981) et Belvèze (1984) respectivement dans la baie d'Oran et dans la zone nord du Maroc (entre El Jadida et Sidi Ifni).

Les fluctuations interannuelles des paramètres de croissance linéaire estimés dans la zone d'étude pourraient être en relation avec le schéma de migration des sardines le long de la côte atlantique marocaine: en effet, lorsque les eaux commencent à se réchauffer pendant le printemps, la sardine de la zone nord (Tanger-El Jadida) et de la zone sud (Sidi Ifni-Boujdor) se déplacent vers la zone centrale (Agadir-Tarfaya) où se localise le centre de l'upwelling estival et où les conditions pour la croissance sont favorables. En automne, avec l'affaiblissement de l'upwelling dans la zone centrale, la sardine effectue une migration inverse pour des besoins de reproduction (INRH, 2002). Ces fluctuations de croissance pourraient également être dues aux facteurs abiotiques et biotiques du milieu qui sont rarement stables dans un écosystème pélagique instable d'upwelling. Le cannibalisme et la prédation peuvent également intervenir ainsi que la compétition interspécifique entre de nombreuses espèces ayant le même biotope que la sardine (maquereau, anchois sardinelle) et qui a pour conséquence une diminution des ressources alimentaires et donc une diminution de recrutement et de la croissance. En effet, Domanevski *et al.* (1979) dans COPACE (1979) ont remarqué un taux de croissance supérieur dans tous les groupes d'âge au cours des années où l'upwelling est plus intense.

L'étude comparative de la croissance entre les différentes zones a montré que les croissances linéaire et pondérale sont plus importante chez les sardines de la zone de Laâyoune où ces dernières bénéficient peut être de conditions plus favorables (température, ressources trophiques lors de leur recrutement). En effet, l'upwelling est saisonnier au nord de l'Atlantique marocain et permanent au sud. D'autres processus pourraient intervenir et provoquer des différences de croissance entre les zones telles que la densité-dépendance et la mortalité par taille (Sinclair *et al.*, 2002).

Nos observations sont confirmées par l'étude de la structure démographique des sardines peuplant la côte atlantique marocaine qui a montré que la population saharienne (20-28° N) est caractérisée par les grandes tailles (6 à 27 cm) alors que celle du nord (28-35° N) est composée par des tailles allant de 4,5 à 21 cm (Barkova *et al.*, 2001 dans COPACE, 2001).

De même, Domanevski *et al.* (1979) dans COPACE (1979) ont constaté que le taux de croissance des sardines peuplant les eaux côtières du Sahara est plus élevé que celui des sardines rencontrées au nord des côtes marocaines. Ces sardines du sud ont une croissance qui se rapproche de celles de l'Atlantique Nord. De même, Scherbitch *et al.* (1997) dans COPACE (1997) ont signalé que les sardines du nord (28-35° N) ont un rythme de croissance faible par rapport à celles de sud (20-28° N) et que la zone située entre 27-28° N en hiver-printemps et entre 28-30° N en été-automne constitue la zone de transition entre les deux populations de sardines qui présentent des rythmes de croissance différents.

Les différences des longueurs moyennes par groupe d'âge observées entre nos résultats et ceux de la population méditerranéenne pourraient s'expliquer par les différences environnementales entre la mer Méditerranée et l'océan Atlantique: la température de l'eau, le degré de salinité et l'oligotrophie prononcée de la Méditerranée (Stergiou *et al.*, 1997) et par un âge-taille à la première maturité plus précoce et l'isolement des reproducteurs (tableau 8a).

La comparaison des longueurs moyennes par groupe d'âge a montré qu'il pourrait exister au sein de l'Atlantique différentes populations de sardines (tableau 8b). Ces différences pourraient être liées aux adaptations différentes des sardines à leur environnement (Fréon et Stequert, 1979). Toutefois, ces différences pourraient résulter de la relation génotype-phénotype. Les individus à forte croissance ont une structure génotypique particulière (Atarhouch *et al.*, 2006).

Les différences observées entre nos résultats et ceux d'autres travaux réalisés au sein de la même zone de la côte atlantique marocaine pourraient résulter des biais introduits lors de la lecture des otolithes (tableau 8b). En effet, l'âge du poisson est surestimé avec les faux anneaux et est sous-estimé chez les individus âgés; les derniers anneaux deviennent moins identifiables.

TABLEAUX 8A ET 8B

Tailles moyennes par groupe d'âge de la sardine estimées dans diverses zones géographiques

8a- Méditerranée		Groupe d'âge			
Zones	1	2	3	4	Auteurs
Iles Baléares	16,31	17,61	18,8	19,4	Alemaný (1990)
Golfe de Lion	15,4	16,5	17,1	17,8	Alemaný <i>et al.</i> (1993)
8b- Atlantique		Groupe d'âge			
Régions	1	2	3	4	
Galicia	16,38	19,37	20,7	21,47	Porteiro <i>et al.</i> , 1985
Zone A (EL Jadida-Sidi Ifni)	16,42	17,93	19,04	19,98	Fernandez <i>et al.</i> , 1978
Zone B (Sidi Ifni-Boujdor)	16,7	19,5	21,7	22,4	Belvèze, 1984
Nord Maroc (28-35°N)	13,6	17,1	19,8	21,9	Scherbitch <i>et al.</i> , 1997
Sud Maroc (20-28°N)	15,8	19,9	22,4	25,1	Scherbitch <i>et al.</i> , 1997
Safi	17,19	18,57	19,59	20,34	Présente étude
Agadir	16,71	17,97	19	19,84	Présente étude
Laâyoune	17,66	20,40	22,36	23,77	Présente étude

5. CONCLUSIONS

Cette étude a montré que la croissance de la sardine dans le stock central de la côte atlantique marocaine n'est pas uniforme et qu'il présente une variabilité interannuelle. Les sardines de la partie sud de ce stock ont une croissance linéaire et pondérale plus élevées que celles capturées plus au nord. Ces différences peuvent être expliquées par les fluctuations des conditions environnementales ou par la relation génotype-phénotype.

Aussi, d'autres facteurs (migration, densité-dépendance, prédation, cannibalisme, etc.) peuvent intervenir et régir la croissance des poissons.

Ces différences de croissance observées du stock sardinier central doivent être considérées dans les modèles d'évaluations et de gestion du stock.

6. RÉFÉRENCES

- Aleman, F. 1990. *Crecimiento de la sardina (Sardina pilchardus, Walbaum) en el mar Balear*. (Mimeo).
- Aleman, F. & Alvarez, F. 1993. Growth differences among sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum) population in western Mediterranean. *Scientia Marina*, 57(2-3), 229-234.
- Amenzoui, K., Ferhan-Tachinante, F., Yahyaoui, A., Kifani, S. & Mesfioui, A. 2006. Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast. *Comptes Rendus Biologies*. No. 329, pp. 892-901.
- Attarhouch, T., Rami, M., Naciri, M. & Dakkak, A. 2006. Genetic population structure of sardine (*Sardina pilchardus*) off Morocco detected with intron polymorphism (EPIC-PCR). *Marine Biology*, pp. 521-528. DOI 10.1007/s00227-006-0371-8
- Barkova, N.A., Chukhgalter, O.A. & Scherbitch, L.V. 2001. *Problèmes structuraux des populations de sardines (Sardina pilchardus, Walbaum, 1792) habitant au large des côtes de l'Afrique du Nord-Ouest*. Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale. Nouadhibou, Mauritanie, 24-31 Mars 2001. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 657. Rome, 2001. 133 pp.
- Belvèze, H. 1984. *Biologie et dynamique des populations de sardine (Sardina pilchardus, Walbaum) peuplant les côtes atlantiques du Maroc. Proposition pour un aménagement des pêcheries*. Thèse d'État Es Sciences Université de Bretagne Occidentale.
- Berraho, A. 2007. *Relations spatialisées entre milieu et ichtyoplancton des petits pélagiques de la côte atlantique marocaine (zone centrale et sud)*. Thèse Doctorat Océanographie Biologie Université Mohammed V Occidentale.
- Biaz, R. 1978. Mise au point d'une méthode d'identification des populations de sardine par électrophorèse des protéines solubles du noyau du cristallin. *Bulletin de l'Institut des pêches maritimes*, 23: pp. 3-5.
- Bouchereau, J. 1981. *Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de Sardina pilchardus (Walbaum, 1792) dans la baie d'Oran (Algérie)*. Thèse Doctorat 3ème cycle Océanographie Université d'Aix-Marseille II.
- Chlaida, M., Kifani, S., Lenfant, P. & Ouragh, L. 2005. First approach for the identification of sardine populations *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Moroccan Atlantic by allozymes. *Marine Biology*, Volume 149. No. 2, pp. 169-175.
- Domanevski, L.N. & Bavkova, N.A. 1979. Particularités de la répartition et état des stocks de sardine (*Sardina pilchardus*) au large de l'Afrique Nord-occidentale. In *rapport de la deuxième Réunion du Groupe de Travail de la FAO sur la Sardine-Sardina pilchardus (Walbaum)*. Casablanca, Maroc 10-23 mars et Dakar, Sénégal, 19-22 Avril 1979. COPACE/PACE Séries 79/15, Rome, FAO, 1980.
- Ettahiri O. 1996. *Étude de la phase planctonique de la European pilchard, Sardina pilchardus (Walbaum), et de l'anchois, Engraulis encrasicolus (L.) des côtes atlantiques marocaines*. Thèse Doctorat Océanographie Biologie université Bretagne Occidentale.
- Ettahiri, O., Berraho, A., Vidy, G., Ramdani, M. & Dochi, T. 2003. *Observation on the spawning of Sardine off the south Moroccan Atlantic coast (21-26°N)*. Fisheries Research, 60 pp. 207-222.

- FAO. 2001. *Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. Nouadhibou, Mauritania, 24–31 March 2001. Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique Nord-occidentale. Nouadhibou, Mauritanie, 24–31 mars 2001.* FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 657. Rome, FAO. 133 pp.
- FAO. 2006. *Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. Casablanca, Maroc, 4–9 Décembre 2006. Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale. Casablanca, Maroc, 4–9 Décembre 2006.* FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 848. Rome, 2006. 107 pp.
- Fernandez, M.A.R., Delgado, A. & Bravo De Laguna, J. 1978. *Contribucion al estudio de la sardina (Sardina pilchardus, Walbaum) en aguas de Africa occidental. I- Relacion entre la talla, la edad y el numero de branquiaspinas.* Boletin del Instituto Espanol de Oceanografia IV (259), pp. 33–42.
- Freon, P. & Stequert, B. 1979. *Note sur la présence de Sardina pilchardus au Sénégal: étude de la biométrie et interprétation.* Cybium série (3) 6, pp. 65–90.
- Gulland, J.A. & Holt, S.J. 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *Journal du Conseil CIEM*, 25 (1): 47–49.
- ICES, 1997. *Report of the workshop on sardine otolith age reading.* ICES CM 1997/H: 7.
- INRH. 2002. *Ressources halieutiques: Situation et niveau d'exploitation.* Institut national de recherche halieutique, Casablanca, Maroc, 256 pp.
- INRH. 2007. *Ressources halieutiques: Situation et niveau d'exploitation.* Institut national de recherche halieutique, Casablanca, Maroc, 256 pp.
- Pauly, D. & Munro, J.L. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte (ICLARM)*, 2 (1): 21.
- Porteiro, C. & Alvarez, F. 1985. *Determinación del crecimiento de la sardina, Sardina pilchardus (Walbaum) en aguas Gallegas, mediante lectura directa de otolitos.* Instituto Espanol de Oceanografia, Informes Tecnicos No. 14-1985, pp.1-16.
- Scherbitch, L.V. 1979. Méthode de détermination de l'âge de la sardine (*Sardina pilchardus* W.) du plateau marocain au moyen de l'écaille et de l'otolithe. *In Rapport du Groupe de travail ad hoc sur la sardine de la FAO sur les méthodes avancées pour l'évaluation des stocks des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale.* Casablanca, 17-28 février 1997. COPACE/PACE Séries 97/61. Rome, FAO, 1997. pp. 124–142.
- Scherrer, B. 1984. *Biostatistique.* Gaëtan Morin eds. Montreal, 850 pp.
- Silva, A. 2003. Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science* 60, pp.1352–1360.
- Sinclair, A.F., Swain, D. P. & Hanson, J.M. 2002. Disentangling the effects of size-selective mortality, density, and temperature on length-at-age. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, pp. 372–382.
- Soares, E., Morais, A., Silva, A., Carrera, P., Jorge, A., Rico, I., Peleteiro, Q. & Evano, H. 2002. *Report of the Workshop on Sardine Otolith Age Reading (Lisbon, 28 January-February 2002).* Relatórios Científicos e Técnicos do Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, Série Digital, 14.

Discrimination des stocks de sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de l'Atlantique marocain sud par l'approche biométrique

Discrimination of sardine stocks, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) of the Moroccan South-Atlantic by the biometric approach
(French only/En français seulement)

K. Ouakka¹, A. Yahyaoui², P. Fahd³, H. Gourich¹ et A. Mesfioui¹

¹ Institut National de Recherche Halieutique (INRH), Centre régional de l'INRH, Laâyoune, Maroc

<okkenza@yahoo.fr> <h_mesfioui@yahoo.fr> <gourichicham@yahoo.fr>

² Université Mohammed V, Agdal, Faculté des sciences, Département de biologie, Rabat, Maroc

³ Université Hassan II, Faculté des sciences, Casablanca, Maroc

Ouakka, K., Yahyaoui, A., Fahd, P., Gourich, H. et Mesfioui, A. 2011. Discrimination des stocks de sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de l'Atlantique marocain sud par l'approche biométrique. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11-14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

La sardine occupe une place importante dans le contexte socioéconomique du Maroc et constitue la principale espèce exploitée sur les côtes marocaines notamment au port de Laâyoune.

En général, afin de mieux mettre en œuvre une stratégie d'aménagement des pêcheries, il est important de bien identifier les unités de gestion ou «stocks» car le manque de connaissances sur la structure des populations complique et réduit la qualité des plans d'aménagements.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce présent travail dont l'objectif est d'examiner la structure de la population de sardine et d'essayer de mettre en évidence la variabilité intra spécifique existante au sein de l'espèce *Sardina pilchardus* en faisant recours à une approche qui combine l'étude méristique, morphométrique et quelques aspects biologiques contribuant à la discrimination des stocks de cette espèce dans la zone étudiée.

La sardine a été échantillonnée dans différentes régions du sud du Maroc situées respectivement au large des ports de TanTan, de Laâyoune et au sud de Boujdour (entre Boujdour et Dakhla). L'analyse multivariée discriminante (ADM) a montré l'existence d'une variabilité biométrique au sein des échantillons de sardine en provenance d'une part, des régions de Tantan-Laâyoune et, d'autre part, de la région de Boujdour-Dakhla. Ce résultat a permis d'identifier deux stocks de sardine dans la zone d'étude. L'analyse statistique univariée de certains caractères biométriques a montré l'existence d'une séparation phénotypique entre la sardine de TanTan-Laâyoune et celle de Boujdour-Dakhla. Quelques aspects biologiques ont montré également une certaine variabilité dans les deux zones, qui serait liée aux caractéristiques de l'environnement.

Mots clés: Identification des stocks, population, sardine, méristique, morphométrique, reproduction, Maroc

ABSTRACT

The sardine species occupies an important position in the socioeconomic context of Morocco and represents the main species exploited on the Moroccan coasts, particularly from the port of Laâyoune.

In general, to effectively implement a fishery management strategy, it is important to properly identify the management units or "stocks" and the lack of knowledge about the populations' structure complicates and reduces the effectiveness of management plans.

The present work has been undertaken in this context and aims to examine the structure of the sardine population and try to identify the intra-specific variability of *Sardina pilchardus* species, combining a meristic and a morphometric approach with other biological parameters that can contribute to discriminate stocks in the studied area.

Sardines were sampled from various areas of southern Morocco, located respectively in front of the ports of TanTan, Laâyoune and South of Boujdour (between Boujdour and Dakhla). The application of multivariate discriminant analysis (MDA) revealed the existence of biometric variability within the samples coming, on the one hand, from the TanTan-Laâyoune regions, and that of the Boujdour-Dakhla area, pointing to the identification of two separate sardine stocks in the study area. The univariate statistical analysis of some biometric characteristics showed a phenotypical separation between the sardine of TanTan-Laâyoune and Boujdour-Dakhla. Some biological aspects also showed variability in the two areas, possibly related to environmental characteristics.

Keywords: Stock identification; population; sardine; meristic; morphometric, reproduction; Morocco

1. INTRODUCTION

La sardine (*Sardina pilchardus*) est commercialement importante au Maroc, elle est capturée par les senneurs côtiers qui ont débarqué 700 000 tonnes en 2005 qui représentent presque 70 pour cent des débarquements en petits pélagiques (INRH, 2006). Les captures pélagiques sont constituées essentiellement de sardines (*Sardina pilchardus*), maquereaux (*Scomber japonicus* et *Scomber scombrus*), chinchards (*Trachurus trachurus* et *Trachurus trecae*), sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) et anchois (*Engraulis encrasicolus*).

La pêche aux petits pélagiques dans la zone Centre et Sud Atlantique du Maroc se pratique par trois grands moyens types de productions: i) les senneurs traditionnels en bois avec des systèmes de stockage en vrac dans les cales; ii) les senneurs modernes équipés de moyens de conservations à bord (Refrigerate System Water (RSW)); et iii) les chalutiers pélagiques avec un système de congélation à bord et de traitement en farine de poissons (INRH, 2007).

Dans la zone comprise entre Safi et Dakhla, le plus fort taux d'activité des senneurs côtiers est enregistré au port de Laâyoune avec un taux de 52 pour cent (INRH, 2006). Cette activité présente un intérêt particulier pour l'économie de la région.

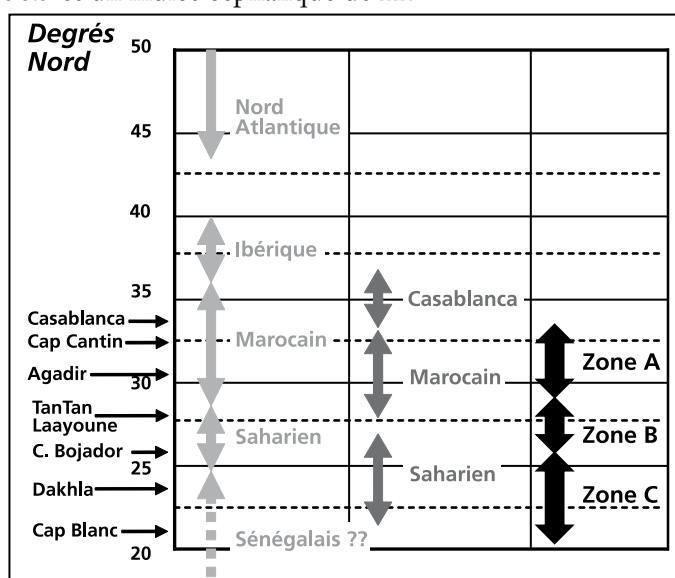
Au port de Laâyoune, la pêche aux petits pélagiques se pratique toute l'année par les senneurs côtiers artisanaux à l'exception des périodes de conditions météorologiques défavorables ou les jours de fêtes et épisodiquement par les bateaux RSW qui sont dotés de grands tonnages jauge brute et qui cantonnent les secteurs d'activité au sud de Boujdour. Les senneurs côtiers aux ports de Laâyoune et de TanTan sont dotés d'un faible tonnage jauge brute et ont un faible rayon d'action qui les rend tributaires de la disponibilité en espèces se trouvant proche aux ports à partir desquels ils opèrent.

À cause de l'importance économique des stocks de sardine, il y a un grand intérêt pour la différenciation des stocks afin de rationaliser leur exploitation. Plusieurs études ont été réalisées, pour séparer les stocks de sardine de différentes régions en utilisant différentes méthodes (méristiques, morphométriques, génétiques, etc.). Andrew (1969), Furnestin et Furnestin (1970) et Fréon (1988) ont séparé les stocks géographiques suivants en quatre stocks différents par la moyenne vertébrale et l'indice céphalique:

1. Stock septentrional atlantique, de la mer du Nord (57° N) aux côtes Cantabriques de l'Espagne (43°N). Ce stock se caractérise par un nombre moyen de vertèbres de 52 et un indice céphalique de 20.
2. Stock ibérique ou méridional atlantique, des côtes Cantabriques au Détroit de Gibraltar (36° N). Ils se distinguent par un nombre de vertèbres de 51.2 et un indice céphalique de 21.
3. Stock marocain, du Cap Spartel (36° N) au Cap Juby (28° N) qui se caractérise par une moyenne vertébrale de 51 et un indice céphalique de 21 à 22.
4. Stock saharien, du Cap Juby (28° N) à la baie du Levier (25° N) qui possède un nombre moyen de vertèbre 50.3 et un indice céphalique de 22.

La sardine a connu une explosion démographique des côtes Mauritanienne à partir de 1974 et ceci en relation avec l'intensité de l'upwelling côtier (Fréon, 1988) et la limite sud des concentrations exploitables descendaient de 25° N en 1966 à 17° N en 1977 provoquant l'apparition de quelques individus au Sénégal en saison chaude (COPACE, 1978; Domanovky et Barkova, 1979; Sedykh, 1979). Fréon et Stéquert (1979) ont montré que le nouveau stock de sardine formé au Sénégal est caractérisé par un nombre élevé de branchiospines, avec un indice céphalique élevé (26.4), et une moyenne vertébrale basse (50.5). Ainsi la sardine pêchée à Dakar appartenait au stock exploité au niveau de la Mauritanie et le Sénégal était la limite d'extension maximale de la sardine (Fréon, 1988).

Les analyses sur les caractères méristiques, l'électrophorèse, la période de reproduction, l'étude de la croissance et les distributions observées durant les



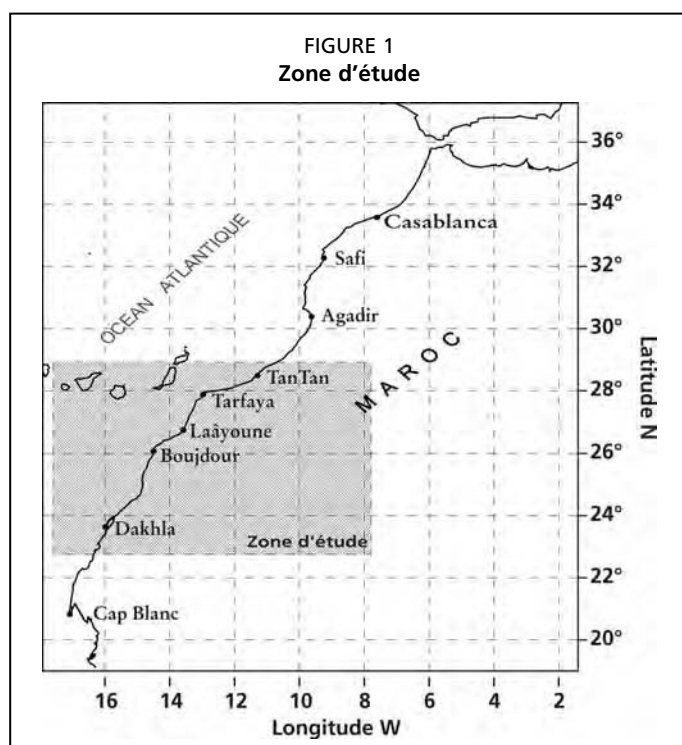
campagnes hydroacoustiques ont conduit Bélvèze et Erzini (1983) et Rami (1984) à suggérer qu'il existait trois stocks sur les côtes nord-ouest africaines:

1. Stock de Casablanca entre 36° N et $33^{\circ}30'$ N;
2. Stock marocain entre 27° N et $32^{\circ}30'$ N; et
3. Stock saharien entre 21° et 26° N.

La sardine marocaine est actuellement exploitée dans trois stocks séparés, le stock nord ($35^{\circ}45'$ - 32° N), le stock central, Zones A+B (32° N- 26° N) et le stock sud, Zone C (26° jusqu'à l'extension sud de l'espèce) (FAO, 2003). Dans ce travail, nous établirons des comparaisons biométriques entre la sardine atlantique marocaine de la région: TanTan-Laâyoune et de la région: Boujdour-Dakhla qui appartiennent respectivement à la Zone B et à la Zone C. Le présent travail porte également sur quelques aspects biologiques de la sardine de Laâyoune et de Dakhla.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les échantillons utilisés dans ce présent travail provenaient des captures journalières effectuées dans les ports de TanTan et de Laâyoune (figure 1), et débarquées aux mêmes



ports par les senneurs côtiers artisanaux durant l'année 2006. Autres échantillons utilisés provenaient de la pêche dans la zone sud de Boujdour (la zone comprise entre Boujdour et Dakhla) à travers les bateaux RSW qui opèrent dans cette zone et qui débarquent leurs produits soit au port de Laâyoune soit au port de Dakhla.

La zone comprise entre Laâyoune et Boujdour est aussi étudiée à travers les senneurs côtiers qui exploitent la zone sud de Laâyoune. Leur rayon d'action est de sept heures de navigation qui pourra être prolongé si le poisson est moins abondant dans la zone de pêche. Le choix de ces locations est pour revoir la délimitation des stocks de la zone sud du Maroc.

Aux points d'échantillonnage, des enquêtes ont été effectuées auprès des patrons de pêche pour relever: la zone

de pêche, la durée de marée et la profondeur. Une fois arrivés au laboratoire, les échantillons sont soumis à:

1. L'étude métrique (mensuration de la longueur totale, à la fourche, céphalique, dorsale, ventrale et anale).
2. L'étude des paramètres biologiques (le poids du corps, des gonades et du foie, la détermination du sexe, des stades de maturité sexuelle).
3. L'étude méristique (le dénombrement des rayons des nageoires dorsale, pectorale gauche, pectorale droite et anale ainsi que les vertèbres).

Les caractères métriques, à savoir les distances: dorsale, ventrale, anale et céphalique ont été divisées par la longueur totale. Cette standardisation permet d'éliminer l'effet de la taille (Turan, 1999). Ensuite, on a établi, d'une part, des relations entre la longueur totale et les caractères métriques (sous forme d'indice) et, d'autre part, la longueur totale et les caractères méristiques afin d'étudier la stabilité de ces caractères en fonction du temps. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de corrélation entre les longueurs totales et les différentes variables en raison de leur faible coefficient de corrélation. De ce fait,

on va se limiter à faire des comparaisons sans tenir compte de la taille. On a procédé ensuite à une analyse multivariée (MANOVA) pour détecter l'effet global éventuel du facteur géographique (zone de pêche) sur les différents caractères biométriques des sardines provenant respectivement de TanTan, Laâyoune, et du sud de Boujdour (Boujdour-Dakhla).

L'analyse discriminante a été utilisée pour comparer les variables méristiques et morphométriques. La normalité est examinée en utilisant le test de Kolmogorov-Smirnov. L'intérêt de cette analyse est d'évaluer le degré de ressemblance de la sardine de différentes régions.

L'interprétation des résultats de l'analyse multivariée se fait par l'intermédiaire du test F multivarié qui est «Lambda de Wilks». Dans l'application de l'analyse discriminante, il y a trois groupes d'individus issus de trois zones de pêche: Laâyoune, TanTan et sud de Boujdour (Boujdour-Dakhla). On a effectué deux analyses discriminantes: (i) une première pour discriminer les individus de Boujdour-Dakhla de ceux de TanTan-Laâyoune; et (ii) une seconde pour tenter de séparer les individus de la région de TanTan et de Laâyoune. On a également essayé de voir dans quelle mesure ces deux fonctions isolent les groupes en traçant les projections des observations individuelles sur les deux fonctions discriminantes. On applique l'analyse discriminante pour dégager les groupes hétérogènes et visualiser les résultats sur un graphique. Les tests du F univariés (ANOVA) sont effectués pour chacun de ces caractères. Enfin, on obtient des informations supplémentaires quant à la moyenne et les mesures de dispersion de chaque caractère biométrique.

Dans l'analyse biologique, les échantillons étudiés provenaient des débarquements journaliers au niveau des ports de Laâyoune et Dakhla au cours de l'année 2006. Le choix de ces deux ports se base sur le fait qu'ils sont considérés représentatifs des deux zones mentionnées auparavant, en plus de la régularité des mises à terre et de la facilité de l'obtention des échantillons pour l'étude d'un cycle biologique complet.

La stratégie d'échantillonnage est celle décrite par Belvèze (1984). A chaque opération d'échantillonnage, un prélèvement de 20 individus par classe de taille d'un demi-centimètre inférieur est effectué. La période de ponte de la sardine est déterminée suivant l'évolution mensuelle du rapport gonado-somatique selon la formule: $RGS = \text{Poids des gonades (g)} / \text{Poids total du poisson (g)} \times 100$ et suivant les variations mensuelles des stades de maturité sexuelle: Stade I: immature, Stade II: immature ou au repos, Stade III: en maturation, Stade IV: pré-ponte, Stade V: ponte. L'état d'embonpoint de la sardine est étudié selon l'équation proposée par Fulton (1902): $Q = (W * 100) / L^3$ avec W: le poids de la sardine (g), L: la longueur totale de la sardine (cm). L'évolution mensuelle du coefficient (Q) permet d'étudier les conditions écologiques et physiologiques du poisson.

3. RÉSULTATS

3.1 Analyse de variance multivariée

L'application de l'analyse multivariée a fait ressortir une discrimination très significative entre la sardine de TanTan et du sud de Boujdour (Boujdour-Dakhla) d'une part, et entre la sardine de Laâyoune et de sud de Boujdour (Boujdour-Dakhla) d'autre part (tableau 1). Les mêmes résultats sont relevés par l'analyse discriminante dont l'illustration se résume dans le graphique ci-dessous (figure 2).

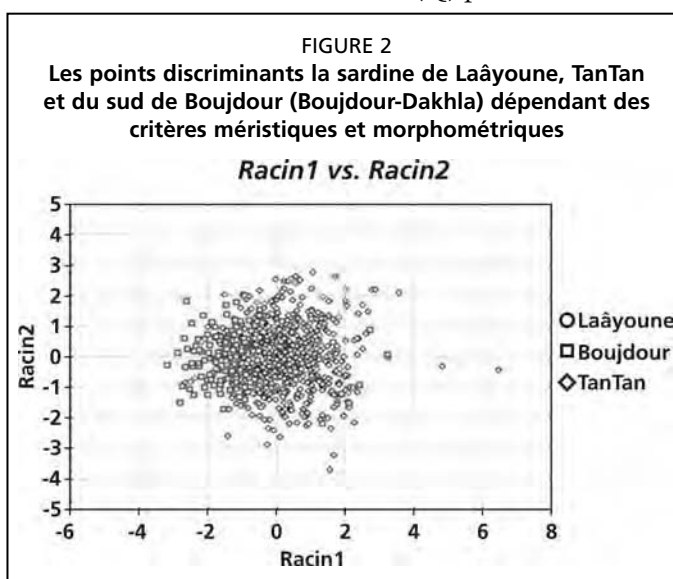


TABLEAU 1

Résultats des comparaisons des mesures méristiques et morphométriques de la sardine de TanTan, Laâyoune, et du sud de Boujdour (Boujdour-Dakhla) par l'analyse multivariée

Zones de pêche	Lambda de Wilks	P	Signification
TanTan et Laâyoune	0,96	0,083	Non significative
Laâyoune et sud de Boujdour	0,67	0,00001	Très significative
TanTan et sud de Boujdour	0,51	0,00001	Très significative

La comparaison de la valeur de Lambda de Wilks montre une diminution de similarité du nord au sud.

3.2 Analyse de variance univariée

Dans cette étape, on a effectué des tests F univariés pour chacun des caractères étudiés. Pour l'indice céphalique, l'indice dorsal, l'indice anal, et le nombre de vertèbre, le ratio de l'estimation de variance imputable à la dispersion intergroupe par rapport à la dispersion intragroupe est très élevé, il est respectivement de l'ordre de 11,59; 10,06; 10,91 et 10,08 (tableau 2).

Pour tous les caractères méristiques et morphométriques analysés seuls l'indice céphalique, l'indice dorsal, l'indice anal, et le nombre de vertèbre ont pu permettre de distinguer la sardine de la région TanTan-Laâyoune de celle de Boujdour-Dakhla.

TABLEAU 2

Résultats des comparaisons des mesures morphométriques et méristiques de la sardine de TanTan-Laâyoune, et de Boujdour-Dakhla par l'analyse univariée

Caractères	MC Effet	MC Erreur	F univarié	p	Signification
Ci	16,45	1,41	11,59	0,0006	Très significative
Di	16,42	1,63	10,06	0,0015	Très significative
Vi	0,03	4,97	0,006	0,93	Non significative
Ai	20,97	1,92	10,91	0,0009	Très significative
NB RD	0,09	0,48	0,20	0,657	Non significative
NB RPG	0,27	0,47	0,58	0,445	Non significative
NB RPD	0,26	0,49	0,52	0,468	Non significative
NB RA	2,20	0,76	2,87	0,09	Non significative
NB V	4,64	0,46	10,08	0,0015	Très significative

Effets significatifs marqués à $p < 0.05$ pour les critères méristiques et morphométriques.

Ci: indice céphalique

Di: indice dorsal

Vi: indice ventral

Ai: indice anal

NB RD: nombre de rayons dorsal

NB RPG: nombre de rayons pectoral gauche

NB RPD: nombre de rayons pectoral droit

NB RA: nombre de rayons anal

NB V: nombre de vertèbres

MC effet: moyenne des carrés de l'effet (variance due à la dispersion intergroupe)

MC erreur: moyenne des carrés de l'erreur (dispersion intra groupe)

3.3 Mesures descriptives des caractères biométriques

L'évolution de l'indice céphalique (Ci) sur un gradient latitudinal montre qu'il y a une tendance d'accroissement du sud vers le nord (21,82 et 22,14) alors que la moyenne vertébrale diminue du nord au sud (50,62 et 50,44) (tableau 3). Ces résultats sont semblables au schéma général qui rappelle une décroissance latitudinale de la moyenne vertébrale et un accroissement de l'indice céphalique.

TABEAU 3

Mesures descriptives des caractères métriques et méristiques de la sardine de la région de TanTan-Laâyoune et de la région de Boujdour-Dakhla

Caractères	TanTan - Laâyoune			Sud de Boujdour (Boujdour -Dakhla)		
	M±m	Sx	N	M±m	Sx	N
Ci	21,82 ±0,043	1,37	734	22,13 ±0,057	0,82	249
Di	37,98 ±0,051	1,93	720	38,30 ±0,056	0,76	244
Vi	42,66 ±0,047	1,68	730	42,76 ±0,08	1,73	251
Ai	63,58±0,053	2,05	732	63,25 ±0,078	1,51	249
N R D	17,77±0,026	0,48	676	17,73 ±0,044	0,46	238
N R P G	16,33± 0,025	0,47	720	16,29±0,043	0,46	239
N R P D	16,31± 0,026	0,50	720	16,28 ±0,043	0,45	238
N R A	17,78± 0,032	0,76	730	17,89 ±0,056	0,86	237
N V	50,62±0,024	0,41	713	50,44±0,059	0,63	182

M: moyenne

m: erreur type

Sx: variance

N: nombre d'individus

3.4 Données biologiques

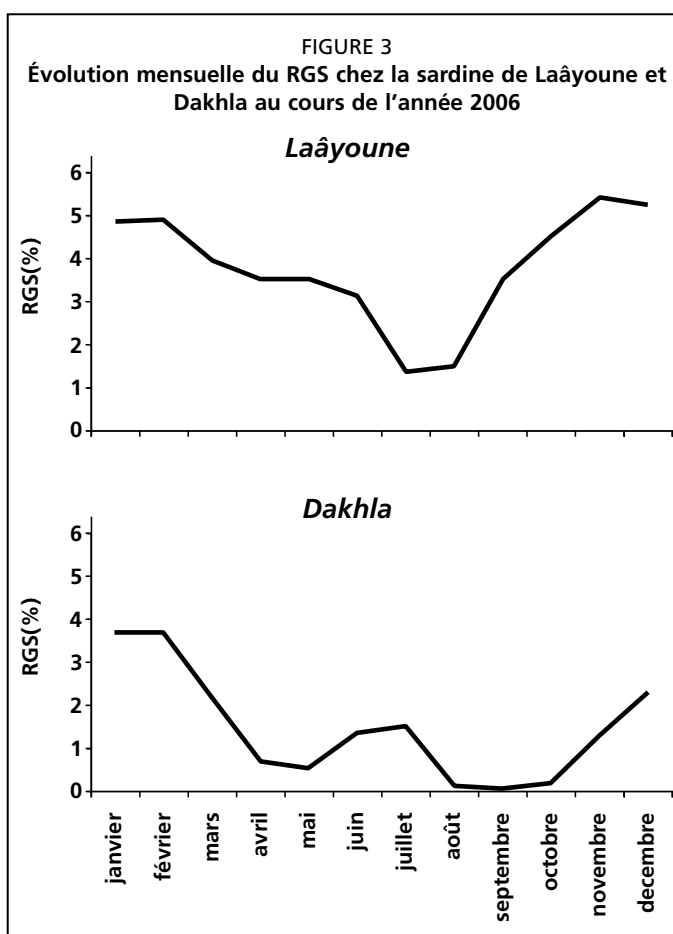
Rapport gonadosomatique (RGS)

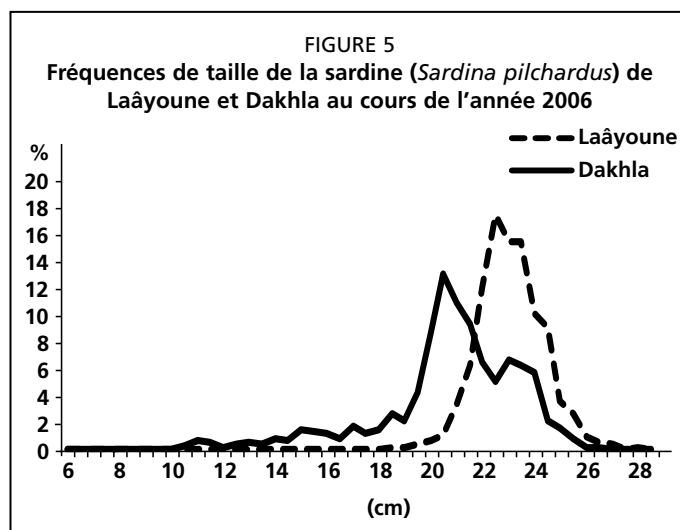
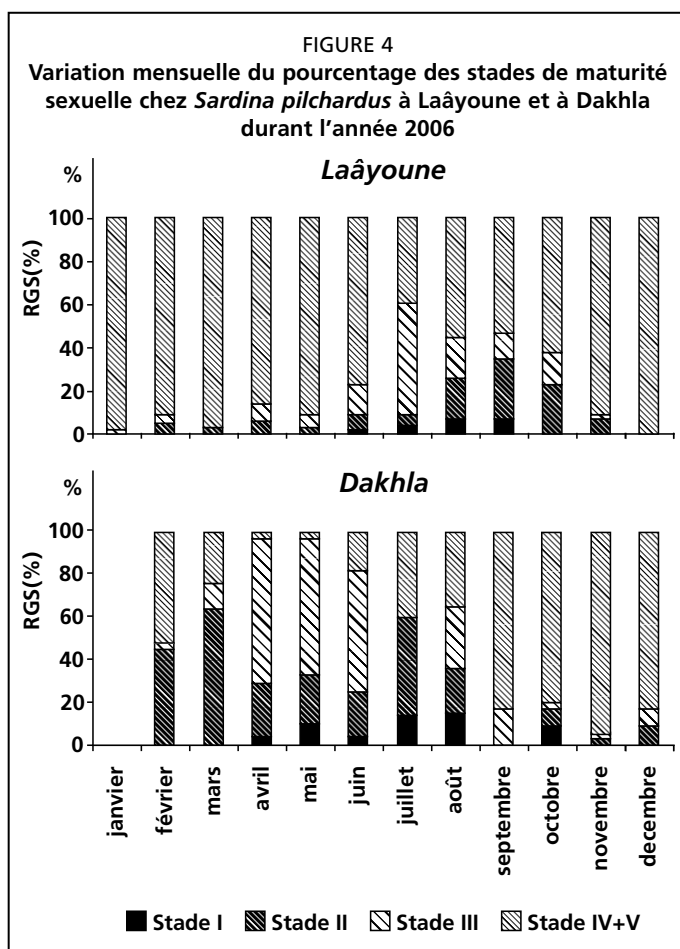
L'évolution mensuelle du RGS de la sardine de Laâyoune au cours de l'année 2006 a montré que la sardine se reproduit durant toute l'année et notamment entre octobre et juin avec un pic principal en hiver (octobre-février). À Dakhla, l'activité sexuelle maximale est observée entre novembre et février avec une autre activité secondaire en été (figure 3).

Stades de maturité sexuelle

À Laâyoune, les variations mensuelles du pourcentage des stades de maturité sexuelle montrent que la sardine en ponte est fortement présente dans les captures du mois de novembre jusqu'au mois de juin (figure 4). Les individus immatures (**Stade I**) n'apparaissent dans les débarquements qu'en été (juillet-août-septembre). La plus grande partie des sardines immatures ou au repos sexuel (**Stade II**) sont observées au mois de septembre, et elles sont complètement absentes des captures en mois de décembre et janvier au cours desquels la sardine est en pleine période de reproduction (**Stades V et IV**).

Au port de Dakhla, la sardine en période de frai est présente toute l'année avec une variation d'un mois à l'autre. L'abondance des femelles en maturation (**Stade III**) est observée en avril et mai. Les sardines en ponte réapparaissent en juin et sont fortement présentes dans les captures en novembre et décembre.





Fréquences de taille

La distribution de taille de la sardine débarquée à Laâyoune est bimodale. Le mode dominant est 210 mm. Le second mode, d'importance moindre, est à 230 mm (figure 5). La composition en tailles présente un spectre de taille variant de 110 à 270 mm avec une taille moyenne de 200 mm et un poids moyen de 67 g. A Dakhla, la distribution de taille est unimodale (230 mm) et le spectre de taille s'étend de 200 à 280 mm avec une taille moyenne de 230 mm et un poids moyen de 123 g. L'analyse statistique a montré que l'effet de la région sur les fréquences de taille est significatif.

Le coefficient de Fulton (Q)

Les variations du coefficient Q de Fulton de la sardine débarquée à Laâyoune se caractérisent par un maximum au mois de juillet (figure 6). Cela implique que les conditions du poisson sont meilleures en été. La valeur de Q de la sardine de Dakhla dépasse largement celle de Laâyoune, et ce durant presque toute l'année, notamment en août où le coefficient de condition est à son maximum.

Généralement, le maximum du coefficient (Q) coïncide avec les conditions trophiques favorables d'été et avec la fin de la période de reproduction. La sardine commence à accumuler ses réserves énergétiques en printemps. L'engraissement maximal d'été lui permet de se préparer pour la ponte principale d'hiver durant laquelle le taux de graisse et le coefficient (Q) sont très faibles.

4. DISCUSSIONS

En utilisant des méthodes statistiques, on a pu isoler une variabilité biométrique existante au sein des échantillons de sardines en provenance de la région de

TanTan-Laâyoune et de Boujdour-Dakhla. En outre, l'examen de certains caractères a permis de préciser leurs valeurs pour la différentiation des stocks de sardine de l'Atlantique Marocain Sud. Les caractères métriques comme l'indice céphalique, dorsal et anal ont contribué à cette différentiation. Pour les caractères méristiques, c'est la formule vertébrale qui a révélé cette différence phénotypique. Ces résultats concordent avec ceux de Rami (1984), Bélvèze et Erzini (1983) et Bélvèze (1984) selon lesquels la sardine de TanTan-Laâyoune appartient à un stock différent de celui de Boujdour-Dakhla.

La moyenne vertébrale faible de la sardine de la région de Boujdour-Dakhla par rapport à celle de TanTan-Laâyoune est identique au schéma général qui rappelle

une décroissance de la moyenne vertébrale du nord vers le sud, avec un accroissement de la moyenne de l'indice céphalique (Andrew, 1969; Bélvèze, 1984; Fréon, 1988; ICES, 2000; Silva, 2003). L'association de ces deux paramètres est un bon critère de distinction entre les populations de sardines (Furnestin et Furnestin, 1970).

Les différences dans la moyenne vertébrale traduisent vraisemblablement l'influence du milieu et sont liées aux conditions de température régnant sur chacune des aires de reproduction pendant la ponte (Bélvèze, 1984). Généralement, les poissons montrent

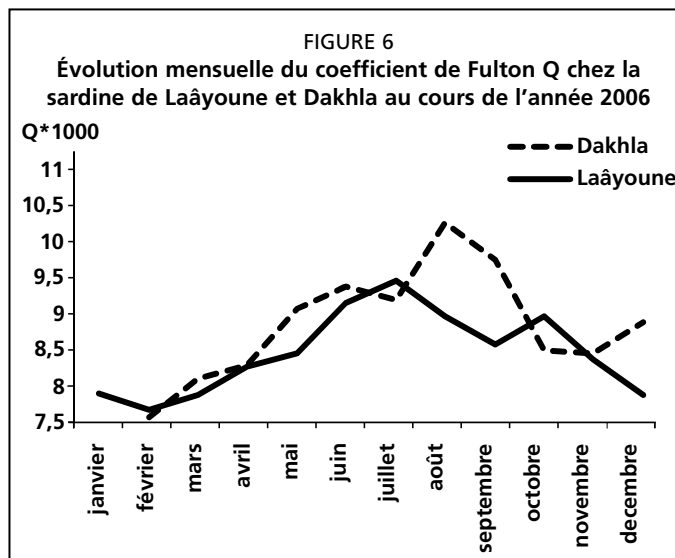
une grande variation dans les caractères morphologiques et sont plus sensibles à leurs environnements qui induisent des variations morphologiques (Allendorf, 1987). Gross (1977), Hubbs (1926) et McGlade (1981) ont admis que les caractères méristiques changent avec l'environnement en fonction de la latitude, et l'expression phénotypique des caractères méristiques représente une réciprocity complexe entre les facteurs épigénétiques, physiologiques et environnementaux (Ihssen, 1980).

L'aspect biologique a dévoilé également une variabilité géographique. En effet, le RGS et l'observation macroscopique des stades de maturité montrent que la sardine de la région de TanTan-Laâyoune se reproduit durant toute l'année et principalement en hiver (octobre-février) qui coïncide avec un minimum d'upwelling et un minimum de la production secondaire, réduisant ainsi le risque de dispersion. Ces résultats concordent avec ceux de Furnestin et Furnestin, (1959) et Ettahiri, (2003). Amenzoui (2006) a également montré que la période de ponte dépend aussi de la taille de la sardine, les jeunes reproducteurs dont la taille va de 145 à 170 mm se reproduisent entre novembre et juin, et les individus de 175 à 250 mm se reproduisent entre octobre-juillet. Domanovsky et Barkova (1976) ont montré qu'il existe deux saisons de reproductions, la principale ayant lieu en hiver et l'autre plus faible en printemps.

La sardine de Boujdour-Dakhla se reproduit principalement en hiver avec une activité sexuelle secondaire en été. Des résultats similaires par les études d'ichtyoplancton sont observés dans la zone comprise entre Cape Boujdour et Cape Blanc indiquant que la ponte de la sardine se localise en hiver et en été (Ettahiri *et al.*, 2003) mais les œufs et les larves se concentrent aux limites des foyers de résurgences qui se trouvent au niveau de Cap Boujdour au large de Dakhla (Ettahiri, 1999).

Ces stratégies spatio-temporelles de la reproduction des poissons pélagiques peuvent résulter d'une adaptation à certains facteurs environnementaux permettant d'optimiser la survie larvaire (Garcia, 1977; Fréon, 1988). Selon Ang (1971). Il existe des facteurs intrinsèques et extrinsèques régulant le développement des gonades et la période de ponte chez les poissons; le facteur intrinsèque est le rythme interne de développement des gonades et le facteur extrinsèque est le facteur environnemental qui va déterminer le temps favorable pour la reproduction.

Le coefficient de condition qui exprime le bien-être général d'une espèce (Angelescu *et al.*, 1958; Rao, 1963; Nikolsky, 1969 et Esper, 1990) montre que, généralement, les conditions de la sardine de la région de Boujdour-Dakhla sont meilleures. L'upwelling permanent et la forte production primaire dans cette zone (Makkaoui, 2005) pourraient expliquer la différence dans le régime alimentaire qui provoque des différences dans le taux de croissance (Domanovsky et Barkova, 1981; Bélvèze, 1984). Nieland (1980) a montré que la diète de la sardine de la zone C était



phyto-planctophage alors que la sardine de la zone A et B est zoo-planctophage. Domanovsky et Barkova (1981) ont observé une accélération du rythme de croissance dans la zone C due à la présence d'un upwelling permanent dans cette zone.

Selon Nikolsky (1963), la valeur du coefficient Q est très dépendante de l'environnement du poisson. Le maximum du coefficient Q coïncide avec les conditions trophiques favorables d'été et avec la fin de la période de reproduction. La sardine commence à accumuler ses réserves énergétiques en printemps. L'engraissement maximal d'été lui permet de se préparer pour la ponte principale d'hiver durant laquelle le taux de graisse et le coefficient Q sont très faibles. Selon Zwolinski *et al.* (2001), la sardine accumule les réserves énergétiques avant la période de frai. En hiver, les conditions trophiques sont défavorables, l'activité alimentaire s'affaiblit, le facteur Q diminue, et reflète alors un amaigrissement des géniteurs au cours de la ponte. La diminution du facteur de condition peut être expliquée par les réserves utilisées pour la ponte. L'énergie qui est normalement utilisée pour la maintenance et la croissance des individus est acheminée vers la maturation des gonades et la reproduction du poisson (Sinovčić, 2008).

5. CONCLUSIONS

L'analyse discriminante multivariée des données méristiques et morphométriques a montré une diminution de similarité du nord au sud (de TanTan jusqu'au Dakhla) et le plus haut degré de distinction entre les individus de la zone de TanTan-Laâyoune et de Boujdour-Dakhla indique l'existence de deux groupes morphologiquement indépendants. L'analyse univariée a dévoilé l'importance de certains caractères dans cette discrimination phénotypique. L'analyse de différents paramètres biologiques a montré la même conclusion.

Les méthodes génétiques (allozymes) utilisées par Chlaida *et al.* (2006) ont révélé l'existence d'une population homogène à partir de Tarfaya (28°N) à Dakhla (24°). L'étude a également suggéré qu'il existe un isolement naturel au niveau d'une zone de transition (du sud d'Agadir au nord de Tarfaya) qui conduit à une interruption d'échange de gènes.

Les différentes caractéristiques des milieux a conduit la sardine de la région de TanTan-Laâyoune et de Boujdour-Dakhla à développer des phénotypes distinctes. Ces variations morphologiques naturelles couplées avec l'absence de l'hétérogénéité génétique qui est probablement due à la migration de plus grande amplitude de la sardine engendrant ainsi un panmixage des gènes dans les différentes zones géographiques, suggèrent que les différences observées sont d'origines environnementales engendrant ainsi une ségrégation de la population de sardine en deux stocks morphologiquement et biologiquement distincts.

6. REMERCIEMENTS

J'exprime ma reconnaissance particulière à M. Serge Garcia pour toutes ses remarques et pour l'intérêt porté à ce manuscrit. Je remercie également Mme Merete Tandstad, Mme Marie-Thérèse Magnan et Mme Ana Caramelo pour leurs commentaires intéressants.

7. RÉFÉRENCES

- Allendorf, F. 1987. Genetics and fishery management. In N. Ryman & F. Utter, eds. *Population Genetics and Fishery Management*. University of Washington, Seattle: pp. 1-19.
- Amenzoui, K., Ferhan Tachinante, F., Yahyaoui, A., Kifani, S. & Mesfioui, A. 2006. Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast. *Comptes Rendus Biologies*, 329: 892-901.
- Andrew, B. 1969. Las branquiaspinas en la caracterización de las poblaciones de *Sardina pilchardus*. *Investigacion Pesquera*, 33(2): 425-607.

- Ang, K.J. 1971. *The reproductive biology of some Malaysian Anabantidae with special reference to Betta pugnax* Cantor. M. Sc. Thesis, University of Malaya.
- Angelescu, V., Gneri, F.S. & Nani, A. 1958. *La merluza del mar argentino (Biología et taxonomía)*. Secretaria Marina, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, Argentina. H 1004. pp. 1–224.
- Bélvèze, H. 1984. *Biologie et dynamique des populations de la sardine (Sardina pilchardus, Walbaum) peuplant les côtes atlantiques marocaines et propositions pour un aménagement des pêcheries*. Thèse de Doctorat Université de Bretagne Occidentale.
- Bélvèze, H. & Erzini, K. 1983. The influence of hydroclimatic factors on the availability of the sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum) in the Moroccan Atlantic Fishery. *In Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources*. San José, Costa Rica. FAO Fisheries Reports, 291 (2): 285–328.
- Chlaida, M., Kifani, S., Lenfant, P. & Ouragh, L. 2006. First approach for identification of sardine population *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Moroccan Atlantic by allozymes. *Marine biology*. Vol. 149. n° 2, pp. 169–175.
- COPACE. 1978. *Report of the Ad hoc Working group on sardine (Sardina pilchardus, Walbaum)*. CEECAF/ECAF Series 7877: 35 pp.
- Domanovsky, L.N. & Barkova, N.A. 1976. *Some peculiarities of sardine (Sardina pilchardus, Walbaum) distribution and spawning along the Northwest Africa*. International Council for the Exploration of the Sea, 6, 15 pp.
- Domanovsky, L.N. & Barkova, N.A. 1979. Particularités de la répartition et état des stocks de sardines (*Sardina pilchardus*) au large de l'Afrique nord-occidentale, *In Rapport du Groupe de travail ad hoc sur les poissons pélagiques côtiers ouest africains de la Mauritanie au Liberia (26°N à 5°N)*. COPACE/PACE Séries 78/10: 86–91.
- Domanovsky, L.N. & Barkova, N.A. 1981. *État du stock de Sardina pilchardus Walbaum; Clupeiformes Clupeidae dans la région de l'Afrique du Nord-Ouest*. COPACE/TECH. 81/31/(Fr).
- Esper, M. de L. P. 1990. *Fator de condição, desenvolvimento sexual e alimentação de Anchoa januaria na região da Ponta da Cruz (Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil)*. Acta Biológica Paranaense. Curitiba, 19(1-4): pp. 135–158.
- Ettahiri, O. 1999. Frayères et nourriceries et comportement de la ponte de la sardine de la côte atlantique marocaine. *In Étude ichtyo-planctonique des principales espèces pélagiques de la côte atlantique marocaine*. Rapport Interne. INRH: pp. 29–57.
- Ettahiri, O., Berraho, A., Vidy, G., Ramdani, M. & Do Chi, T. 2003. Observation on the spawning of *Sardina* and *Sardinella* off the south Moroccan Atlantic coast (21–26°N). *Fisheries Research* 60: 207–222.
- FAO. 2003. *Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale*. FAO, Rapport sur les pêches No. 723. 152 pp.
- Fréon, P. 1988. *Réponse et adaptation des stocks des clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal*. Études et thèses ORSTOM Paris, 268 pp.
- Fréon, P. & Stéquert, B. 1979. *Note sur la présence de Sardina pilchardus au Sénégal: Étude de la biométrie et interprétation*. Cybium 3(6): 65–90.
- Fulton, T. 1902. *Rate of growth of sea fishes*. Scientific Investigations, Fishery Division of Scotland Report, Edinburgh, 20 pp.
- Furnest, J. & Furnest, M.L. 1970. La sardine marocaine et sa pêche, migrations trophiques et génétiques en relation avec l'hydrologie et le plancton. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions CIEM/ICES*, 159: 165–175.

- Furnestin, J. & Furnestin, M.L. 1959. *La reproduction de la sardine marocaine et de l'anchois des côtes atlantiques du Maroc (saisons et aires de ponte)*. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes. 23 (1) 79-104.
- Garcia, S. 1977. *Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (P. duorarum notialis Perez Farfante, 1967) en Côte d'Ivoire*. Travaux et documents de l'ORSTOM No. 79, 271 pp.
- Gross, H.P. 1977. Adaptive trends of environmentally sensitive traits in the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. Linnaeus, 1758. *Zeitschrift fuer Zoologische Systematik und Evolutionsforschung*, 15: 252-278.
- Hubbs, C.L. 1926. The structural consequences of modifications of developmental rate in fishes, considered in reference to certain problem of evolution. *The American Naturalist*, 60: 57-81.
- ICES. 2000. *Report of the Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine, and Anchovy*. ICES. CM. 2000/ACFM: 5, 546 pp.
- Ihssen, P.E. 1980. Stock identification: Materials and Methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 1838-1855.
- INRH. 2006. *Situation des stocks et exploitation des petits pélagiques dans les zones Atlantiques centre et sud du Maroc à l'échéance 2005*. Notes techniques et Rapports.
- INRH. 2007. *Situation des stocks et de l'exploitation des petits pélagiques dans les secteurs Central et Sud Atlantiques de la ZEE marocaine*. Notes techniques et Rapports, 45 pp.
- Makkaoui, A., Orbi, A., Hilmi, K., Zizah, S., Larissi, J. & Talbi, M. 2005. L'upwelling de la côte atlantique du Maroc entre 1994 et 1998. *Comptes Rendus Geoscience*, 337: 1518-1524.
- Mc Glad, E.J. 1981. *Genotypic and phenotypic variation in the brook trout Salvelinus fontinalis (Mitchill)*. Ph. D. Thesis, University of Guelph, Ontario, 297 pp.
- Nieland, H. 1980. *Die Nabrung von Sardinien, Sardinellen und Maifischen vor der Westküste Afrikas. Berichte aus dem Inst.für Meereskunde*. University of Kiel, 75, 137 pp.
- Nikolsky, G.V. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London: 352 pp.
- Nikolsky, G.V. 1969. *Theory of fish population dynamics*. Edinburgh, Oliver & Boyd, 323 pp.
- Rami, M. 1984. *A non linear catch at age analysis of the central subpopulation of the Atlantic Moroccan Sardine (Sardina pilchardus Walbaum)*. Msc. Thesis, University of Washington, School of Fisheries. Seattle.WA., 87 pp.
- Rao, K.V.S. 1963. Some aspects of the biology of Ghol Pseudosciaena diacanthus (Lacepede). *Indian Journal of Fisheries*, Cochin, 10(2): 413-458.
- Sedykh, K.A 1979. Étude de l'upwelling près de la côte de l'Afrique du nord-ouest par l'Institut Atlantique de Recherche Scientifique de l'Industrie de la pêche et de l'océanographie, *In Rapport du Groupe de travail ad hoc sur les poissons pélagiques côtiers ouest-africains de la Mauritanie au Libéria (26°N à 5°N)*. COPACE/PACE Séries 78/10.
- Silva, A. 2003. Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the Northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 1352-1362.
- Sinovčić, G., Vanja, C.K & Zorica, B. 2008. Population structure, size at maturity and condition of sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the nursery ground of the eastern Adriatic Sea (Krka River Estuary, Croatia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 76: 739-744.
- Turan, C. 1999. A note on the examination of morphometric differentiation among fish population, the Truss System. *Turkish Journal of Zoology*, 23: 259-263.
- Zwolinsky, J., Stratooudakis, Y. & Soares, E. 2001. Intra-annual variation in the batch fecundity of sardine off Portugal. *Journal of Fish Biology*, 58: 1633-1645.

Integrating genetic and morphometric variation in sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from the Northeastern Atlantic and the Mediterranean sea

Variations génétiques et morphométriques chez les sardines, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de l'Atlantique nord-est et de la Méditerranée
(English only/En anglais seulement)

A. Silva¹, P. Kasapidis², V. Laurent³, B. Caneco¹, S. Planes³ and A. Magoulas²

¹ Instituto de Investigação das Pescas e do Mar (INRB-IPIMAR)
Av. Brasília, s/n, 1449-006 Lisboa, Portugal
<asilva@ipimar.pt>

² Institute of Marine Biology and Genetics, Hellenic Centre For Marine Research
P.O. Box 2214, 71003 Heraklion, Crete, Greece
<kasapidi@her.hcmr.gr> <magoulas@her.hcmr.gr>

³ Centre de Biologie et d'Ecologie Tropicale et Méditerranéenne
Université de Perpignan, 52 Av. Paul Alduy, 66860 Perpignan cedex, France
<vlaurent@univ-perp.fr> <planes@univ-perp.fr>

Silva, A., Kasapidis, P., Laurent, V., Caneco, B., Planes, S. and Magoulas, A. 2011. Integrating genetic and morphometric variation in sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) from the Northeastern Atlantic and the Mediterranean Sea. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/ Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

Genetic (allozymes and microsatellite DNA) and morphometric methods were used to assess the population structure of sardine in the Northeastern Atlantic and the Mediterranean Sea. A total of 64 samples of 50–100 individuals each, spanning the Atlantic waters from the North Sea to Mauritania, Azores, Madeira, the western Mediterranean and the Aegean Sea, were collected between 1999 and 2004. Separate analyses were carried out by each method and some of these results have been already published. In this study published results are summarized, and samples that were analysed using all three methods are further evaluated under a common

framework, Procrustes superimposition, to describe the congruence among methods and to provide a unified perspective of sardine population structure. The basic data for the combined analysis are matrices of F_{ST} estimates between samples for the two genetic methods, and matrices of Mahalanobis distances between samples for morphometry. Samples are ordinated using Multidimensional Scaling (MDS), the congruence between resulting configurations is assessed by the Procrustes correlation statistic, and the average configuration of samples derived from the three methods is obtained. Separate analyses of the allozyme and microsatellite data showed that an allozyme and a microsatellite locus seem to be under selection, and that these loci appear to be linked and account for most of the genetic structure observed. The combined analysis performed in this study indicates a general congruence of the results produced by the three methods, although Procrustes correlation is higher between the two genetic methods than between the morphometric and either of the genetic methods. Overall, the results suggest five populations of sardine across the study area: (i) Mauritania, (ii) Azores, (iii) Madeira, (iv) western Mediterranean; and (v) northeastern Atlantic (North Sea to north Morocco and Alboran Sea). Some affinity is obtained between populations from the Azores and Madeira with those from the Mediterranean Sea, possibly reflecting a relatively recent historical expansion of the species range from the Mediterranean to the mid Atlantic. A weak structuring was observed within the Atlanto-Iberian stock area which is consistent with substantial population interbreeding and may be relevant for fisheries management. The results also support the hypothesis of mixing across the limits currently accepted for this stock.

Keywords: sardine, population structure, microsatellite DNA, allozymes, morphometry

RÉSUMÉ

La structure des populations de sardine dans l'Atlantique nord-est et la Méditerranée a été déterminée grâce à l'utilisation conjointe des approches génétiques (marqueurs allozymes et microsatellites) et morphométriques. Au total, 64 échantillons de 50 à 100 individus ont été collectés entre 1999 et 2004 sur une zone comprise entre la mer du Nord et la Mauritanie, les Açores, Madère, l'ouest de la Méditerranée et la mer Egée. Les analyses génétiques et morphométriques ont initialement été réalisées séparément et une partie des résultats a déjà fait l'objet de publication. Dans cette étude, les résultats publiés sont résumés et les échantillons communs aux trois méthodes ont été analysés de nouveau suivant une approche commune, l'analyse procustéenne, pour décrire les points communs entre les méthodes et apporter une vision unifiée de la structure des populations de sardines. Les données utilisées dans les analyses combinées sont les matrices de F_{ST} entre les échantillons, estimées par les deux approches génétiques et les matrices de distances de Mahalanobis entre les échantillons, obtenues à partir de l'approche morphométrique. Les échantillons sont ordonnés en utilisant l'Échelle multidimensionnelle (MDS), les points communs entre les configurations résultantes sont évalués par les statistiques procustéennes et la combinaison moyenne des échantillons est ainsi obtenue. L'analyse séparée des données provenant des analyses des allozymes et des microsatellites montre qu'un locus des allozymes et un des locus microsatellites sont sous sélection. Ces loci semblent être liés et conduisent la structure génétique observée. L'analyse combinée réalisée dans cette étude met en évidence des points communs dans les résultats obtenus par les trois méthodes. La corrélation procustéenne est la plus importante lors de la comparaison des résultats issus des méthodes génétiques. Enfin, les résultats suggèrent la présence de cinq populations de sardines dans l'aire d'étude: une population mauritanienne, des Açores, de Madère, de l'ouest

de la Méditerranée et de l'Atlantique nord-est (de la mer du Nord au nord du Maroc, comprenant la mer d'Alboran). Quelques affinités sont observées entre les populations des Açores et de Madère avec les populations de la Méditerranée, reflétant probablement une expansion récente de l'espèce de la Méditerranée au milieu de l'Atlantique. Au sein du stock atlanto-ibérique, une faible structure a été observée en accord avec un important mélange des populations, ce qui devrait être utile pour la gestion des stocks. Les résultats obtenus supportent aussi l'hypothèse de mélange à travers des frontières actuellement admises pour le stock.

Mots clés: sardine, structure des populations, DNA microsatellite, allozymes, morphométrie

1. INTRODUCTION

The definition of unit stocks is fundamental to fisheries management, since stock assessment models usually assume closed populations with homogeneous life history characteristics and similar responses to exploitation. Violation of the stock unit, if several closed stocks or a portion of a stock are modeled, may lead to erosion of genetic diversity, changes in biological attributes and productivity rates, overfishing, depletion of the less productive stocks, and unexpected responses to a given management regime (e.g. Daan, 1991; Begg *et al.*, 1999; Frank and Brickman, 2000). The concept of a fisheries stock has evolved considerably in the last three decades and is still a matter of debate (e.g. Ihssen *et al.*, 1981; Begg *et al.*, 1999; Cadrin *et al.*, 2005). From initial definitions based on “what is caught”, a stock has gradually approached the concept of an ecological entity, as reflected in the well known definition of Hilborn and Walters (1992) or in the more general list of characteristics proposed by Waldman (2005): “(1) stock units occupy their own physical life history circuit, including spawning grounds that are geographically or temporally unique; (2) they experience their own demographic influences, such as mortality from a particular suite of predators; (3) their complete-to-partial isolation allows fine tuning of their morphological and genetic characteristics to their particular environmental circumstances; and (4) their abundances and life history characteristics respond to their own sets of unnatural influences, such as fisheries and contamination of their habitats”.

A wide variety of methods is used to study stock structure, their strengths and weaknesses depending on the study species, on the assumed stock concept and on the degree of spatial resolution required (Cadrin *et al.*, 2005). It is generally accepted that employing a broad spectrum of complementary techniques to the same species (“holistic approach”) often allows the resolution of apparent discrepancies between methods and increases the chance of correctly defining stocks (Begg and Waldman, 1999; Swain *et al.*, 2005). Genetic markers have generally been considered more powerful in identifying fish stocks than phenotypic traits, since they directly reflect reproductive isolation between populations. However, the exchange of a small number of migrants per generation is sufficient to homogenize populations with respect to neutral genetic markers (such as mitochondrial or microsatellite DNA) but insufficient to prevent genetic differences associated with adaptive traits, such as morphology or life history characters (Koljonen and Wilmot, 2005; Magoulas, 2005; Swain *et al.*, 2005). Furthermore, selection can result in rapid adaptive genetic divergence of recently separated groups within temporal scales that are relevant to fisheries management, whereas neutral genetic divergence occurs at evolutionary time scales. Thus, differences between populations revealed by neutral genetic markers provide evidence of separate stocks, although absence of neutral genetic differentiation does not demonstrate that

there is a single stock. Phenotypic markers can therefore disclose recent reproductive isolation or evidence that gene flow is not sufficient to prevent persistent phenotypic differences which may be environmentally induced but need to be accounted for in stock assessment and management (Swain *et al.*, 2005).

The sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) is a small pelagic clupeoid distributed in the Northeast Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea. In the Atlantic, sardine extends from the southern Celtic Sea and North Sea to Mauritania and Senegal, with residual populations off the Azores, Madeira and the Canary Islands (Parrish *et al.*, 1989). Sardine is an important target of purse-seine fisheries across most of its range. For fisheries management purposes, a single sardine stock (the Atlanto-Iberian stock) is considered in European Atlantic waters (ICES, 2007), three stocks are considered off Northwest Africa (FAO, 2007), and eight stocks are considered within the Mediterranean Sea (GFCM, 2006). Catch levels and acoustic survey assessments of these stocks indicate that the largest populations and more productive sardine fisheries are located off central Morocco, with annual landings in recent years from this area fluctuating around 500 thousand tonnes and biomass estimates ranging between 1 and 5 million tonnes. These amounts correspond roughly to six times the landings and eight times the biomass estimated for the Atlanto-Iberian sardine stock. Total landings from the Mediterranean stocks (ca. 80 000 tonnes in recent years, GFCM, 2006) are close to those from the Atlanto-Iberian stock, with the gulf of Lyons population being the largest of the North Western Mediterranean stocks.

The delimitation of sardine stocks discussed above has been based on the distribution of the main fisheries and on geographical and administrative considerations, since early proposals of stock structure based on biological information were not widely accepted. One of those proposals compiled information on meristic and morphological characters and described four stocks of sardine in the Atlantic (Parrish *et al.*, 1989): the northern Atlantic stock (from the North Sea, 57°N, to the Cantabrian coast of Spain, 43°N), the central Atlantic stock (from the Cantabrian coast to the Straits of Gibraltar and northern Morocco, 35°N), the Moroccan stock (from Cap Spartel, 35°N, to Cap Juby, 28°N) and the Saharian stock (from Cap Juby to Levrier Bay, 21°N). Furthermore, two sardine subspecies were recognized, namely *Sardina pilchardus pilchardus*, distributed from the North Sea to southern Portugal, and *S. pilchardus sardina*, distributed in the Mediterranean sea and off northwest Africa (Parrish *et al.*, 1989). Since the early 1980s, several studies have addressed the genetic population structure of sardine (western Mediterranean: Ramon and Castro, 1997; Greek Seas: Spanakis *et al.*, 1989; Magoulas, 1990; Adriatic and Ionian seas; Tinti *et al.*, 2002; northwest Africa: Chlaida *et al.*, 2005; Atarhouch *et al.* 2006). However, the use of variable genetic markers at different time periods and in different areas complicates the perspective of sardine population structure at a large geographical scale. Two recent studies applied mitochondrial and microsatellite DNA markers, respectively, on the same samples, focusing on sardine from northwest Africa but providing some comparisons with a few Mediterranean and European Atlantic samples (Atarhouch *et al.*, 2006; Gonzalez and Zardoya, 2007).

The present paper describes the population structure of sardine in the north-eastern Atlantic and the Mediterranean Sea by integrating data from two genetic methods (microsatellite DNA and allozymes) that have different power to resolve molecular variation, and a phenotypic method (morphometry) which also reflects environmental influences. Sardine samples were collected in 1999/2000 and 2003/2004 within the framework of international projects focusing on the Atlanto-Iberian sardine stock. Separate analyses were carried out by each method, and some of these results have been published; Silva (2003) described morphometric variability of sardine using samples collected in 1999/2000, Laurent *et al.* (2007) described allozymic population structure using samples collected in 2003/2004, and detailed results on microsatellite variation are in preparation (P. Kasapidis, personal communication). Here, published results

are summarized and samples collected in the same periods and areas are integrated under a common framework using Procrustes superimposition in order to describe the congruence among methods and to provide a unified perspective of sardine population structure. The results are compared with detailed knowledge on sardine genetic variability within specific areas and existing information on life history properties and population dynamics. Finally, implications for the identity of the Atlanto-Iberian sardine stock are discussed.

2. MATERIAL AND METHODS

General sampling

A total of 64 samples comprising 50–100 individual sardine each were collected across the northeastern Atlantic and the Mediterranean Sea in 1999–2000 and 2003–2004, mostly during the winter–spring spawning season (Figure 1, Table 1). The final distribution of samples among areas and years is unbalanced and was mainly concentrated around the Iberian Peninsula and adjacent waters, although a few samples were obtained from extreme areas of the species range. Most samples (57) were collected during research surveys, frozen within 1–2 hours after capture, and transferred to IPIMAR for laboratory analysis. The remaining samples were collected from commercial landings and endured a longer period before freezing; this period should not have exceeded 12 hours considering that purse-seine fishing trips take generally less than half a day

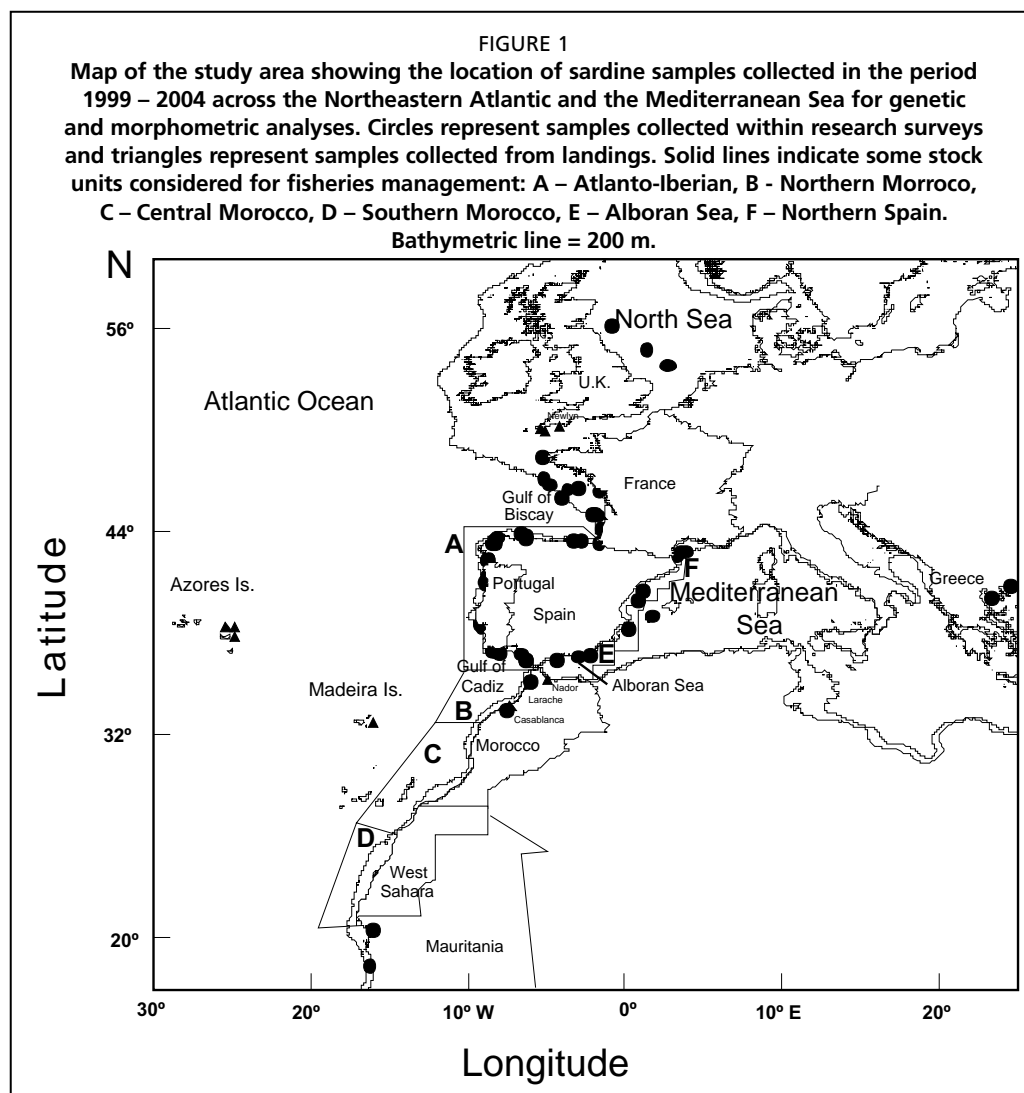


TABLE 1

Summary of information (geographic area and abbreviation, ICES/FAO area code, month, year and location) for sardine samples and identification of samples analyzed by micro-satellite DNA, allozymes and morphometry. N=sample size

										Methods					
										Microsatellite DNA		Allozymes		Morphometry	
Sample	Area		ICES/FAO	Month	Year	Latitude	Longitude	N	Sample no.	N	Sample no.	N	Sample no.		
1 a	North Sea	NSEA	IVb	1	2004	56° 17.0 N	00° 57.0 W	95	1c	50	1a,c	72	1b		
b				2	2004	53° 49.9 N	02° 35.0 E								
c				2	2004	54° 47.0 N	01° 17.4 E								
2 a	English Channel	CHAN	VIIe	1	2003	50° 01.0 N	05° 22.0 W	99	2b	50	2a,c	149	2a,c		
b				2	2003	50° 14.0 N	04° 13.0 W								
c				11	2003	50° 03.0 N	05° 28.0 W								
3 a	Northern France	NFRA	Villa	3	2000	48° 30.0 N	05° 26.0 W	84	3a	50	3d,e,f,g	299	3a,b,c,g		
b				5	2000	46° 51.0 N	04° 56.7 W								
c				6	2003	46° 32.6 N	03° 46.0 W								
d				6	2003	47° 20.3 N	04° 39.9 W								
e				6	2003	47° 21.4 N	04° 43.3 W								
f				6	2003	47° 15.0 N	05° 17.1 W								
g				9	2003	47° 25.0 N	06° 20.0 W								
4 a	Southern France	SFRA	VIIIb	4	2000	45° 09.5 N	02° 02.8 W	79	4b	50	4b,c	173	4a,b		
b				6	2003	45° 01.7 N	01° 53.2 W								
c				6	2003	46° 23.9 N	01° 48.5 W								
5 a	Eastern Cantabria	ECAN	VIIIc-Ee	4	2000	43° 25.3 N	01° 44.5 W			50	5b	150	5a,b		
b				4	2003	43° 30.4 N	02° 50.9 W								
6 a	Western Cantabria	WCAN	VIIIc-Ew	4	2000	43° 40.3 N	06° 30.1 W	98	6a	50	6c	163	6a,b		
b				4	2003	43° 55.4 N	06° 43.1 W								
c				3	2003	43° 20.0 N	08° 31.5 W								
7 a	Southern Galicia	SGAL	IXa-N	3	2000	42° 21.9 N	08° 47.7 W			50	7b	72	7a		
b				3	2003	42° 26.0 N	08° 53.9 W								
8 a	Northern Portugal	NPOR	IXa-CN	3	2000	40° 59.8 N	08° 42.8 W	293	8a,c	50	8c,d,e	245	8a,b,c		
b				2	2003	41° 05.0 N	08° 59.9 W								
c				8	2003										
d				2	2003	40° 58.2 N	08° 47.7 W								
e				2	2003	40° 03.3 N	06° 56.9 W								
9 a	Southwestern Portugal	SWPOR	IXa-CS	3	2000	38° 34.7 N	09° 18.4 W	96	9b	50	9c,d	163	9a,b		
b				3	2003	38° 32.0 N	09° 13.6 W								
c				3	2003	38° 56.8 N	09° 27.2 W								
d				8	2003	38° 14.1 N	08° 48.8 W								
10 a	Southern Portugal	SPOR	IXa-SA	3	2000	37° 05.2 N	08° 30.5 W			48	10c,d,e	245	10a,b,e		
b				3	2003	37° 03.1 N	08° 28.0 W								
c				3	2003	36° 58.9 N	08° 06.0 W								
d				3	2003	37° 02.4 N	08° 48.3 W								
e				8	2003										
11 a	Gulf of Cadiz	CAD	IXa-SC	3	2000	36° 33.3 N	06° 23.6 W	294	11a,b,d	50	11c,d	245	11a,b,d		
b				3	2003	36° 30.2 N	06° 30.9 W								
c				3	2003	36° 56.8 N	06° 49.6 W								
d				8	2003										
12 a	North Morocco	NMOR	34.1,11	1	2000	33° 30.0 N	07° 40.0 W	99	12a	50	12c	136	12a,b		
b				1	2003	35° 10.9 N	06° 09.9 W								
c				1	2003	33° 36.6 N	07° 35.4 W								
13 a	Mauritania	MAU	34.3	3	2003	18° 25.3 N	16° 21.8 W	91	13b	50	13a,b	75	13b		
b				12	2003	20° 38.0 N	16° 12.0 W								
14 a	Azores	AZO	X	5	2000	38° 30.0 N	26° 00.0 W	198	14a,c	50	14b,c	166	14a,b,c		
b				10	2003	38° 32.0 N	26° 00.0 W								
c				11	2004	38° 34.0 N	26° 00.0 W								
15 a	Madeira	MAD	XI	3	2003	38° 36.0 N	26° 00.0 W	64	15a	50	15a	86	15a		
16 a	Gulf of Lyon	LYON	37.1,2	12	1999	40° 50.2 N	00° 12.3 E	54	16a	50	16d,e,f,g,h	102	16a,b,c		
b				7	2003	42° 42.0 N	03° 15.1 E								
c				7	2003	42° 40.5 N	03° 16.7 E								
d				7	2003	42° 51.2 N	03° 26.3 E								
e				7	2003	42° 53.3 N	03° 43.9 E								
f				7	2003	43° 11.2 N	04° 06.7 E								
g				7	2003	42° 56.8 N	04° 20.9 E								
h				7	2003	43° 30.8 N	04° 24.3 E								
17 a	Southwestern Mediterranean	SMED		12	1999	36° 46.6 N	02° 19.0 W	106	17a			177	17a,b		
b				5	2003										
18 a	Morocco	MMED	37.1,1	10	2004	35° 12.0 N	05° 00.0 W	46	18a	46	18a	24	18a		
19 a	Aegean Sea	AEG		6	2003	40° 50.8 N	24° 23.9 E	118	19a,b,c	35	19a,b				
b				6	2003	40° 50.3 N	24° 23.3 E								
c				6	2003	40° 14.0 N	23° 10.9 E								
Total								1914	16	879	18	2742	18		

(Stratoudakis & Marçalo, 2002). The total length (mm) of each fish was recorded, digital photographs were taken for morphometric analyses, and pieces of tissue were excised and kept in -20° C for allozymic analysis (liver and muscle) and in 95 percent ethanol for DNA analysis (muscle).

Technical and logistical constraints prevented all samples from being analyzed by all three methods. Separate analyses were based on the following subsets of

samples: 21 samples with 46–100 individuals per sample for microsatellite DNA; 37 samples (35–50 individuals) for allozymes, and 38 samples (24–100 individuals) for morphometry (Table 1). Additionally, samples collected in the same area and season but irrespective of the year (if no significant temporal variation was found in preliminary analyses) were pooled and assumed to be representative of a given area for the integrated analysis (e.g. samples 3a-g represent Northern France; see Table 1). The number of common areas sampled (here termed common samples, for simplification) ranged between 12 for microsatellite DNA – allozymes, 17 for microsatellite DNA – morphometry and 14 for allozymes – morphometry, providing 11 common samples for the three methods.

Microsatellite DNA

DNA was extracted using standard protocols and scored for five microsatellite loci (named Sp2, Sp7, Sp8, SpI5 and sapi22), and polymerase chain reaction (PCR) amplification was carried out on a PCT-100 machine (MJ-Research). For the dinucleotide loci (Sp2, Sp7, Sp8), microsatellite DNA fragments were separated on a VISTRA automatic sequencer and genotypes were scored by eye and rechecked. For the tetranucleotide loci (SpI5 and sapi22), microsatellite DNA fragments were separated on a Base Station automatic sequencer (MJ Research) and genotypes were scored with the software Cartographer.

Differences of allelic distributions between pairs of samples were tested using Fisher's exact test as implemented in GENEPOP version 3.4 (Raymond & Rousset, 1995). Levels of population differentiation were investigated using Weir and Cockerham's (1984) theta (θ), an estimator of Wright's (1969) F_{ST} , using GENETIX version 4.05 (Belkhir, 2000) and permuting the data 1000 times to obtain the p-values. Significance levels for Fisher's exact test and Weir and Cockerham's (1984) the data were adjusted according to the sequential Bonferroni correction (Rice, 1989). The F_{ST} estimates were used as genetic distances and a neighbor-joining tree was constructed using MEGA 3.1 (Kumar *et al.*, 2004). A hierarchical analysis of the molecular variance was also performed using AMOVA (Excoffier *et al.*, 1992) implemented in the ARLEQUIN version 3.0 package (Excoffier *et al.*, 2005). Different groupings of samples were tested and the grouping that gave the highest between group divergence (F_{CT}) was considered as being closer to the actual population structure.

Allozymes

Samples were pooled into 15 sites for the analysis of allozymic variation (Laurent *et al.*, 2007). The analysis focused on ten polymorphic loci: EST*, PEP-LT*, PEP-LLG-2*, PEP-PP*, 6PGD*, SOD*, PGM-1*, PGM-2*, ME-1* and GDA* (the enzyme nomenclature followed Shaklee *et al.*, 1990). Allelic and genotypic frequencies were obtained by counting phenotypes directly from gels. Statistical analyses were carried out to test the deviation from Hardy-Weinberg equilibrium for each sample, to assess genetic divergence between samples (using the Wright's standardized variance in allelic frequencies, F_{ST} , Wright, 1969) and to test the correlation between geographic distance between sites and genetic differentiation. Additional information on the methodology can be found in Laurent *et al.* (2007).

Morphometry

Samples collected in 1999/2000 ($n = 14$) are reanalysed here jointly with samples collected in 2003/2004 ($n = 24$). The same laboratory protocol was used to collect morphometric variables from the two sampling periods (see Silva, 2003): ten landmarks were defined and recorded as two-dimensional coordinates, and distances between landmarks forming a truss network (Strauss and Bookstein, 1982), plus the vertical eye diameter, were calculated. A subset of nine variables, associated with the shape of the head, eye diameter, and the length and position of the dorsal fin, which together

explained most of the morphometric variability observed in the 1999/2000 samples (Silva, 2003) were used in the present analysis. Size correction of morphometric variables was carried out by standardization to the overall mean total length (18.2 cm) of fish (Hurlbut and Clay, 1998). This method was preferred to the multivariate correction (Burnaby, 1966) applied in the analysis of 1999/2000 data (Silva, 2003) since it provided variables with considerably lower correlations with fish size, both within and across samples.

Mahalanobis distances were calculated between length-standardized average individuals from each sample and explored by metric multidimensional scaling (MDS) (Johnson and Wichern, 1998). Based on the MDS analysis, four groups of sardine were considered: (i) North Sea, (ii) from the English Channel to northern Spain plus the Atlantic Islands and western Mediterranean (samples 1 to 7 and 14–18), (iii) from northern Portugal to northern Morocco (samples 8–12); and (iv) Mauritania (sample 13). Linear discriminant analysis (LDA) was applied to discriminate groups and to classify individuals of unknown origin using morphometric data for each individual fish (Johnson and Wichern, 1998). A training sample with 50 percent of the observations (1 371 individuals) was used to estimate discriminant functions and equal prior probabilities were assumed in classification.

Integration of genetic and morphometric data

The congruence between genetic and morphometric results was analysed by Procrustean superimposition (Peres-Neto and Jackson, 2001). Matrices of pairwise F_{ST} values obtained from genetic analyses and of Mahalanobis distances from morphometry were ordinated in a uniform low dimensional space using MDS (Johnson and Wichern, 1998). Metric MDS was applied to morphometric data since distance measurements are available; non-metric MDS was applied to genetic data since F_{ST} measurements are not actual distances but provide information on the rank orders of similarity between samples (Johnson and Wichern, 1998).

Configurations of samples for each pair of methods on the first two MDS axes (2-dimensional configurations) were scaled, translated and then rotated to maximize the fit (i.e. minimize the sum of squared residuals [Procrustes statistic of goodness of fit, m_{12}]) between corresponding samples. The association between each pair of methods is described by the Procrustes statistic, $PR = \sqrt{1 - m_{12}}$, which can be interpreted as a Pearson correlation coefficient (in the univariate case $PR=r$). Statistical significance was assessed by a permutation test using m_{12} and $p=0.025$ to account for multiple comparisons. The calculation of MDS configurations and Procrustes superimposition was carried out for each pair of methods and for all three methods using common samples (Table 1).

3. RESULTS

Microsatellite DNA

Fisher's exact test showed that samples from the Azores (14a,c), Madeira (15a) and Mauritania (13b) were significantly different to the rest and from each other. The sample from the Aegean Sea was also different to the rest except for those from the Gulf of Lyon (16a) and the Azores 2004 (14c). The sample from the Gulf of Lyon (16a) was different to samples from the southwestern Mediterranean (17a) and to those from the Atlantic except from the Azores 2004 (14c) and the North Sea (1c). Differentiation was also found in pair-wise comparisons between sample 8c from northern Portugal in the feeding season and that from the North Sea (1c); between the Gulf of Cadiz (11a) and the southwestern Mediterranean (17a); and between the North Sea (1c) and northern Morocco (12a). Pair-wise F_{ST} gave similar results to those from the exact tests.

FIGURE 2

Neighbor joining tree using the pairwise F_{st} estimates among sardine samples genotyped for microsatellite DNA

The tree shows the following clusters and labels:

- Mauritania**: MAU03
- Atlantic from Morocco to N. Sea and Alboran Sea**: NPORF03, NMOR00, NPORS00, CADS03, CADP03, SFR03, 00MM00, NPORS03, RA00, CAD00, NMED03, 4HN103, SAE00, NSEA03
- Azores**: LYON00, AZO03, AZO00, AEG00
- Madeira**: MAD03
- Mediterranean**: (No specific sample labels shown in this cluster)

Scale bar: 0.005

FIGURE 3

Multidimensional scaling plot of the pair-wise F_{ST} between samples from allozyme analyses (based on data from Laurent *et al.*, 2007). Numbers correspond to sampling sites in Table 1. Points were jittered to minimize overlap.

Site Number	Dimension 1 (X)	Dimension 2 (Y)
1	-0.05	0.00
2	-0.03	-0.03
4	-0.01	0.00
5	-0.02	-0.03
7	0.03	-0.01
8	0.04	-0.05
9	0.02	0.01
10	0.03	0.01
11	0.02	0.02
16	-0.08	0.05
18	0.12	0.03
19	-0.08	-0.04
15	-0.10	0.12
14	-0.12	0.03
13	0.15	-0.04
12	0.08	-0.08

The allozyme analysis revealed a weak but significant genetic structure ($F_{ST}=0.057$, $p<0.001$) driven by samples from the most extreme range of the species, namely Mauritania, the Azores and Madeira (Figure 3). Mauritania was significantly divergent from the remaining samples apart from Morocco. However, samples from northern Morocco and Portuguese waters were not significantly different, complicating the relationship between sardine from the European and northwest African areas. Sardine from the Azores and Madeira seemed to belong to a single isolated population while sardine from the Mediterranean Sea may be partially isolated, despite some similarities with European Atlantic (North Sea and English Channel) and Atlantic islands. Hence, allozymic data suggest four groups of sardine: (i) the European Atlantic shelf group distributed from the North Sea to the Gulf of Cadiz and possibly extending to northern Morocco; (ii) the northwest African shelf group in Mauritania; (iii) the Atlantic Islands group distributed off the Azores and Madeira; and (iv) the Mediterranean Sea group.

TABLE 2
Percentage of individuals reallocated in each group in the Linear Discriminant
Analysis of morphometric data. N: number of individuals

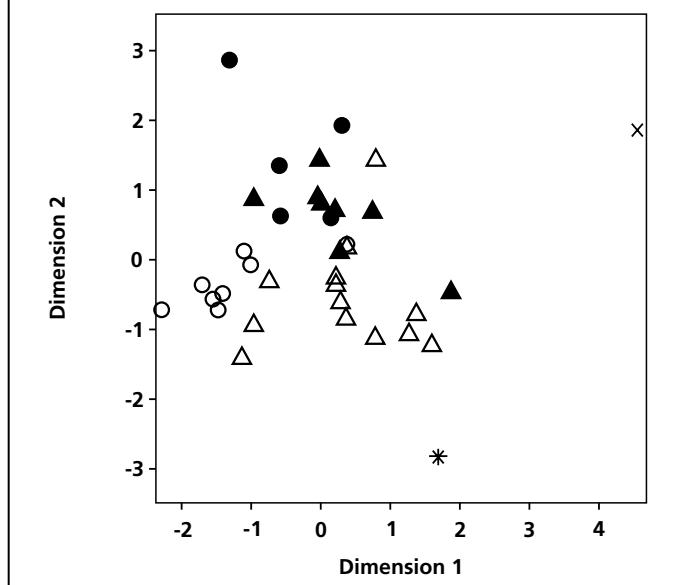
Re-allocation group	Original group			
	North Sea	Northern	Southern	Mauritania
North Sea	89	14	5	0
Northern	9	62	22	0
Southern	0	22	72	0
Mauritania	2	1	1	100
N	44	770	527	30

There was significant correlation ($r=0.87$, $p<0.001$) between genetic differentiation and geographical distance when only samples from the Atlantic shelf were considered, i.e. when samples from the Atlantic Islands and the Mediterranean Sea were excluded from the analysis. As observed with the microsatellite data, the genetic structure of sardine was mainly due to a single locus, SOD*, which seems to be under selection.

Morphometry

The first two MDS dimensions explain 63 percent of the variability of average individuals and provide a reasonable representation of between-sample multidimensional distances (stress=6.4 percent). The sample from Mauritania is clearly separated from the remaining samples along the first axis, while that from the North Sea segregates along the second axis (Figure 4). The remaining samples form a loose cluster showing some substructure according to geographic location: samples from Atlantic waters between

FIGURE 4
Multidimensional scaling plot using Mahalanobis distances between average individuals in morphometric samples. Symbols: cross = Mauritania, asterisk = North Sea, circles = 1999–2000 samples, triangles = 2003–2004 samples, filled symbols: samples 8–12 between northern Portugal to northern Morocco, hollow symbols: samples 2–7 and 14–18 between the English Channel and southern Galicia, Atlantic islands and western Mediterranean Sea.



the English Channel and southern Galicia (northern group) show negative scores on the second MDS dimension while samples from Portugal, Cadiz and northern Morocco (southern group) show positive scores (Figure 4). Surprisingly, samples from Madeira, the Azores and the western Mediterranean show higher affinity with the northern than with the southern group. Within the northern group, samples collected in 1999/2000 and 2003/2004 show some segregation.

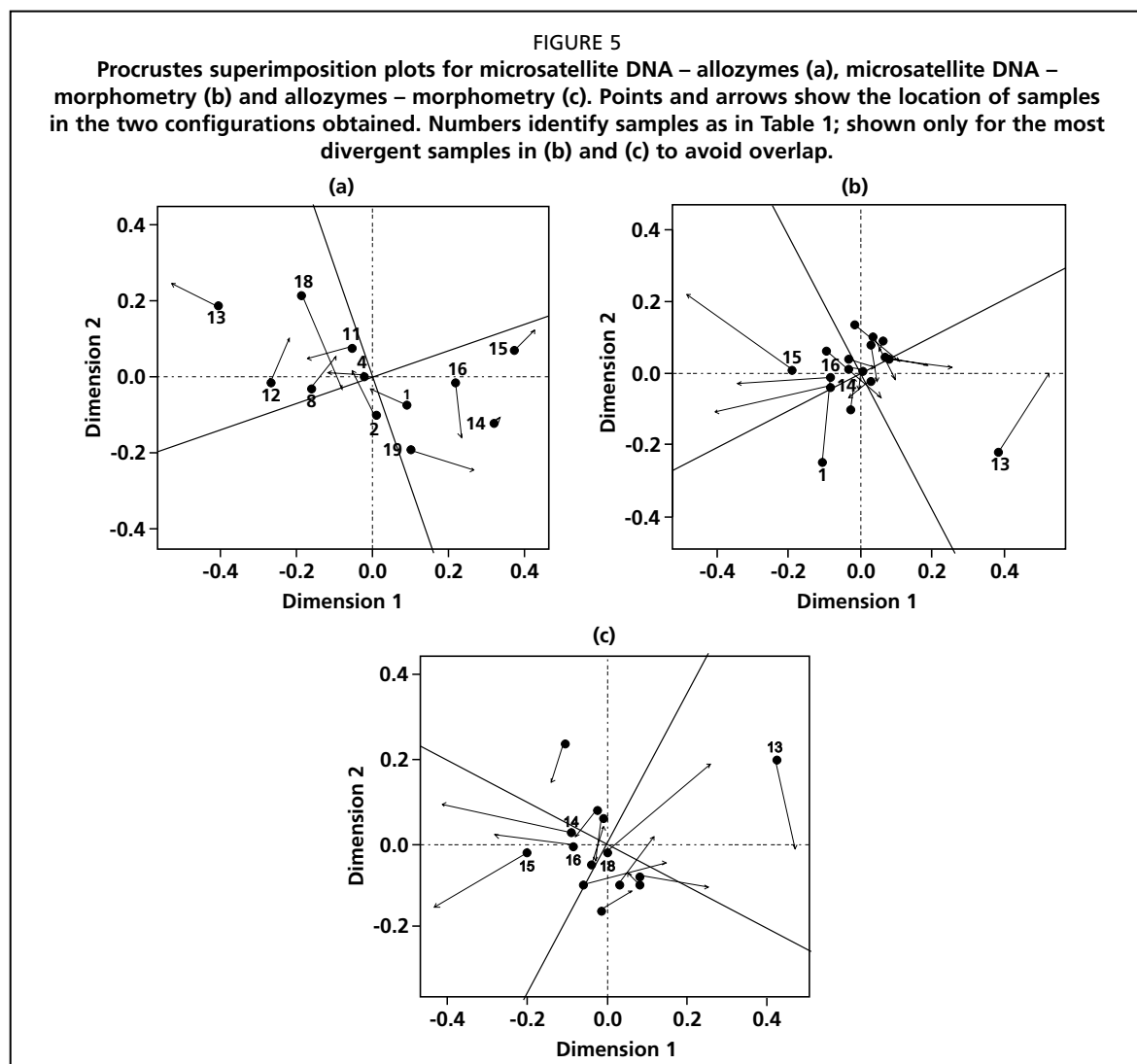
When fish of unknown origin were classified using LDA all individuals from Mauritania were correctly re-allocated, and misclassification of individuals belonging to other groups in the Mauritania group did not exceed 2 percent, indicating strong morphological differentiation of sardine in this area (Table 2). 89 percent of individuals from the North Sea were also correctly classified and mixing occurs mainly with the adjacent northern group. The northern and southern

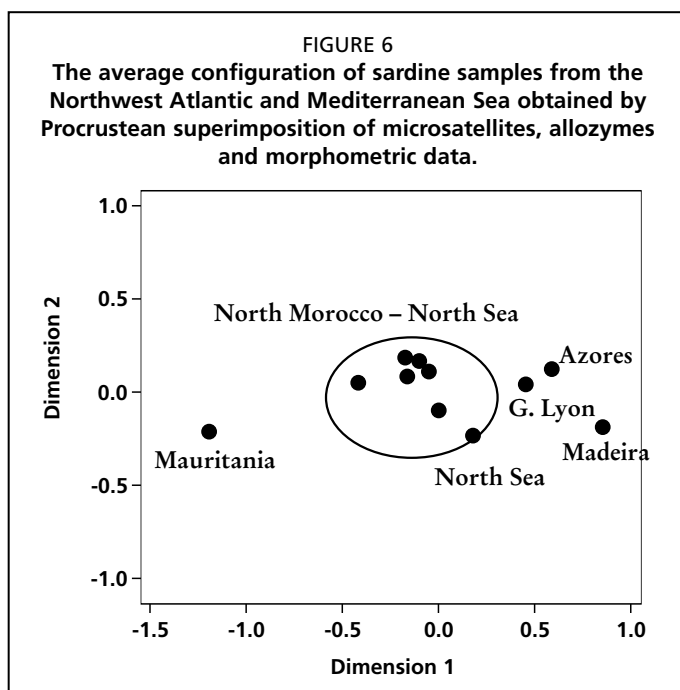
groups show substantial misclassification rates (38 and 28 percent, respectively), mainly due to mixing with each other (both 22 percent). Correlations between the original morphometric variables and discriminant functions (not shown) indicate that apart from eye diameter, variables associated with head dimensions (in particular head height

where $r=0.72$), explain most of the morphometric differentiation in the first dimension. The second discriminant function is mainly correlated with eye diameter ($r=-0.92$), but this also represents a general index of head size. There is some contrast between head dimensions and position of the dorsal fin along this function. Sardine from Mauritania differentiate from sardine in other areas due mainly to the combination of a larger head and smaller eyes, while sardine from the North Sea show smaller eyes than expected for the northern areas. Head dimensions increase from north to south in the Atlantic (up to northern Morocco), while the insertion of the dorsal fin shifts to a more anterior position.

Integration

Procrustes superimposition showed that all pair-wise correlations between methods were significantly positive: microsatellite DNA – allozymes $Pr = 0.88$, $p<0.001$; microsatellite DNA – morphometry $Pr=0.63$, $p=0.002$; and allozymes – morphometry $Pr=0.68$, $p<0.001$. Genetic methods were better correlated with each other than with morphometry, diverging only in the relative position of Mediterranean Morocco (sample 18) and Aegean Sea (sample 19) samples (Figure 5). Morphometry showed better agreement with allozymes than with microsatellite DNA, although in both cases the main discrepancies involved the North Sea (sample 1), Azores (sample 14) and Madeira (sample 15) samples (Figure 5). Sardine from the North Sea were genetically similar but morphologically distinct from sardine in other northern Atlantic areas, while





the opposite occurs with sardine from the Atlantic Islands. There is also some difference in the relative position of the sample from Mauritania which shows almost equal distance from the remaining samples in morphometric results but is considerably farther from the Atlantic Islands and north Atlantic samples than from the southern Iberian samples in genetic results.

The average configuration of samples obtained from the three methods indicates that sardine from Mauritania show the strongest segregation within the study area (Figure 6). Samples collected across the northeastern Atlantic shelf from the North Sea to northern Morocco form an elongate cluster with some evidence of a north-south gradient and higher separation at the northern extreme

(English Channel and North Sea). Samples from the Azores, Madeira and the Gulf of Lyon are separate from the northeastern Atlantic shelf group.

4. DISCUSSION

The integration of genetic and morphometric data by Procrustes superimposition showed a general congruence of the results obtained by the three methods. Despite different geographical groupings suggested by each method, the significant pairwise Procrustes correlations indicated no major differences in the overall pattern of differentiation between sardine populations. Not unexpectedly, higher agreement was obtained between genetic methods, with the most noticeable difference being a higher divergence of the Mediterranean Morocco sardine relative to other Mediterranean areas in allozymes. In both genetic methods, population structuring was determined by single loci, *sapi* 22 in microsatellite DNA and *SOD** in allozymes. A possible link between these loci (P. Kasapidis, personal communication) may explain the good congruence between methods.

The present results showed a separation between sardine from the Atlantic and sardine from the Mediterranean Sea. Morphometry indicated a change in sardine body shape at the Gibraltar Strait while genetics suggested that the Atlantic-Mediterranean break is located within the southwestern Mediterranean corroborating indications from earlier allozyme analyses (Ramon and Castro, 1997). Studies of spawning seasonality and maturity-at-length, support the similarity between sardine from the Gulf of Cadiz with that from the Alboran Sea (Silva *et al.* 2006; Stratoudakis *et al.*, 2007). In terms of growth, similarity is extended to the northwestern Mediterranean areas while substantially lower mean lengths-at-age were observed in the Aegean Sea (Silva *et al.*, 2008).

Ramon and Castro (1997) suggested that the Almeria-Oran front in the Alboran Sea may act as a barrier to gene flow among the Atlantic and the Mediterranean Sea. This oceanographic front results from the encounter between Atlantic surface waters and more dense Mediterranean waters and produces a gyre within the Alboran Sea which may promote the retention of eggs and larvae. Besides sardine, other fish and invertebrate species show genetic differentiation across the Almeria-Oran front (e.g. *Dicentrarchus labrax*, Naciri *et al.*, 1999) and significant differences have been

observed in the planktonic communities on either side of the front (Estrada *et al.*, 1985). However, it is unlikely that an oceanographic front represents a barrier to the movement of juvenile or adult sardine and alternative mechanisms of isolation (e.g. homing behaviour) need to be investigated.

Within the northeast Atlantic, significant differentiation was obtained in geographically isolated areas (the Azores and Madeira) or the extremes (the North Sea and Mauritania) of the species range. Sardine from the Azores and Madeira were not significantly separated by allozymes and showed similar body shape to those from the northern Atlantic and Mediterranean areas. Some genetic affinity was also observed between fish from these regions, which may reflect a relatively recent historical expansion of the species range from the Mediterranean to the mid-Atlantic. However, due to the low probability of extensive gene flow across the oceanic area separating the Atlantic islands from each other and from the coastal areas of the Atlantic and the Mediterranean Sea, sardine from the Azores and Madeira may be considered as separate populations. The segregation of sardine from the North Sea did not reflect genetic divergence, although the sharp morphometric differentiation suggests limited interbreeding with sardine from other areas, most likely the adjacent English Channel. On the other hand, all methods used in this study provided strong evidence that sardine from Mauritania form a separate population. This population is characterized by significantly higher growth and length-at-first maturity than sardine from northern Morocco (Silva *et al.*, 2006, 2008), and phenotypic data further suggest a possible boundary between Layoune (~28°N) and Cape Boujdour (~26°N) (Ouakka *et al.*, 2011, this volume). A genetic break is suggested north of this area, possibly around Cape Ghir in central Morocco (30°N). In fact, a steep change in the allelic frequency for the SOD* allozymic locus was observed by Chlaida *et al.* (2005) in this area, and a shallow break was also obtained by EPIC-PCR DNA markers (Atarhouch *et al.*, 2007). In addition, sardine from Safi (32°) showed strong levels of genetic differentiation that could be related to isolation and genetic drift according to several markers (Chlaida *et al.*, 2005; Atarhouch *et al.*, 2006, 2007). Surprisingly, genetic differentiation across northwestern African waters was not supported by a recent microsatellite study (Gonzalez and Zardoya, 2008).

Weak but significant population structuring was observed in this study for sardine across the northeast Atlantic shelf from the English Channel to north Morocco. Microsatellite and allozyme markers showed clinal variation in allelic frequencies at the two loci responsible for genetic structuring, which is consistent with a model of isolation by distance. A similar pattern was observed by Gonzalez and Zardoya (2008) using sardine samples mainly from northwest Africa (with two samples from the Iberian Peninsula, one from the southern and the other from the northern coast), and migration rates estimated by these authors showed that gene flow among population samples was high and even. Morphometry suggested a shallow separation between sardine distributed north and south of Cape Finisterra (across the northwestern corner of the Iberian Peninsula), which agrees with a persistent difference in growth patterns (Silva *et al.*, 2008). The existence of a morphometric break in the southwestern corner of the Iberian Peninsula shown in the analysis of 1999/2000 data (Silva, 2003) was not corroborated here. This discrepancy may be related to methodological factors, such as the use of a subset of morphometric variables in the present study, or to biological factors, such as temporal variation in morphometric structuring. Nevertheless, in both cases some north-south differentiation in sardine body shape was observed which is consistent with genetic isolation by distance.

The present study suggested that the current limits of the Atlanto-Iberian stock do not coincide with noticeable biological breaks in sardine population structure. Besides morphometry, other phenotypic traits such as growth and maturity-at-length are also homogeneous across stock limits (Silva *et al.* 2006, 2008). The distribution of spawning

areas is consistent with a stock extending across these limits (Bernal *et al.*, 2007). The apparent northern limit (French–Spanish border in the Bay of Biscay) of the Atlanto-Iberian sardine stock was further questioned by evidence that some strong year-classes in the Cantabrian Sea immigrated from recruitment areas in the Bay of Biscay (Silva, 2008), and also from indirect evidence of migration obtained in otolith microchemistry analyses (Castro, 2007) and area-based assessment modelling (Anon. 2006). Evidence of high levels of sardine abundance in the French Bay of Biscay (e.g. ICES, 2007) further suggests that demographic influences on the stock area can be strong. In the southern limit, the Gulf of Cadiz, sardine migrations have not been investigated but are less plausible due to the large area of nutrient-poor oceanic water that separates the southern Iberian coast from that of northern Morocco. By contrast, leakage of eggs and larvae across the southern stock limit seems plausible, according to simulated advection patterns from the combined effects of wind and current (Oliveira and Stratoudakis, *in press*). Sardine populations in northern Morocco seem to have low abundance levels and no major spawning or recruitment areas which could influence the dynamics of the Atlanto-Iberian sardine are recognised in that region (FAO, 2003). Therefore, mixing across the southern limit may be primarily mediated by early life history stages, and a major impact from the northern Morocco sardine on the southern Iberian population is not anticipated. Concerns about the southeastern stock limit seem smaller since the Atlantic and Mediterranean populations are reproductively isolated. Some mixing between sardine from the Gulf of Cadiz and from the southwestern Mediterranean possibly occurs, but the low abundance of sardine in the latter area (GFCM, 2006) suggests only a minor influence on the Atlanto-Iberian stock dynamics.

Our results suggest weak structuring within the Atlanto-Iberian stock area, which is consistent with substantial population interbreeding. Morphometry, as well as growth differentiation (Silva *et al.*, 2008), suggest that mixing may be larger within the northern and the western coasts of Iberia than between them. This may also apply to the western and southern coasts, as indicated by growth and maturity-at-length analyses (Silva *et al.* 2006, 2008). Some degree of independence between the northern, western and southern coasts of the Iberian Peninsula is also apparent in population dynamics but evidence of size-dependent migrations across the northwest and southwest corners prevents the assumption of separate stocks (Silva, 2008).

In summary, the analyses presented in this study, considered concurrently with other evidence on sardine population structure emphasize the need to explore alternative scenarios of stock structure and to account for geographical variation in biological traits in the assessment of the sardine fisheries.

Genetic data indicated that a single sardine population distributes from the North Sea to the northwest African waters (possibly central Morocco) and southwestern Mediterranean. Morphometry and life-history traits did not reveal subdivisions within this area in a clear and consistent way, which could help to redefine sardine stocks for fisheries management. There is growing evidence that the northern border of the Atlanto-Iberian stock should be shifted northwards although its exact location is still uncertain. The assumption of distinct European and African stocks has some support since the likelihood of mixing across the Gulf of Cadiz seems considerably lower. Despite evidence of a single population across most of the Northeast Atlantic, the gradient in both genotypic and phenotypic traits contradicts panmixia and is more consistent with a metapopulation structure (McQuinn, 1997). In a stock management perspective, evaluation of the metapopulation hypothesis implies further studies of sardine migration and local population dynamics (Kritzner and Sale, 2004). The observed population substructure may afterwards be taken into account using, e.g. spatial stock assessment models (Buckland *et al.*, 2004).

5. ACKNOWLEDGEMENTS

This study was developed within the framework of the EU Project SARDYN (Contract Q5RS-2002-000818). We thank Khallahi Ould Mohamed Fall (IMROP Mauritania), Jean-Louis Bigot (IFREMER Sète), Nick C. Halliday and the crew of the MBA/PML RVs “Sarsia” and “Plymouth Quest” (MBA, England), Dalila Carvalho (DRPM, Madeira, Portugal), Angela Canha (DOP, Azores, Portugal), and Malika Chlaida (INRH Morocco) for collaboration in the collection of samples (as part of SARDYN and the EU Study PELASSES 080/99).

6. REFERENCES

- Anon. 2006. *Sardine dynamics and stock structure in the North-Eastern Atlantic*. Final Report. DGXIV Fisheries, European Commission, Brussels. Q5RS/2002/000818.
- Atarhouch, T., Rüber, L., Gonzalez, E.G., Albert, E.M., Rami, M., Dakkak, A. & Zardoya, R. 2006. Signature of an early genetic bottleneck in a population of Moroccan sardines (*Sardina pilchardus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39: 373-383.
- Atarhouch, T., Rami, M., Naciri, M. & Dakkak, A. 2007. *Genetic population structure of sardine (Sardina pilchardus) off Morocco detected with intron polymorphism (EPIC-PCR)*. *Marine Biology*, 3: 521-528.
- Begg, G.A. & Waldman, J.R. 1999. A holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research*, 43: 35-44.
- Belkhir, K. 2000. *GENETIX, Logiciel sous windows pour la génétique des populations*. Laboratoire Génome et Populations, CNRS UPR 9060, Université de Montpellier II, Montpellier, France.
- Bernal, M., Stratoudakis, Y., Coombs, S., Angelico, M.M., Lago de Lanzós, A., Porteiro, C., Sagarminaga, Y., Santos, M., Uriarte, A., Cunha, E., Valdés, L. & Borchers, D. 2007. Sardine spawning off the European Atlantic coast: Characterization of spatio-temporal variability in spawning habitat. *Progress in Oceanography*, 74: 210-227.
- Buckland, S.T., Newman, K.B., Thomas, L. & Koesters, N.B. 2004. *Statespace models for the dynamics of wild animal populations*. *Ecological Modelling*, 171: 157-175.
- Burnaby, T.P. 1966. Growth-invariant discriminant functions and generalized distances. *Biometrics*, 22: 96-110.
- Cadrin, S.X., Friedland, K.D. & Waldman, J.R. 2005. *Stock identification methods. Applications in Fishery Science*. Academic Press, London, 719 pp.
- Castro, B.G. 2007. Element composition of sardine (*Sardina pilchardus*) otoliths along the Atlantic coast of the Iberian Peninsula. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 512-518.
- Chlaida, M., Kifani, S., Lenfant, P. & Ouragh, L. 2005. First approach for the identification of sardine populations *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in the Moroccan Atlantic by allozymes, *Marine Biology*, 149: 169-175.
- Daan, N. 1991. *Bias in virtual population analysis when the unit stock assessed consists of sub-stocks*. ICES Doc. C.M. 1991/D:17, 16 pp.
- Estrada, M., Vives, F. & Alcaraz, M. 1985. Life and the productivity of the open sea. pp. 148-197 In R. Margalef, eds. *Western Mediterranean*, Oxford: Pergamon.
- Excoffier, L., Smouse, P. & Quattro, J. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics*, 131: 479-491.
- Excoffier, L., Laval, G. & Schneider, S. 2005. Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online*, 1: 47-50.

- FAO. 2003. *Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa*. Agadir, Morocco, 31 March–10 April 2003. *Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale*. Agadir, Maroc, 31 mars–10 avril 2003. FAO Fisheries Report No. 723, 152 pp.
- FAO. 2007. *Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa*. Agadir, Morocco, 17–26 April 2007. *Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale*. Agadir, Maroc, 17–26 avril 2007. FAO Fisheries Report No. 849. 238 pp.
- Frank, K.T. & Brickman, D. 2000. Allee effects and compensatory population dynamics within a stock complex. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57: 513–517.
- GFCM. 2006. *Report of the eighth session of the sub-committee on stock assessment (SCSA)*. GFCM:SAC9/2006/Inf.8. (available at <ftp://ftp.fao.org/fi/document/gfcm/sac9/inf8e.pdf>.)
- Gonzalez, E.G. & Zardoya, R. 2007. Relative role of life-history traits and historical factors in shaping genetic population structure of sardines (*Sardina pilchardus*). *BMC Evolutionary Biology*, 7: 197. DOI: 10.1186/1471-2148-7-197.
- Hilborn, R. & Walters, C. J. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman & Hall, New York. 570 pp.
- Hurlbut, T. & Clay, D. 1998. Morphometric and meristic differences between shallow- and deep-water populations of white hake (*Urophycis tenuis*) in the southern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 2274–2282.
- ICES. 2007. *Report to the Working Group on the assessment of mackerel, horse mackerel, sardine, and anchovy*. ICES Doc. CM 2007/ACFM: 31.
- Ihssen, P.E., Booke, H.E., Casselman, J.M., Payne, N.R. & Utter, F.M. 1981. Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 1838–1855.
- Johnson, R.A. & Wichern, D.W. 1998. *Applied Multivariate Statistics*. 4th Edition, Prentice Hall, New Jersey, 816 pp.
- Kumar, S., Tamura, K. & Nei, M. 2004. MEGA3: integrated software for molecular evolutionary genetics analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics*, 5: 150–163.
- Koljonen, M.L. & Wilmot, R. 2005. Genetic analysis: allozymes. pp. 295–309 In S.X. Cadrin, K.D. Friedland & J.R. Waldman, eds. *Stock identification methods*. Applications in Fishery Science, Academic Press, Lo.
- Kritzer, J.P. & Sale, P.F. 2004. Metapopulation ecology in the sea: from Levin's model to marine ecology and fisheries science. *Fish and Fisheries*, 5: 131–140.
- Laurent, V., Caneco, B., Magoulas, A. & Planes, S. 2007. Isolation by distance and selection effects on genetic structure of sardines *Sardina pilchardus*, Walbaum. *Journal of Fish Biology*, 71, 1–17.
- Magoulas, A. 1990. *MtDNA variation in populations of sardine, Sardina pilchardus and anchovy, Engraulis encrasicolus, in the Greek seas and phylogenetic inferences*. PhD dissertation, University of Crete (in Greek).
- Magoulas, A. 2005. Mitochondrial DNA. pp. 311–330 In S.X. Cadrin, K.D. Friedland & J.R. Waldman, eds. *Stock identification methods*. Applications in Fishery Science, Academic Press, London, 719 p.
- McQuinn, I.H. 1997. Metapopulations and the Atlantic herring. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7: 297–329.

- Naciri, M., Lemaire, C., Borsa, P. & Bonhomme, F. 1999. Genetic study of the Atlantic/Mediterranean transition in Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Heredity*, 90: 591-596.
- Oliveira, P.B. & Stratoudakis, Y. 2008. Satellite-derived conditions and advection patterns off Iberia and NW Africa: potential implications to sardine recruitment dynamics and population structuring. *Remote Sensing of Environment*, 112: 3376-3387.
- Ouakka, K., Yahyaoui, A., Fahd, P., Gourich, H. & Mesfioui, A. 2011. Discrimination des stocks de sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de l'Atlantique marocain sud par l'approche biométrique. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11-14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. This volume, pp. 97-108.
- Parrish, R.H., Serra, R. & Grant, W.S. 1989. The monotypic Sardines, *Sardina* and *Sardinops*: their taxonomy, distribution, stock structure, and zoogeography. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 2019-2036.
- Peres-Neto, P.R. & Jackson, D.A. 2001. How well do multivariate data sets match? The advantages of a Procrustean superimposition approach over the Mantel test. *Oecologia*, 129: 169-178.
- Ramon, M.M. & Castro, J.A. 1997. Genetic variation in natural stocks of *Sardina pilchardus* (sardines) from the western Mediterranean Sea. *Heredity*, 78: 520-528.
- Raymond, M. & Rousset, F. 1995. GENEPOP (version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenism. *Journal of Heredity*, 86: 248-249.
- Rice, W.R. 1989. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, 43: 223-225.
- Shaklee, J.B., Allendorf, F.W., Morizot, D.C. & Whitt, G.S. 1990. Gene nomenclature for protein-coding loci in fish. *Transactions of the American Fisheries Society* 119: 2-15.
- Silva, A. 2003. Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the north-eastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 1352-1360.
- Silva, A. 2008. *Geographic variation in sardine population traits: implications for stock assessment*. PhD dissertation, University of Algarve, Portugal.
- Silva, A., Santos, M.B., Caneco, B., Pestana, G., Porteiro, C., Carrera, P. & Stratoudakis, Y. 2006. Temporal and geographic variability of sardine maturity at length in the north-eastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 663-676.
- Silva, A., Carrera, P., Massé, J., Uriarte, A. D., Santos, M. B., Oliveira, P.B., Soares, E., Porteiro, C. & Stratoudakis, Y. 2008. Geographic variability of sardine growth across the northeastern Atlantic and the Mediterranean Sea. *Fisheries Research*, 90: 56-69.
- Spanakis, E., Tsimenides, N. & Zouros, E. 1989. Genetic differences between populations of sardine, *Sardina pilchardus*, and anchovy, *Engraulis encrasicolus*, in the Aegean and Ionian seas. *Journal of Fish Biology*, 35: 417-437.
- Strauss, R.E. & Bookstein, F.L. 1982. The Truss: body form reconstructions in morphometrics. *Systematic Zoology*, 31: 113-135.
- Stratoudakis, Y. & Marçalo, A. 2002. Sardine slipping during purse-seining off northern Portugal. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 1256-1262.

- Tinti, F., Di Nunno, C., Guarniero, I., Talenti, M., Tommasini, S., Fabbri, E. & Piccinetti, C. 2002. Mitochondrial DNA sequence variation suggests the lack of genetic heterogeneity in the Adriatic and Ionian stocks of *Sardina pilchardus*. *Marine Biotechnology*, 4: 163-172.
- Waldman, J.R. 2005. Definition of stocks: an evolving concept. pp. 7-16. In S.X. Cadrin, K.D. Friedland & J.R. Waldman, eds. *Stock identification methods*. Applications in Fishery Science, Academic Press, London, 719 pp.
- Weir, B.S. & Cockerham, C.C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38: 1358-1370.
- Wright, S. 1969. *The theory of gene frequencies*. Vol. 2. Chicago: University of Chicago Press.

Cycle de reproduction et variabilité du régime alimentaire du maquereau, *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) débarqué au port de Casablanca

Reproduction cycle and diet variability of the chub mackerel, *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) landed at Casablanca port
(French only/En français seulement)

Fatima Wahbi¹, Ahmed Errhif² et Omar Ettahiri¹

¹ INRH, 2, Rue de Tiznit, Casablanca

<fatimawahbi@yahoo.fr> <ettahiri@inrh.org.ma>

² Biologie, Faculté des Sciences Ain Chock, Casablanca

Wahbi, F., Errhif, A. et Ettahiri, O. 2011. Cycle de reproduction et variabilité du régime alimentaire du maquereau, *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) débarqué au port de Casablanca. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

La région nord-ouest africaine se caractérise par une grande productivité biologique et par un important potentiel halieutique. Dans cette région, l'écosystème pélagique est très riche et constitue, sur le plan quantitatif, la principale ressource vivante exploitée. Au Maroc, le maquereau espagnol (*Scomber japonicus*) vient en deuxième position dans les débarquements globaux de la pêche pélagique, après la sardine. Dans ce contexte, une étude sur la reproduction et le régime alimentaire de *Scomber japonicus*, débarqué au port de Casablanca, a été entreprise au cours d'un cycle annuel (février 2005-février 2006).

L'étude de la reproduction de *Scomber japonicus* a révélé que le sex-ratio est en faveur des femelles et que la période principale de ponte s'étale de l'hiver au début printemps. Les tailles à la première maturité sexuelle sont de 21,56 cm et de 21,68 cm de longueur à la fourche, respectivement chez les mâles et les femelles, soit au début de la deuxième année de la vie de l'espèce.

L'analyse des contenus stomacaux a montré que le régime alimentaire de *Scomber japonicus* varie en fonction des saisons et avec l'âge. Les crustacés

pélagiques, principalement les copépodes et les mysidacés, constituent des proies préférentielles de l'espèce. Les poissons sont des proies secondaires. Cette composition est la même pour les deux sexes.

Mots clés: *Scomber japonicus*, Casablanca, reproduction, régime alimentaire

ABSTRACT

The Northwest African area is characterized by a great biological productivity and an important fisheries potential. In this area, the small pelagic fish (sardina, sardinella, chub mackerel, horse mackerel and anchovy) constitute, in terms of quantity, the main exploited resources. In Morocco, the Spanish mackerel (*Scomber japonicus*) comes in second position, after sardine, in the total landings of the pelagic fisheries. In this context, a study of *Scomber japonicus* reproduction and diet, landed at Casablanca port, was undertaken during an annual cycle (February 2005–February 2006).

The study of the reproduction revealed that the sex-ratio is in favour of the females and that the principal period of *Scomber japonicus* spawning is spread from winter to the beginning of spring. The sizes at the first sexual maturity are 21.56 cm and 21.68 cm, respectively for males and the females, corresponding to the second year of the species life.

The analysis of the stomach contents showed that the *Scomber japonicus* diet varies according to seasons and age. The pelagic crustacea, mainly copepoda and mysidacea, constitute preferential preys for the species while fish are its secondary preys. The diet composition is the same for both sexes.

Keywords: *Scomber japonicus*, Casablanca, reproduction, diet

1. INTRODUCTION

Au Maroc, les ressources pélagiques revêtent un intérêt économique important. Après la sardine, le maquereau espagnol (*Scomber japonicus*) vient en deuxième position dans les débarquements globaux de la pêche pélagique avec un total de 40 600 tonnes en 2003 et 68 127 tonnes en 2004 (DPM, 2005). L'essentiel des captures marocaines en maquereau est débarqué au port d'Agadir. Malgré cette position, cette espèce reste mal étudiée sur le plan biologique. La présente étude examine certains aspects de la biologie, en particulier la reproduction et le régime alimentaire du maquereau échantillonné au port de Casablanca, pris comme site d'essai, vue sa proximité et dans la perspective d'élargir l'étude aux autres ports marocains.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'échantillonnage biologique a été réalisé auprès des sardiniers débarquant au port de Casablanca choisis de manière aléatoire. L'échantillonnage a été effectué deux fois par mois pendant une période d'une année, de février 2005 à février 2006. Un total de 501 individus a fait l'objet de l'étude de la reproduction et 331 estomacs ont été examinés pour l'étude du régime alimentaire.

Le protocole adopté pour le prélèvement est le double échantillonnage ou échantillonnage en deux phases établi depuis 1973 (Belveze, 1984).

- La première phase consiste à prendre un échantillon de poissons qui seront tous mesurés (fréquences de tailles).
- La deuxième phase consiste à prendre un sous-échantillon du premier de manière à couvrir cinq à dix individus par classe de taille par mois pour le prélèvement des paramètres biologiques.

Le sexe et l'état de maturité sexuelle de chaque individu sont déterminés en fonction du degré de développement des gonades par observation macroscopique. L'échelle de maturité utilisée comprend cinq stades (FAO, 1974).

Pour examiner le régime alimentaire du maquereau, chaque estomac est ouvert et bien vidé de son contenu par lavage à la pissette d'eau au dessus d'une boîte de pétri. Les contenus stomacaux sont analysés qualitativement et quantitativement. Suivant la grandeur des proies, le matériel alimentaire est examiné soit à l'œil nu, soit à la loupe binoculaire et la détermination taxonomique est basée sur les clés de Rose (1933) et Trégouboff et Rose (1957). Pour chaque contenu stomacal, les proies appartenant à 'un même groupe, sont comptées et pesées.

3. PRINCIPAUX INDICES UTILISÉS

3.1 Étude de la reproduction

- **Sex-ratio** = $(M / M + F) * 100$ où M est le nombre de mâles et F le nombre de femelles déterminés par observation macroscopique des gonades. La différence dans les proportions des sexes identifiés est testée par le test de χ^2 (Chi Deux).
- **Taille de première maturité sexuelle ($L_{50\%}$)**: correspond à la longueur pour laquelle 50 pour cent des individus sont matures (Fontana, 1969). Le stade 3 est retenu comme étant le stade à partir duquel le poisson est considéré mature (FAO, 1974). La taille $L_{50\%}$ est déduite de la courbe des fréquences cumulées des stades sexuels en fonction de la taille ou de l'équation de Pope *et al.* (1983): $P = 1 / (1 + e^{(a-b*L_F)})$ dans laquelle P est le pourcentage des individus matures et L_F est la longueur à la fourche du poisson en cm.
- **Rapport gonado-somatique**: $RGS = 100 \times P_g/P$, où P_g et P sont respectivement le poids des gonades et le poids total de l'individu (Bougis, 1952).
- **Rapport hépato-somatique**: $RHS = 100 \times P_f/P$ où P_f et P sont respectivement le poids du foie et le poids total de l'individu (ISRA-ORSTOM, 1979).
- **Coefficient de condition**: $K = 100 \times P_t/L_F^3$ où P_t et L_F sont respectivement le poids total (en grammes) et L_F la longueur à la fourche (en centimètres) de l'individu (Kartas *et al.*, 1984).

3.2 Étude du régime alimentaire

- **Coefficient de vacuité**: $V = (Nb \text{ d'estomacs vides} / Nb \text{ total d'estomacs examinés}) * 100$.
- **Indice de fréquence d'une proie**: $F_p = (N_p / N) * 100$, où N_p est le nombre d'estomacs contenant la proie p et N le nombre d'estomacs pleins examinés. Les proies sont classées en trois catégories: (i) proies préférentielles si F_p est supérieur à 50 pour cent; (ii) proies secondaires si F_p est compris entre 10 et 50 pour cent; et (iii) proies occasionnelles si F_p est inférieur à 10 pour cent.
- **Indice d'importance relative**: $IRI = F_p * (C_n + C_p)$ où F_p est la fréquence d'occurrence; C_n le pourcentage en nombre et C_p le pourcentage en poids.
- **Pourcentage indiciaire**: $\%IRI = (IRI / \sum IRI) * 100$. Les proies sont classées en quatre catégories: (i) proies préférentielles si IRI est supérieur à 50 pour cent; (ii) proies secondaires si IRI est compris entre 10 et 50 pour cent; (iii) proies complémentaire si IRI est compris entre 1 et 10 pour cent et (iv) proies accidentelles si IRI est inférieur à 1 pour cent.

4. RÉSULTATS

4.1 Étude de la reproduction

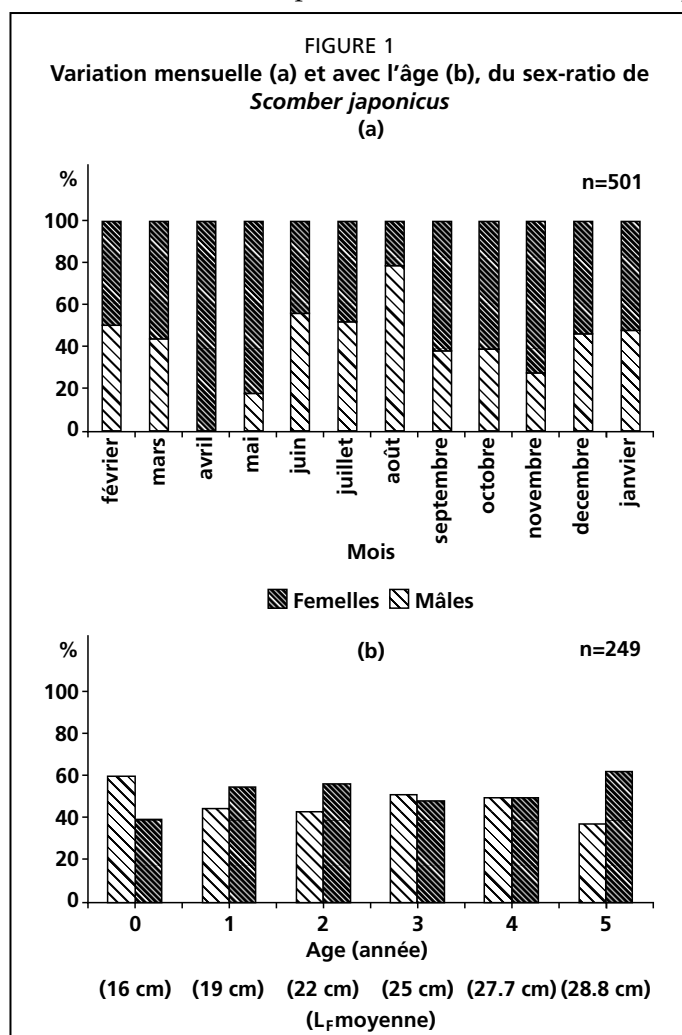
Nos observations ont porté sur 501 individus à sexes déterminés. L'analyse macroscopique a montré une dominance des femelles par rapport aux mâles, ce qui traduit un sex-ratio

global en faveur des femelles (tableau 1). Le test χ^2 montre que la différence entre le nombre de mâles et de femelles est significative au seuil de 5 pour cent.

TABLEAU 1
Répartition du sex-ratio global

Sexes	Nombre	Pourcentage	χ^2 observé	$\chi^2_{0.95}$
Mâles	227	45%		
Femelles	274	55%	4,41	3,84

L'évolution mensuelle du sex-ratio (figure 1a) montre une présence des deux sexes durant toute l'année, à l'exception du mois d'avril où le taux des mâles fait défaut. Cela est dû probablement aux faibles débarquements en maquereau pendant ce mois,



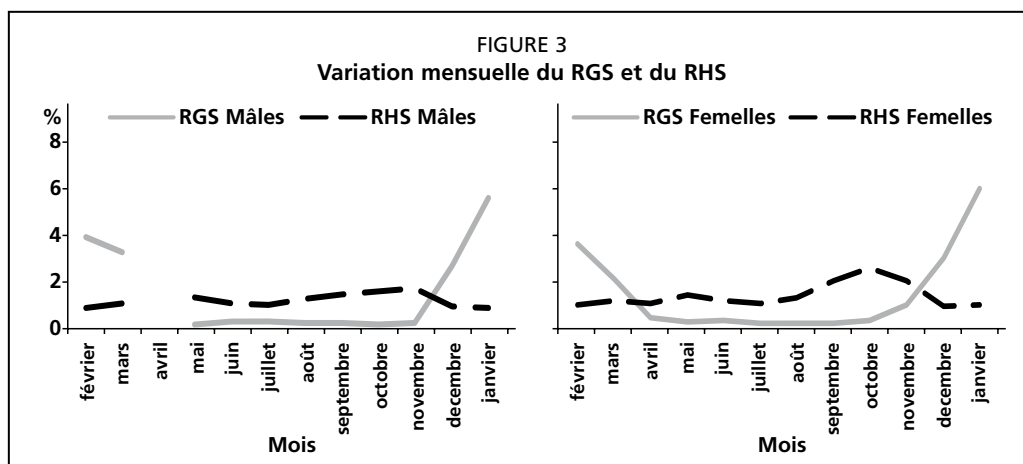
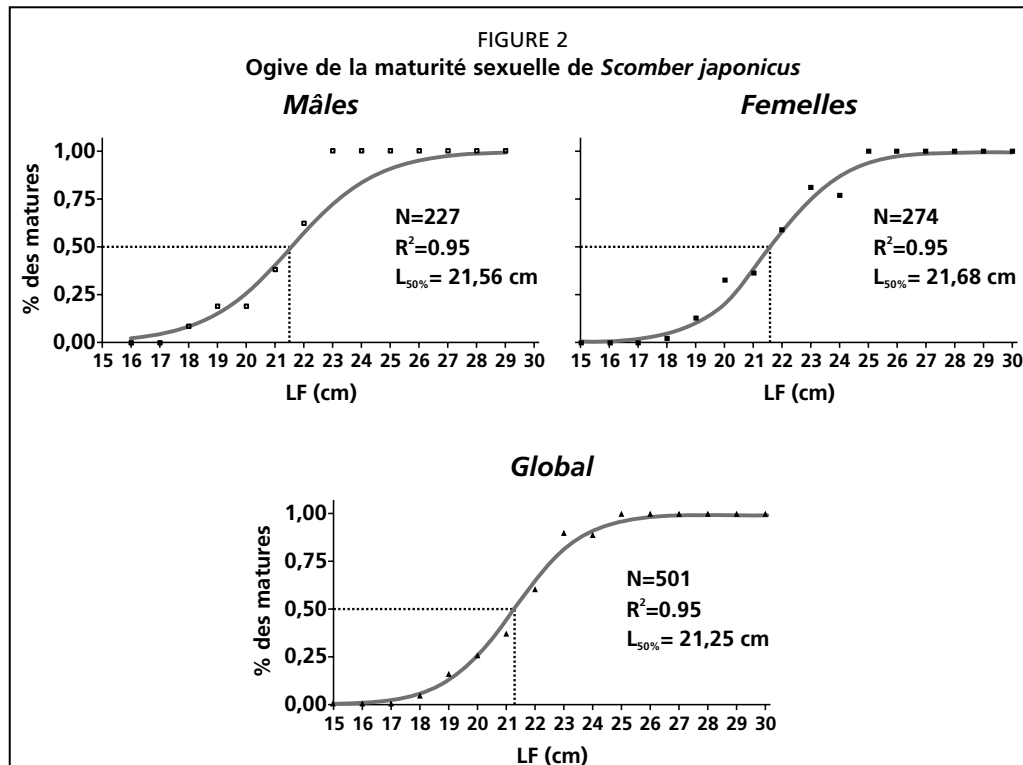
ce qui n'a permis de réaliser qu'un seul échantillon biologique avec seulement 11 individus femelles. Au cours des autres mois, à l'exception de la période de décembre à mars où les proportions des deux sexes sont presque égales, le sex-ratio est tantôt en faveur des mâles (juin-juillet-août) tantôt en faveur des femelles (avril-mai et septembre-novembre). Les observations montrent que le sex-ratio est variable d'une classe d'âge à l'autre (ici l'âge est déterminé par lecture directe des otolithes) avec une dominance des femelles âgées (figure 1b).

Le niveau auquel 50 pour cent des individus ont atteint la maturité (tableau 2), se situe à une longueur à la fourche ($L_{50\%}$) égale à 21,25 cm pour l'ensemble des adultes étudiés, alors qu'il est respectivement de 21,56 cm et de 21,68 cm pour les mâles et les femelles, soit au cours de la deuxième année de vie de l'espèce. La $L_{50\%}$ peut être déterminée graphiquement à partir de l'évolution du pourcentage des individus matures en fonction de la taille (figure 2). Cette courbe est d'allure sigmoïde que ce soit pour chacun des sexes séparément ou confondus.

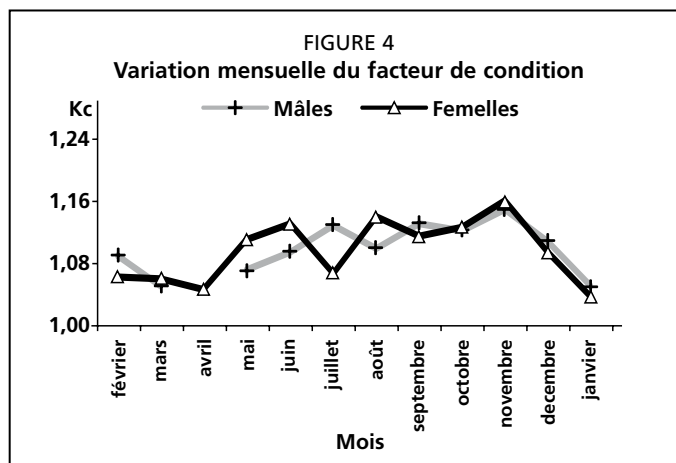
TABLEAU 2
Paramètres de la taille de première maturité sexuelle

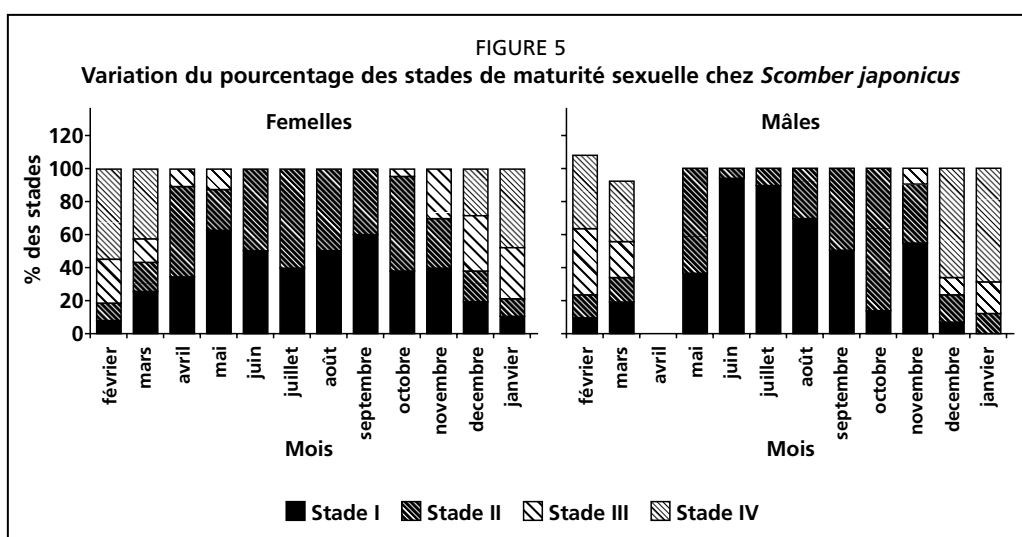
	a	b	R ²	L _{50%}
Mâles	-14,42	0,67	0,9198	21,56
Femelles	-17,46	0,81	0,9031	21,68
Global	-18,57	0,87	0,9553	21,25

La variation mensuelle de l'Indice gonado-somatique (RGS) (figure 3) a révélé que la période de ponte se situe entre décembre et mars. Pendant cette période, et pour les deux sexes, les valeurs de l'Indice hépato-somatique (RHS) sont les plus faibles.



Malgré les fluctuations, l'évolution mensuelle du facteur de condition (K) montre une chute de ce coefficient pour les deux sexes de décembre à mars. La période mai-novembre est caractérisée par des valeurs élevées de K, surtout chez les femelles, alors que chez les mâles les valeurs élevées s'observent de juillet à novembre, en relation, probablement avec la présence d'un nombre relativement élevé d'individus de petite taille qui n'ont pas encore atteint leur maturité (figure 4).

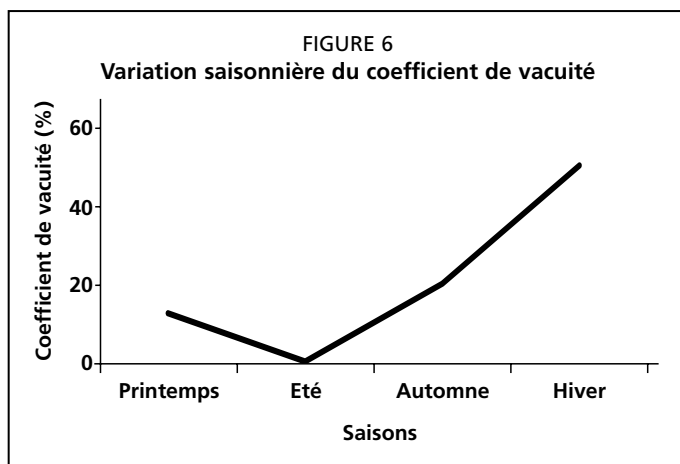




L'examen des fréquences mensuelles des différents stades de maturité sexuelle chez les deux sexes (figure 5) montre que les immatures (Stades I et II) sont présents toute l'année, avec une forte abondance à partir du mois d'avril ou mai jusqu'au mois de novembre. Quant aux individus matures (Stade III et plus), les fréquences les plus élevées sont enregistrées entre novembre et mars, alors que les stades de ponte (Stade IV) n'apparaissent qu'à partir du mois de décembre jusqu'au mois de mars.

4.2 Étude du régime alimentaire

Le traitement des échantillons relatifs à l'étude du régime alimentaire a été réalisé mensuellement. Cependant, le poids de certaines proies était tellement faible qu'on a



procédé à un regroupement des données par saison. Sur les 331 estomacs examinés, 68 étaient vides, ce qui correspond à un coefficient de vacuité global de 21 pour cent. Cependant ce coefficient varie de manière saisonnière avec un maximum en hiver et un minimum en été (figure 6).

Le nombre total des proies recensées est de 9 237, soit un nombre moyen de

34 proies par estomac, ce qui correspond à un poids moyen de proies par poisson de 0,0133 g. Les contenus stomacaux des poissons étudiés sont dans un état de digestion très avancé ce qui a rendu difficile l'identification des espèces ingérées, dont la grande partie correspond à des débris d'écailles, otolithes, appendices, etc. Les principaux groupes de proies rencontrées sont illustrés dans le tableau 3.

En se basant sur la fréquence d'occurrence Fp, les crustacés, principalement les copépodes et les mysidacés, les poissons et les siphonophores ont des Fp qui dépassent le seuil de 50 pour cent et constituent donc les proies préférentielles de *Scomber japonicus*. Cependant, les variations du pourcentage indiciaire (%IRI, qui tient compte à la fois du poids et du nombre de proies) modifient le spectre du régime alimentaire avec, comme proies préférentielles (%IRI > 50 pour cent), les crustacés pélagiques. Ce groupe domine numériquement (91.06 pour cent) les autres taxons rencontrés, notamment les poissons qui constituent des proies secondaires. Les céphalopodes et

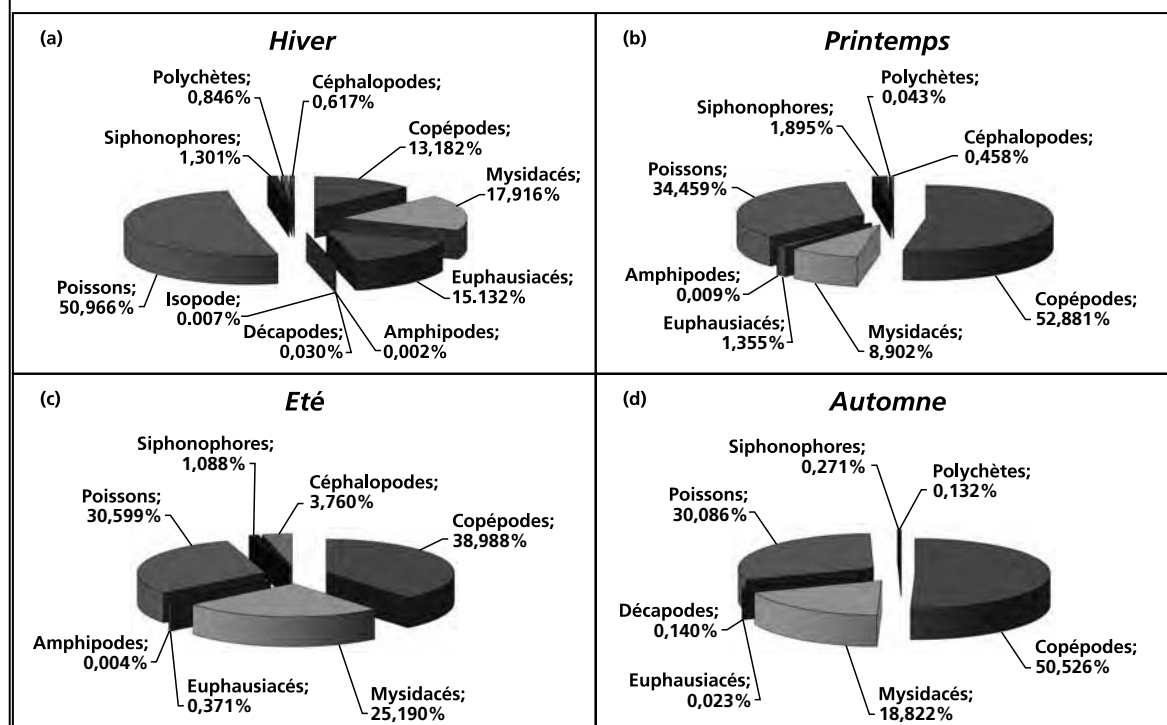
les siphonophores constituent des proies complémentaires et les polychètes des proies accidentelles. En terme de poids, et malgré son faible pourcentage en nombre (6,79 pour cent), le groupe des poissons dépasse largement celui des crustacés avec une contribution pondérale totale de 77,16 pour cent contre 4,95 pour cent (tableau 3).

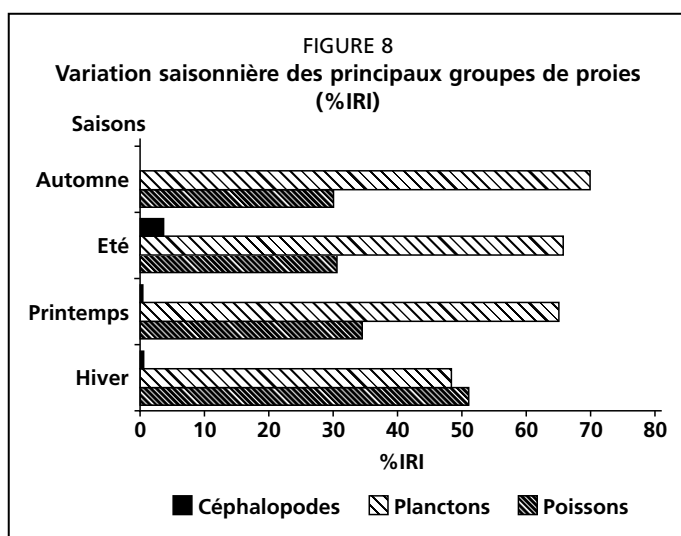
TABLEAU 3

Composition du régime alimentaire de *Scomber japonicus*, Cp: pourcentage en poids; Cn: pourcentage en nombre; Fp: fréquence d'occurrences; IRI: indice d'importance relative; % IRI: pourcentage indiciaire

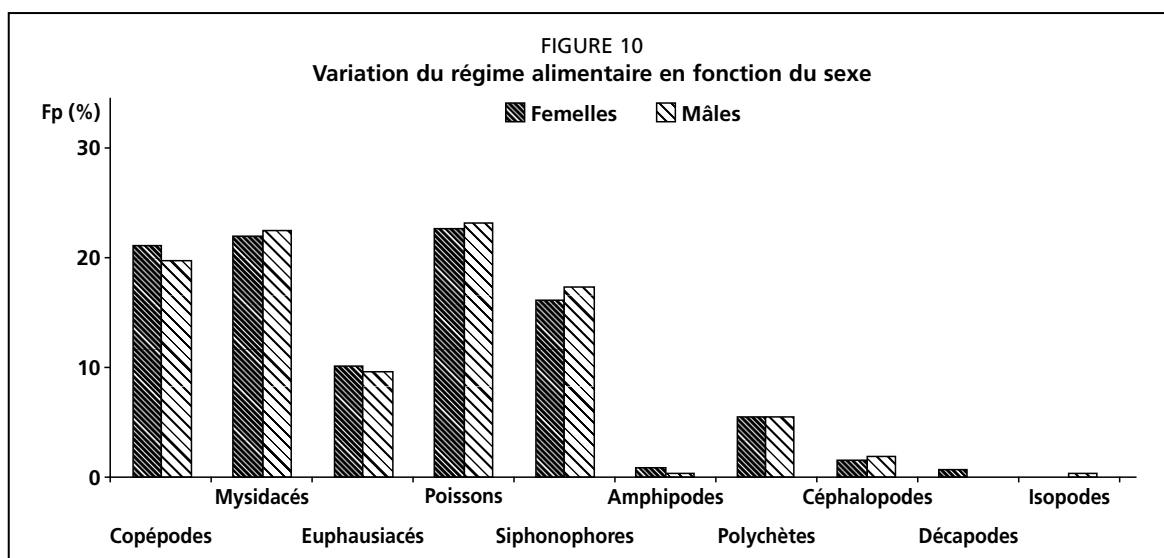
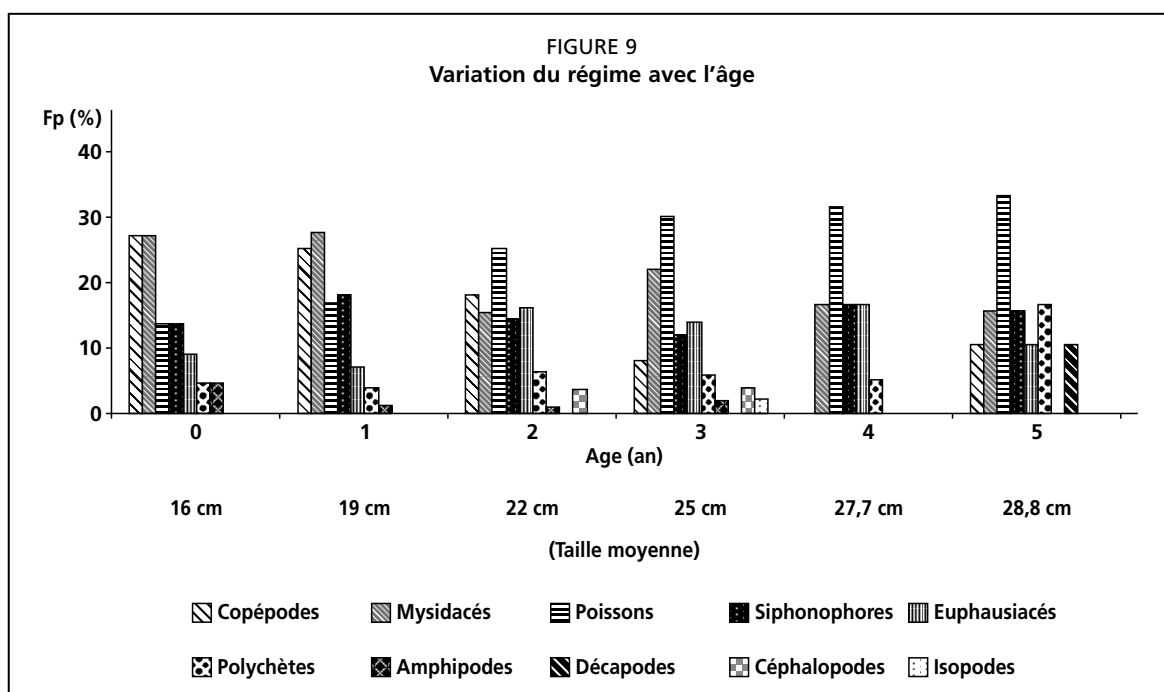
Classes	Proies	Cp	Cn	Fp	IRI	%IRI
Crustacés	Copépodes (<i>Calanus</i> sp., <i>Oncaea</i> sp., <i>Corycaeus</i> sp., copépodes non identifiés)	0,370	64,761	62,357	6513,178	43,026
	Mysidacés	2,783	22,063	60,837	1477,858	16,013
	Euphausiacés	0,502	4,071	28,137	125,791	1,363
	Amphipodes	0,009	0,119	2,2814	0,287	0,003
	Décapodes (<i>Parapenaeus longirostris</i>)	1,173	0,032	0,7605	0,896	0,010
	Isopodes (<i>Sphaeroma</i> sp.)	0,110	0,011	0,372	0,045	0,0005
	Total	4,948	91,058	154,744	8118,055	60,416
Poissons	Poissons (<i>Engraulis encrasicolus</i> , <i>Sardina pilchardus</i> , <i>Solea</i> sp. + écailles de poissons)	76,870	1,310	44,106	3371,309	36,530
	Œufs de poissons (œufs d'anchois + œufs non identifiés)	0,091	5,402	17,11	91,891	0,996
	Larves de poissons	0,199	0,076	1,859	0,511	0,005
	Total	77,160	6,788	63,075	3463,712	37,531
Mollusques	Céphalopodes (<i>Alloteutis</i> sp.)	17,404	0,195	5,204	91,591	0,970
Annélides	Polychètes	0,110	0,476	13,688	7,849	0,085
Hydrozoaires	Siphonophores	0,379	1,483	50,57	92,067	0,998

FIGURE 7
Variation saisonnière (a, b, c, d) du régime alimentaire de *Scomber japonicus* (%IRI)





Concernant la variabilité du régime alimentaire de *Scomber japonicus*, le spectre est très diversifié en hiver en comparaison aux autres saisons, malgré le taux de vacuité élevé en cette saison (figure 7). Cependant, sur le plan quantitatif, cette composition alimentaire présente également des variations, exprimées par la variation du pourcentage de l'indice d'importance relative. Pour mieux illustrer cette variation, on a considéré que les principaux groupes du spectre alimentaire de *Scomber japonicus*: le plancton, les poissons et les céphalopodes (figure 8). Hormis les



céphalopodes dont le taux n'est relativement élevé qu'en été, le groupe des poissons diminue graduellement de l'hiver à l'automne, à l'inverse du plancton qui montre un maximum en automne. Ceci peut être en relation avec la disponibilité et/ou l'accessibilité relative des divers groupes de proies.

La variabilité du régime alimentaire en fonction de l'âge est analysée par la variation de la fréquence d'occurrence Fp. Pour les jeunes individus (Classes 0 et 1) (figure 9), on note une dominance très nette des crustacés pélagiques, principalement les copépodes et les mysidacés. Avec un Fp supérieur à 50 pour cent, l'ensemble des crustacés recensés constituent des proies préférentielles pour ce groupe d'âges. A partir de la classe d'âge 2, on note une prédominance des poissons, ce qui montre la préférence de ces groupes d'âge pour les proies de tailles relativement grandes.

L'analyse montre également qu'il n'y a pas de variation dans la composition du régime alimentaire entre les mâles et les femelles (figure 10).

5. DISCUSSION ET CONCLUSION

5.1 Variations saisonnières du sex-ratio

La variation du sex-ratio dans les débarquements au cours de l'année montre un effet de saisonnalité, en faveur des femelles pendant le printemps (mars, avril, mai) et l'automne (septembre, octobre, novembre) et des mâles en été (juin, juillet, août). Ce fait est peut être dû à des comportements particuliers et à des réactions différentes des individus des deux sexes à l'engin de pêche utilisé et à des différences dans leur comportement migratoire. Pendant l'hiver, la différence entre les deux sexes est très faible voire absente, ce qui coïncide avec la période de ponte hivernale de l'espèce. Le sex-ratio varie également selon les classes d'âge. En effet, les mâles dominent dans les petites classes d'âge (Classe 0) par comparaison aux femelles qui elles sont abondantes dans les classes d'âges avancés (Classe 5). Cependant, pour les classes 1 à 4, les deux sexes présentent de faibles différences.

Des variations du sex-ratio de *Scomber japonicus* ont été observées également dans d'autres régions. En Méditerranée, malgré la variation saisonnière, la différence entre les deux sexes n'est pas significative (sex-ratio:1:1) (Giama *et al.*, 1987). Au niveau des Iles Canaries, la proportion des mâles et des femelles change de manière saisonnière annuelle (Lorenzo, 1992). Au nord-ouest africain, entre Cap Juby et Cap Vert, le sex-ratio est en faveur des femelles avec des taux rapprochés entre les deux sexes pendant l'hiver (Staicu et Maxim, 1974). Ces derniers résultats présentent une grande similitude avec ceux de la présente étude. Dans les eaux mauritaniennes, le sex-ratio du maquereau espagnol varie d'une année à l'autre et la proportion des femelles diminue avec la taille (Chavance et Girardin, 1991).

5.2 Taille de première maturité

L'examen des gonades est compté parmi les méthodes fiables qui renseignent sur la taille à la première maturité sexuelle. La détermination de cette taille est tributaire de plusieurs considérations telles la prise en compte de la première ponte, la croissance individuelle de l'espèce (Hattour, 2000). L'origine géographique des spécimens peut avoir également une influence sur l'âge et la taille de première maturité en relation avec les conditions hydro climatiques du milieu (Lahrizi, 1996). Par exemple, en Tunisie (Hattour, 2000), le niveau 50 pour cent de maturité se situe à une longueur à la fourche égale à 18,9 cm pour l'ensemble des adultes étudiés (18,9 cm et 18,3 cm respectivement pour les mâles et les femelles), soit au début de la deuxième année de vie de l'espèce. D'après Tuggac (1957), le maquereau espagnol de la mer Noire atteint sa maturité au début de la troisième année et parfois au début de leur deuxième été. Pour le maquereau de la population mauritanienne et sénégalaise, les valeurs de la taille de première maturité sexuelle sont proches et correspondent presque au même âge, ce qui diffère

de celles observées chez la population marocaine étudiée. Cette différence peut être attribuée à la taille des individus de chaque population.

5.3 Cycle reproductif

Le cycle de reproduction de *Scomber japonicus* se caractérise par une intense activité gonadique durant l'hiver et début printemps. Ceci est démontré par la variation mensuelle du rapport gonado- et hépato-somatique où l'élaboration des produits génitaux s'accompagne d'une importante consommation d'énergie qui est puisée essentiellement dans les réserves hépatiques. Ce cycle de reproduction est confirmé également par l'évolution mensuelle des stades de maturité sexuelle et par la variation du facteur de condition dont les fluctuations sont imputables à la nutrition, la ponte, la migration, l'état de maturité sexuelle, la saison, le milieu, le sexe, l'âge et naturellement l'espèce (Hureau, 1970).

Les périodes de reproduction varient selon les localités. En Tunisie, deux périodes de ponte ont été révélées chez le maquereau espagnol, la première hivernale, entre décembre et Janvier et la seconde estivale, entre juin et août (Hattour, 2000). En Libye, la saison du frai de l'espèce est située entre avril et juin (Giama, 1994). Dans la Mer de Marmara, cette ponte a lieu depuis le début de juin jusqu'à la fin de juillet (Tuggac, 1957). D'autres études effectuées dans la zone sénégal-mauritanienne ont localisé les périodes de ponte de *Scomber japonicus* entre décembre et février (Domanevsky, 1970), entre décembre et mars (Weiss, 1981) et entre janvier et mars (FAO, 1986). Dans la région nord-ouest africaine, la période de ponte du maquereau espagnol se situe entre décembre et mars (Habashi et Wojciechowski, 1973; Staicu et Maxim, 1974), ce qui coïncide avec les résultats de la présente étude.

5.4 Régime alimentaire

Le spectre alimentaire de *Scomber japonicus* est diversifié et les crustacés pélagiques et les poissons constituent l'essentiel des proies ingérées. Le coefficient de vacuité met en évidence une diminution de la prise alimentaire globale en hiver, qui correspond à la période de ponte de l'espèce. Joyeux *et al.* (1991) et Mouny (1998), pour d'autres espèces (les gobbies) attribuent cette diminution de la prise alimentaire à l'activité de reproduction au moment où les ovaires matures exercent une compression sur le tube digestif.

Une variation du régime alimentaire a été mise en évidence en relation avec la saison et l'âge des individus. En hiver, le régime alimentaire de *Scomber japonicus* est caractérisé par une dominance des poissons alors que le plancton, en général, et les copépodes, en particulier, sont à leur plus faible niveau. Ceci est dû en partie au cycle de vie des copépodes, composante principale du plancton. En effet, selon Faure (1951) et Furnestin (1976), dans la zone côtière nord marocaine, la saison d'abondance maximale du zooplancton serait l'automne alors que la plus faible abondance s'observe en hiver. D'autre part, en période de reproduction l'activité migratoire de l'espèce diminue, ce qui limite les déplacements à la recherche de la nourriture et augmente le phénomène de cannibalisme. Le régime alimentaire du maquereau est déterminé par la relation entre la taille du prédateur et celle des proies. Les maquereaux de petite taille, dont l'ouverture de la bouche est réduite et dont l'amplitude et la vitesse des déplacements sont faibles, ont une préférence pour les organismes de petites tailles tels que le macrozooplancton (Pasquaud *et al.*, 2004).

Malgré les difficultés d'identification de certaines proies suite à leur état de digestion avancé, la liste établie présente des similitudes avec d'autres études réalisées dans le même sens (Hattour, 2000; Habashi *et al.*, 1987). En effet, Le maquereau espagnol est un prédateur, son régime alimentaire est composé de plus de 50 organismes différents, parmi lesquels on trouve des euphausiacés, des mysidacés, des copépodes, des cladocères et aussi des jeunes poissons (chinchard, anchois, sardine, merlu, maquereau),

des céphalopodes, des crustacés et aussi des polychètes. L'alimentation dépend généralement de l'âge des poissons et des saisons (INRH, 2002).

En Mauritanie, la nutrition du maquereau espagnol a été étudiée par Wiktor (1970), cité par Krivospitchenko et Domanevski (1984) et Habashi *et al.* (1987). Selon ces auteurs, les euphausiacés constituent la nourriture de base de cette espèce, tandis que les petits organismes planctoniques (copépodes, cladocères) sont de moindre importance. Le poisson est souvent rencontré ainsi que les céphalopodes, les crustacés de fond et les polychètes. Des variations d'alimentation en fonction de la taille et des saisons ont été notées. En Tunisie, le régime alimentaire de *Scomber japonicus* est composé de crustacés pélagiques comme proies préférentielles, de poissons (sardine, anchois, sardinelles, saurels) et également de crevettes et de calmars (Hattour, 2000).

En conclusion, il ressort que *Scomber japonicus* est une espèce opportuniste qui adapte son régime alimentaire selon la disponibilité des proies dans le milieu.

6. RÉFÉRENCES

- Belveze, H. 1984. *Biologie et dynamique des populations de sardine (Sardina pilchardus Walbum) peuplant les côtes atlantiques du Maroc et proposition pour un aménagement des pêches*. Thèse de Doctorat d'État en Sciences Naturelles. Université de Bretagne occidentale.
- Bougis, P. 1952. Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus surmuletus*). *Archives de zoologie expérimentale et générale*, 89(2): 57-174.
- Chavance, P. & Girardin, M. 1991. *L'environnement, les ressources et les pêcheries de la ZEE mauritanienne*. Bulletin CNROP. Nouadhibou, 23: 227 pp.
- DPM. 2005. *Projets de plans d'aménagement et de développement des pêcheries des petits pélagiques*. Ministère de l'agriculture et du développement rural et des pêches maritimes, Maroc. 39 pp.
- Domanevsky, L. 1970. *Biology and distribution of the main commercial fishes and peculiarities of their fishing by trawl on the shelf from Cape Spartel to Cape Verde*. Rapports et Procès-Verbaux des Reunions CIEM/ICES, 159(5): 223-226.
- FAO. 1986. *Description et évaluation des ressources halieutiques de la ZEE mauritanienne*. Nouadhibou, Mauritanie. COPACE/PACE Séries 86/37. 300 pp.
- Faure, M.L. 1951. Le zooplancton de la zone côtière du Maroc. Année 1950. *CIEM/ICES. Annale biologie*, 8: 66-68.
- Fontana, A. 1969. *Étude de la maturité sexuelle des sardinelles Sardinella eba (Valenciennes) et Sardinella aurita (Walbaum) de la région de Pointe-Noire*. Cahiers ORSTOM, sér. Océanogr., 7(2): 101-114
- Furnestin, M.L. 1976. *Les copépodes du plateau continental marocain et du détroit canarien. I: Répartition quantitative*. Conseil international pour l'exploration de la mer, 8: 22-46.
- Giam, M.S. 1994. *A comparison of condition factor between three Libyan pelagic fish species (Sardinella aurita, Scomber japonicus, Trachurus mediterraneus)*. Paper presented at the International Symposium on Middle-sized pelagic fish. Las Palmas, Spain.
- Giam, M.S., El Tawil, M.L. & Sanusi, A. 1987. Biological studies about mackerel (*Scomber japonicus*) from the western part of Jamahiriya. *Bulletin of the Marine Biologie Research Centre*, 8:42-59.
- Habashi, B. & Wojciechowski, J. 1973. *Observations on the biology of Scomber japonicus off northwest Africa*. ICES CM, 1973/J: 20, 9 pp.
- Habashi B., Kompowski, A. & Wojciechowski, J. 1987. Food and feeding of chub mackerel (*Scomber japonicus*, Houttuyn, 1782) in the Northwest Africa shelf. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 17(1): 77-92.

- Hattour, A. 2000. *Contribution à l'étude des poissons pélagiques des eaux tunisiennes*. Thèse de Doctorat Es-sciences biolog. Université de Tunis II, Tunisie.
- Holden, M.J. & Raïtt, D.F.S. 1974. *Manuel de Science Halieutique. Deuxième partie - Méthodes de recherches sur les ressources et leur application*. FAO Fisheries Technical Paper, 115 (Rev.1): 223 pp. www.fao.org/docrep/003/f0752f/f0752f00.htm#toc
- Hureau, J.-C. 1970. Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae), *Bulletin de l'Institut Océanographique*, Monaco, 68. (1391): 1-224.
- ISRA-ORSTOM. 1979. *La reproduction des espèces exploitées dans le golfe de Guinée*. Doc. Sci. Inst. Sénégal. Rech. Agri, 68: 7-31.
- INRH. 2002. *Ressources Halieutiques: situation et niveau d'exploitation*. Rapport de l'Institut national de recherches halieutiques, Casablanca, Maroc: 167 pp.
- Joyeux, J.C., Tomasini, J. & Bouchereau, J.L. 1991. Le régime alimentaire de *Gobius niger* Linné, 1758 (Teleostei, Gobiidae) dans la lagune de Mauguio. France. *Annales des Sciences Naturelles. 12ème Serie. Zoologie et Biologie Animale*: 57-69.
- Kartas, F. & Quignard, J.P. 1984. *La fécondité des poissons téléostéens*. Collection de Biologie des Milieux Marins. Masson, eds. Paris: 121 pp.
- Krivospitchenko, S.G. & Domanevski, L.N. 1984. Le maquereau (*Scomber japonicus*). In *Recherche soviétique sur les chinchards et les maquereaux dans la zone nord du COPACE*. COPACE/TECH/84/59/(fr.): 22-60.
- Lahrizi, K. 1996. *Contribution à l'étude de la croissance et de la reproduction du Merlu blanc: Merluccius merluccius (L.1758) de la côte Atlantique nord du Maroc*. Thèse de 3^{ème} cycle Es-sciences biolog. Université Mohamed V, Maroc.
- Lorenzo, J.M. 1992. *Crecimiento de la caballa Scomber japonicus (Houttuyn, 1782) en aguas del Archipiélago canario*. Tesi Doctoral Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Mouny, P. 1998. *Structure spatio-temporelle du zooplancton et du suprabenthos de l'estuaire de la seine. Dynamique et rôle des principales espèces dans la chaîne trophique pélagique*. Thèse de doctorat. Université des sciences et Technologie de Lille, France. 239 pp. Muséum national d'Histoire Naturelle.
- Pasquaud, S., Girardin, M. & Elie, P. 2004. Étude du régime alimentaire des gobies du genre *Pomatoschistus* (*P. microps* et *P. minutus*) dans l'estuaire de la Gironde (France). *Cybium*, 28(1): 99-106.
- Pope, J.A., Margetts, A.R., Hamley, J.M. & Akyuz, E.F. 1983. *Manual de metodos para la evaluacion de las poblaciones de peces. Parte 3. Selectividad del arte de pesca*. FAO Documento Técnico de Pesca, 41 (1): 56 pp.
- Rose, M. 1933. *Faune de France. Copépodes pélagiques*. Edt Office Central de Faunistique, 374 pp.
- Staicu, I. & Maxim, C. 1974. *Observations sur la biologie et la dynamique du maquereau espagnol (Scomber japonicus colias Gmelin) dans l'Atlantique est central*. *Cercetari Marine*, 7: 113-128.
- Trégouboff, G. & Rose, M. 1957. *Manuel de planctonologie méditerranéenne, Tome I et II*. Centre National de la Recherche Scientifique, 587 pp.
- Tuggaç, M. 1957. *On the biology of the Scomber colias Gmelin*. CGPM, No. 4, Débats et Document Technique, 21: 145-159.
- Weiss, R. 1981. Zur Fortpflanzungsbiologie der Thunmakrele (*Scomber japonicus*, Houttuyn, 1782) in den Gewässern von Nordwestafrika. *Fisherei-Forschung*, 19 (1): 19-29.

Impact of industrial fisheries on *Sardinella aurita* in West Africa

Impact des pêcheries industrielles sur *Sardinella aurita* en Afrique de l'ouest
(English only/En anglais seulement)

Mahfoud Ould Taleb Sidi, Ebaye Ould Sidina and Ad Corten

Institut mauritanien de recherches océanographique et des pêches (IMROP)

BP 22 Nouadhibou, Mauritanie

<mahfoudt@yahoo.fr>

Ould Taleb Sidi, M., Ould Sidina, E. and Corten, A. 2011. Impact of industrial fisheries on *Sardinella aurita* in West Africa. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

Length distributions of *Sardinella aurita* provide a first indication of the age composition of the catch of that species and thereby of the total mortality on the stock. During the period 1982–1995, catches of *S. aurita* by the industrial fishery in Mauritania and Morocco were relatively low. This situation changed in 1996 with the start of a directed fishery for sardinella by trawlers from the European Union (EU) in Mauritania. Catches in Mauritania rose from an average of 96 000 tonnes in 1982–1995 to 192 000 tonnes in 1996–2005. The impact of the fishery could be seen from the change in length distribution of the catches in the subsequent years. In the first years after the start of the directed fishery, the fish in the catch had a unimodal length distribution around 35 cm. This size group presumably represent fish of three years and older. With the increase in fishing effort after 1996, the modal length after some years dropped to 32 cm. This probably indicated that the bulk of the catch now consisted of two year-old fish. The decrease in average size and age of the fish in the population was probably an effect of the increased catches in the period after 1995. It is concluded that the existence of a 15 mile fishing limit for pelagic trawlers in Mauritania is an important safeguard against overexploitation of *Sardinella aurita*. This protected zone provides a refuge of the fish for the large pelagic trawlers at the time of the year when the fish have a more coastal distribution.

RÉSUMÉ

Les fréquences de tailles de *Sardinella aurita* donnent une première indication de la composition en âge des captures de cette espèce et la mortalité totale subie par le stock. Durant la période 1982–1995, les captures industrielles de cette espèce

étaient relativement faibles. Cette situation a changé de 1996 à 2005 avec l'arrivée de la flottille de l'Union européenne (UE). Les captures passent de 96 000 tonnes en moyenne de 1982 à 1995 à 192 000 tonnes de 1996 à 2005. L'impact de cette intensification de l'exploitation semble se traduire par des changements dans les distributions des fréquences de taille. Lors du démarrage de la pêche de l'UE, les fréquences de taille étaient unimodales avec un pic aux environs de 35 cm. Avec l'augmentation de l'effort de pêche ce mode a baissé sensiblement à 32 cm. Ce qui fait que les captures en 2005 ne sont plus constituées que des individus âgés de deux ans. Cette baisse de la taille modale et de l'âge fait probablement suite à l'intensification de l'effort de pêche après 1995. L'instauration en Mauritanie d'une limite de la zone de pêche pour les chalutiers pélagiques au-delà de 15 milles est une importante mesure de sauvegarde contre la surexploitation de la sardinelle. Cette zone interdite assure le refuge pour cette espèce pendant la période de l'année où sa distribution est assez côtière.

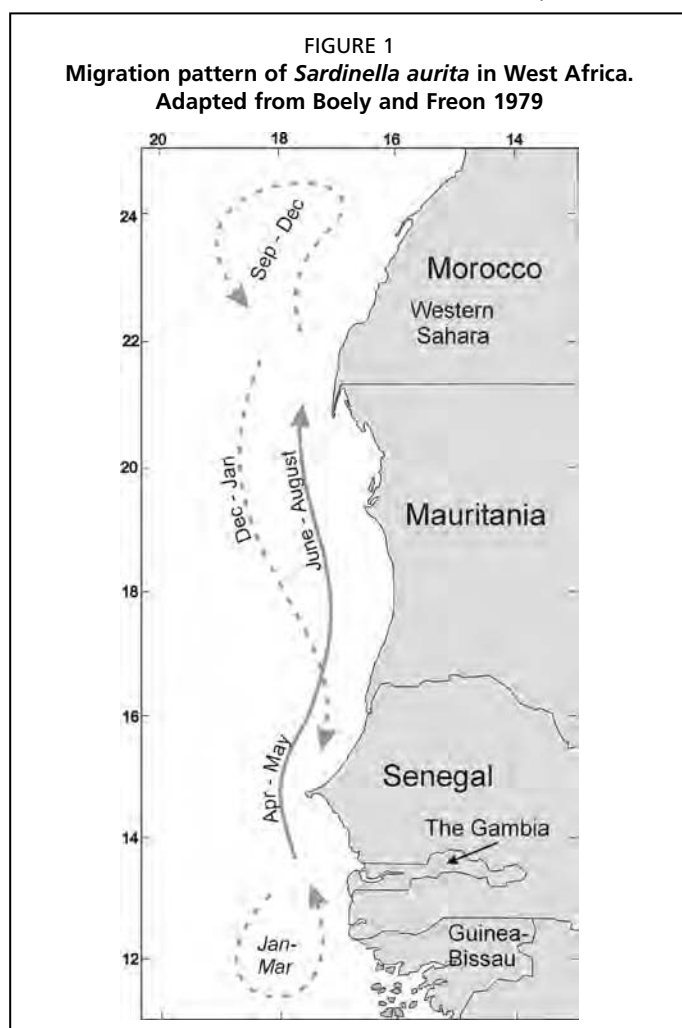
1. INTRODUCTION

The stock of *Sardinella aurita* in West Africa is exploited by artisanal fishermen using canoes, as well as by industrial trawlers. The artisanal fishery is found mainly in Senegal, and to a lesser extent in Mauritania and The Gambia, whereas the industrial fisheries are nowadays limited to Mauritania and the southern part of

Morocco.

Sardinella aurita taken in the waters of Senegal, Gambia, Mauritania and Morocco are assumed to belong to one population that migrates back and forth between the waters of the four countries (Figure 1). It is assumed that the fishes occur in Senegal/Gambia during the first quarter of the year, then migrate north towards Mauritania where they stay during the second and third quarter, and finally move further northward into South Moroccan waters during the last quarter of the year. Between November and January, the fishes are assumed to return from South Morocco to Senegal, taking an offshore oceanic migration route (Schmidt 1972, Boely *et al.*, 1982).

Although the artisanal fishery undoubtedly goes back the longest time, the industrial exploitation of *S. aurita* also has a long history. The stock of *S. aurita*, together with that of *S. maderensis*, was exploited heavily by purse seiners (unloading to factory vessels) already in the late 1960s (Boely and Fréon, 1979). These fleets came from Norway, the Russian Federation and South Africa. Around 1975, the



factory vessels and their purse seiners disappeared from the area. In addition to the purse seiners, there were large pelagic trawlers from Bulgaria, Poland, Romania and the Russian Federation. Although these trawlers primarily targeted horse mackerel (*Trachurus trecae* and *T. trachurus*), they also took considerable catches of sardinella. Around 1990 the activities of the East-European vessels temporarily declined, following the economic and political reforms in Eastern Europe. After the state-owned vessels had been transferred to private companies in Eastern Europe and elsewhere, the activities of the (ex-) East European trawlers increased again after 1995.

In 1996, vessels from the EU, in particular from the Netherlands, started a new pelagic fishery in Mauritanian waters (Hofstede and Dickey-Collas, 2006). Whereas the East European trawlers mainly targeted horse mackerel, the EU vessels instead choose sardinella as their main target¹. After 4–5 years of successful fishing, the sardinella catches taken by this fleet started to decline around 2000–2001.

The decline of the sardinella catches was probably a symptom of declining stock size. However, as often is the case in pelagic fisheries, it was not easy to decide whether the declining stock size was related to overexploitation or to environmental changes (Zeeberg *et al.*, 2006). Normally, a study of the age structure of the population will reveal whether the population is declining as a result of over-fishing or of adverse environmental factors. If the catches decline while the fish are getting smaller, the stock is probably being overexploited. Alternatively, if the fish remain large while the population declines, there is a problem with recruitment, probably caused by adverse environmental conditions.

So far, no reliable age determinations for sardinella have been available, and the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa has only used production models for the assessment of *Sardinella aurita* (FAO, 2006, 2007). These models are unable to distinguish between fisheries induced effects and environmental effects. They simply assume the environment to be constant. The fact that the models may be extended with an (arbitrarily chosen) environmental index for certain years, does not alter the fact that they can not detect natural recruitment variations or trends.

The only possibility to get a better perspective on what is actually happening in the population is to make more use of age data, even if these are of a limited nature. Recent advances in the study of the growth of *Sardinella aurita* in Mauritania (Sidina *et al.*, this symposium) allow a rough split of length compositions into juveniles and adults. The purpose of this paper is to use this information in describing recent trends in stock structure, and to draw conclusions as to the cause of the recent decline in stock size.

2. MATERIAL AND METHODS

This study is based mainly on an analysis of length compositions of *Sardinella aurita*, taken by Dutch vessels in Mauritania. These data were collected in the framework of an observer programme, conducted by the Mauritanian fisheries research institute IMROP during the period 1999–2007. Length distributions on the catches of *S. aurita* by the Senegalese artisanal fishery and data on fishing effort

¹ Dutch skippers lacked the specialized knowledge to fish horse mackerel close to the bottom but found that their existing gears (large pelagic trawls of light construction) could be used very effectively to catch sardinella. The Dutch vessels had a large processing capacity (200–300 t/day) that could handle the large catches of sardinella they were able to take. Although the value per kg of sardinella was lower than that of horse mackerel, the large volume of the catches made up for the lower price per kg. Following this initial success, ship owners in Europe sent more vessels to Mauritania, some of which had been specially constructed for the fishery in West Africa (one of them was even called “Afrika”). An Irish ship owner built the “Atlantic Dawn”, the largest trawler ever constructed in Western Europe, also for the sardinella fishery in Mauritania.

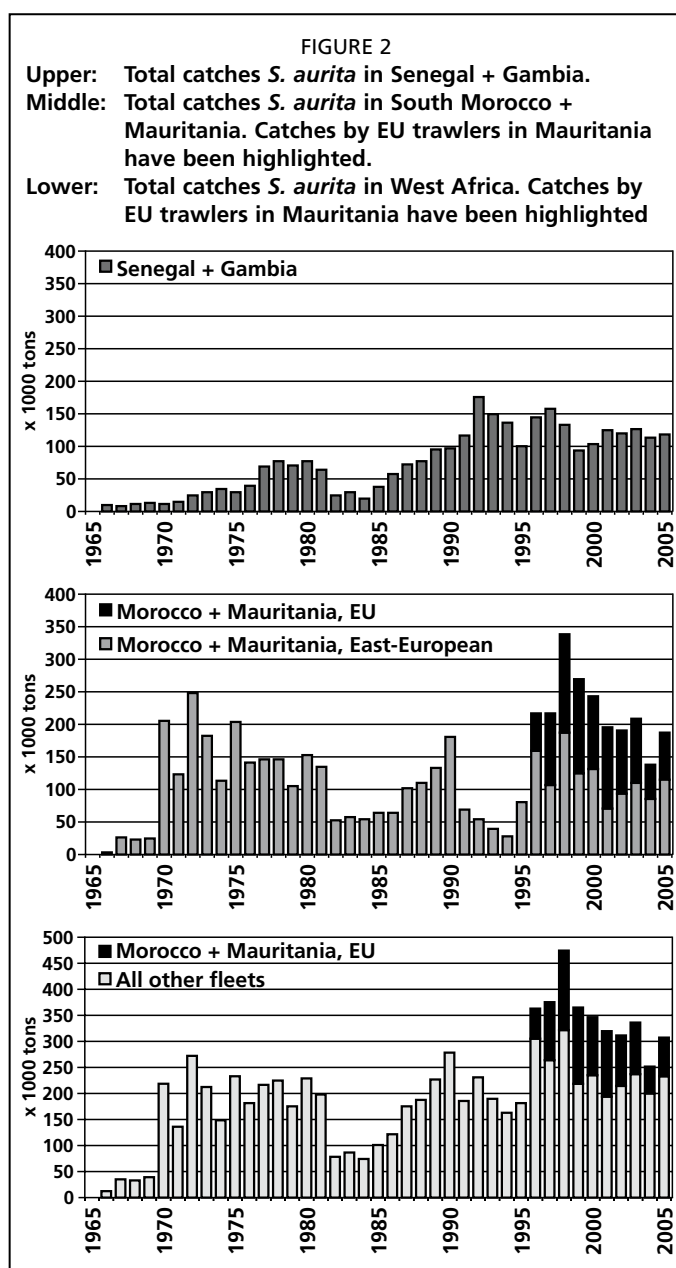
in the Senegalese artisanal fishery were kindly provided by Birane Samb (CRODT).

The split of sardinella length data into age groups was based on the results obtained by the Subgroup on Growth of *Sardinella aurita*, a subsidiary of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa (FAO, 2007). This group met in Nouakchott (Mauritania) from 28 to 31 August 2006. The results of this group are reported to this symposium in the contribution by Sidina *et al.*

Data on fishing effort and catch composition of the EU fleet in Mauritania were kindly provided by ship owners in the Netherlands. Effort data for the East-European fleet were taken from the latest report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa (FAO, 2007). Estimates for the Senegalese artisanal effort from 1982–1998 were provided by B. Samb.

3. RESULTS

3.1 Total catches of *S. aurita* in West Africa



In order to study the effect of the industrial fishery on the stock of *S. aurita*, one has to take into consideration catches by all fisheries in the whole distribution area of the stock, i.e. Senegal, Gambia, Mauritania and Morocco. The total catch taken in the economic zones of the four countries is shown in Figure 2. A split has been made between Senegal and Gambia on one side, and Mauritania and Morocco on the other side. The reason for this is the widely different character of the fisheries in the two regions. In Senegal/Gambia, the fishery for sardinella is conducted exclusively by artisanal fishermen using canoes. In Mauritania/Morocco, the bulk of the sardinella catches are taken by industrial trawlers, operating under foreign flag. In addition, there is a difference in fishing season, and also of age composition of the catches (Boely *et al.*, 1982).

The development of catches in the two regions has shown very different trends (Figure 2). In Senegal/Gambia (Figure 2, top), the catch shows a gradual increase, interrupted by a short depression in the early 1980s. From 1990 onwards, the catch fluctuates between 100 000 and 150 000 t/year. In Mauritania and Morocco (Figure 2, middle), the catch of *S. aurita* shows large variations over time. After a period of high catches in 1970–1981, the catch temporarily dropped to a

low level in 1982–1986. In the second half of the 1990s, catches gradually increased due to the development of the East-European fishery. This fishery strongly declined in 1990 after the economic reforms in Eastern Europe. Starting from 1995, catches strongly increased again. This was due partly to the arrival of West-European trawlers, and partly to an increase in catches by the East-European fleet. After catches reached a peak in 1998 they slowly declined in subsequent years. If we combine the catches in both area (Figure 2, bottom), it is seen that the total catches of *S. aurita* in West Africa attained their highest level in the years 1996–2003, surpassing the 300 000 t/year mark.

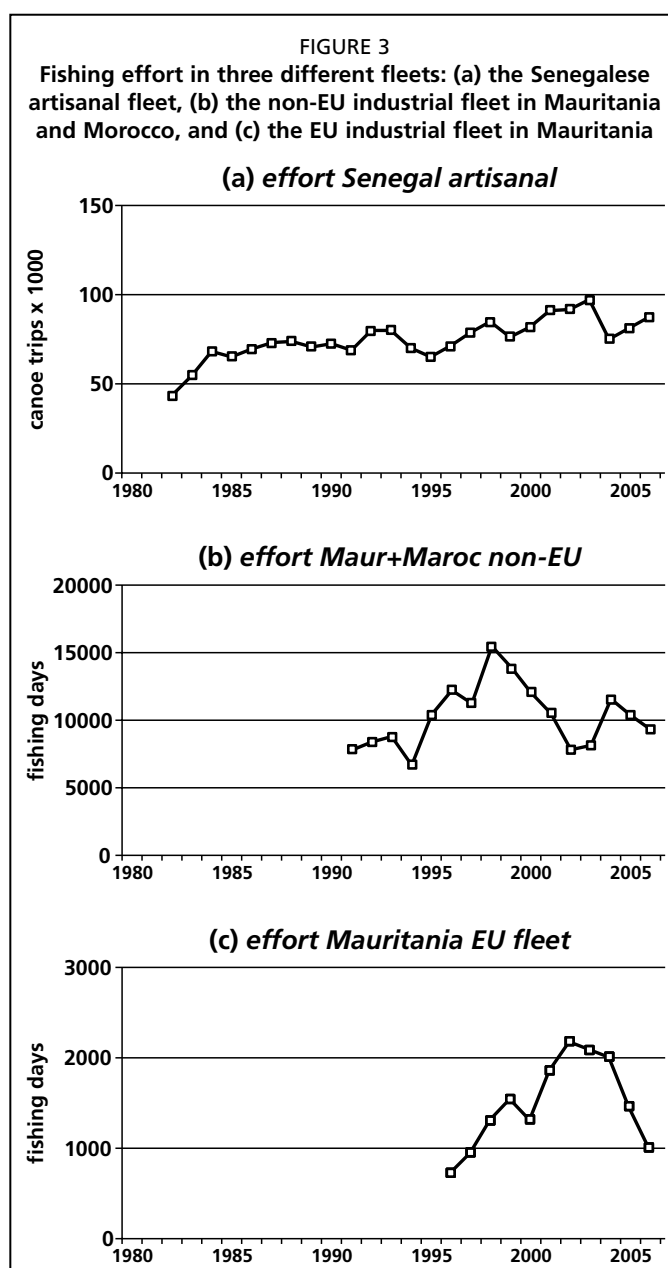
3.2 Fishing effort and catch per unit of effort

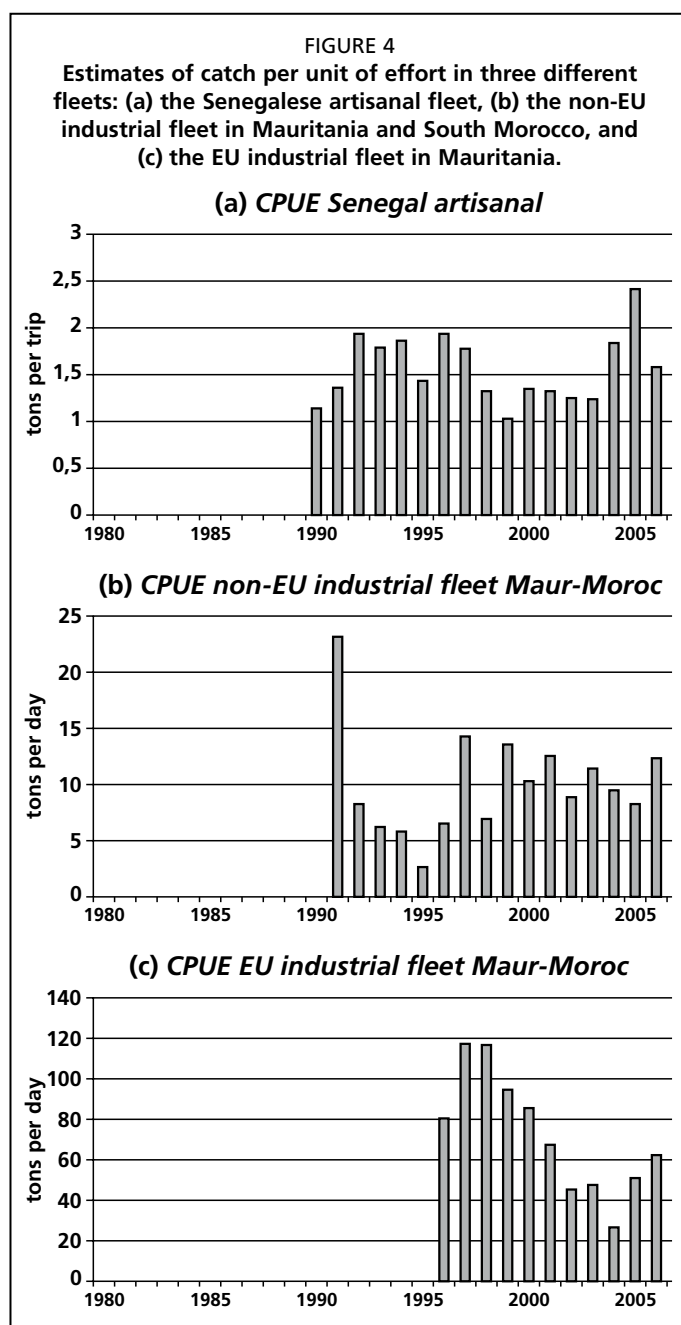
As described in the introduction, the stock of *S. aurita* in West Africa is exploited by different types of fleet. In this section we shall present effort estimates for each of the individual fisheries, and indices of catch per unit of effort (CPUE) derived from the catch and effort data.

Figure 3 presents estimates of fishing effort in the Senegalese artisanal fishery, the non-EU fishery in Mauritania/South Morocco, and the EU-fishery in Mauritania. The Senegalese effort refers to the canoe fishery that targets both *S. aurita* and *S. maderensis*. The non-EU effort in Mauritania and South Morocco is directed at small pelagics in general. For this fleet, the main target is horse mackerel, and sardinella is a secondary species. For the EU-fleet in Mauritania, *S. aurita* is the main species. However, this fleet may also shift to other species, particularly *Sardina pilchardus*, during some months of the year.

The Senegalese fishery (Figure 3, top) shows an effort with a slightly increasing trend. The canoes are restricted to Senegalese waters (and the southern part of Mauritania), and they supply the local market in Senegal and neighbouring countries. Their fishing effort, therefore, will not change drastically from one year to another.

The situation is different for the industrial fishery in Mauritania/South Morocco (Figure 3, middle and bottom). Here we see strong variations in effort in both the East-European fleet and in the EU fleet. These fleets are not restricted to the West African region, but they may shift their effort to very different parts of the world. As an example, EU vessels in 2006 and 2007 moved from Mauritania to the South Pacific because of declining catch rates and higher license fees in





Mauritania (pers. comm. Dutch ship owners).

The estimates of fishing effort in the industrial fleets in Mauritania and South Morocco are given in numbers of fishing days. However, the vessels are not always targeting sardinella, so it is not clear what proportion of their total effort is directed at sardinella. In the case of the East European trawlers, the calculated catch per day of sardinella is 3–14 t/day (see below). It is obvious that sardinella is not the main target of this fleet, because the large trawlers could not work economically with such low catches of a low-valued species. In practice, the vessels normally target horse mackerel, and they take sardinella only as a bycatch. Therefore, the total number of East European fishing days (Figure 3, middle) must be a gross overestimate of the effort directed at sardinella by this fleet.

The situation is slightly better for the EU-fleet in Mauritania that is indeed targeting sardinella for most of the year (Figure 3, bottom). However, also these vessels may target other species when sardinella becomes scarce. In 2003–2006, the vessels remaining in Mauritania during winter time were targeting sardine (*Sardina pilchardus*) instead of sardinella.

By dividing the catch figures in Figure 2 by the effort figures in Figure 3, we obtain estimates of catches per unit of effort (CPUE) presented in Figure 4. It is seen that the CPUE in the Senegalese artisanal fishery was high in 1992–1997

and then declined during 1998–2003, to increase again in 2004–2005

In the non-EU industrial fleet in Mauritania and South Morocco, the CPUE was low from 1992–1996, and increased to a level around 10 t/day. Finally the EU industrial fleet in Mauritania showed a very high CPUE just after the start of the fishery in 1997–1998, followed by a steep decline in subsequent years. Only in the last two years (2005–2006) the CPUE showed some recovery.

3.3 Changes in length composition of *S. aurita* catches in the years 1996–2007

If they are representative of the underlying stock structure, the length frequency distributions of catches provide an indication of the demography (growth, mortality and recruitment) of the stock. Assuming growth and natural mortality as invariable from year to year, these distributions are affected by recruitment (e.g. related to upwelling strength) and fishing mortality (related to fishing effort). If recruitment or fishing mortality increase, the average age (and size) of the fish in the population

is expected to decrease. If the fishery is an unbiased sampler of the population, the study of length distributions in the catch may shed some light on the state of exploitation of a stock.

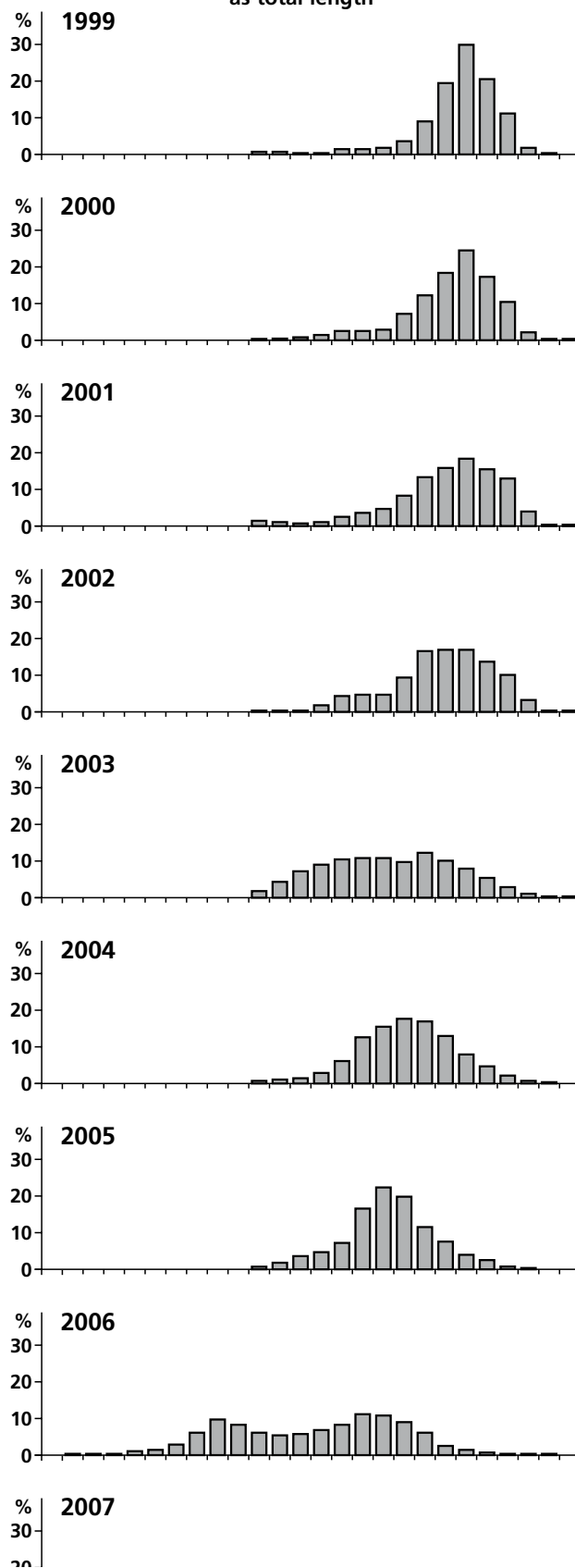
Length distributions of catches of *S. aurita* taken by EU trawlers in Mauritania are presented in Figure 5. The graphs presented are annual averages for each of the years 1999–2007. All measurements are presented as total length.

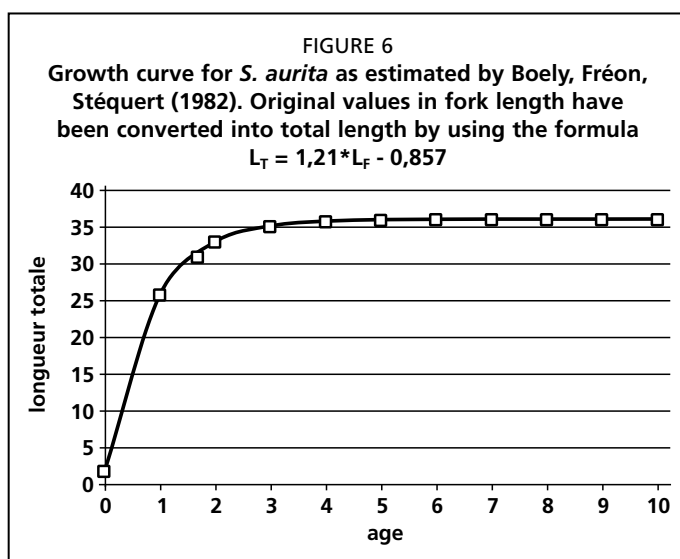
It is seen that during the first two years of observations (1999–2000), catches had a unimodal length distribution around 35 cm. In 2001–2002, small modes appear at lower size classes, but the bulk of the catch still consists of large fish with a modal length of 35 cm (34 cm in 2002). The situation changes from 2003 onwards. Fish of 35 cm or more become scarcer, and the catches have a modal length between 30 and 32 cm. It is clear that a major change has taken place in the population, and that the fishery is now harvesting a different size group than in the preceding two years of the fishery.

3.4 A tentative split of length distributions into age groups

In order to convert length distributions into age groups, we need information on the length/age relationship of the fish. Ideally, this information should be derived from direct age measurements of samples of fish. However, the results of age determination on the basis of hard structures (otoliths, scales, etc.) in *S. aurita* so far have not yielded reliable age/length keys. The reason is that the fish grow more or less continuously throughout the year, which reduces the chances of finding clear annual marks on the otoliths. To circumvent this problem, a subgroup of the FAO Working Group on Small Pelagic Fish in West Africa in 2006 tried to estimate growth rate on the basis of monthly changes in length composition of the fish. The idea was to follow individual cohorts that clearly stood out from the rest of the population. The results

FIGURE 5
Length frequency distributions (in percentages) of *S. aurita* in catches of the EU-fleet in Mauritania. Length measured as total length





of this group are presented to this symposium by Sidina *et al.*

The analysis made by this group confirmed earlier findings by Boely *et al.* (1982) that the growth rate of *S. aurita* is very fast during the first two years of life. In the third year the growth slows down, and after four years the annual increments in length are very small (Figure 6). On the basis of this growth curve, the following estimates are made for the length of different age groups during the fishing season (assuming the fish are born in July–August):

Age in years	Total length in cm	Range of length in catch
1	26	10–28
2	33	29–33
3+	35	>33

If we apply these criteria to the length data in Figure 5, we can tentatively split the length distributions into age groups 1, 2 and 3+. The results of this exercise are presented in Figure 7.

Assuming that the length/age relationship for the fish is correct, this figure shows an interesting development of the age composition of the catch in the past nine years. It appears that the catches during the first years (1999–2002) consisted largely of fish of three years and older. In 2003 the two years-old became predominant in the catch, and this situation continued in subsequent years. In the last two years (2006–2007), we even see an increasing contribution of one-year olds.

Figure 8 presents the same information in a different way. This picture clearly brings out the continuous decline of the age group 3+ in the catches. During the last two years, one-year old fish make a significant and very unusual contribution to the catch. This could either indicate a further depletion of the stock, or the appearance of a new strong year-class.

A similar split of length distributions into three age groups has been performed with length distribution of *S. aurita* in the artisanal fishery in Senegal. The results of this analysis (Figure 9) show that the fish in this area are generally smaller than those in Mauritania. The bulk of the catch consists of 1–2 year-old fish, which is in conformity with the findings of Boely *et al.* (1982). It is not possible to detect a long-term decline in average size in these catches, similar to the one in Mauritania. This is probably due to the fact that the artisanal fleet in Senegal mainly targets the recruiting year-class, and that the older fish do not contribute much to the catch. Therefore, the disappearance of 3+ fish from the catches which was observed in the EU catches in Mauritania is not seen in the length distributions of the artisanal catch in Senegal.

4. DISCUSSION

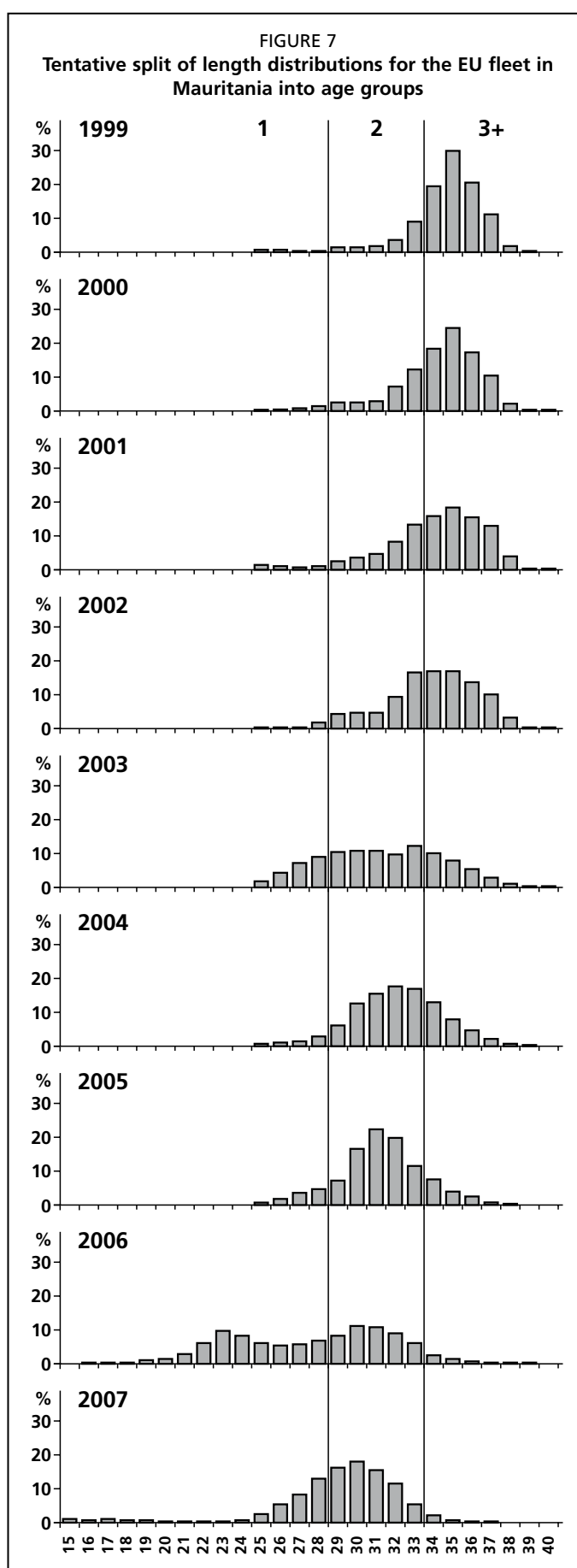
4.1 Changes in catch per unit of effort as an indication of changes in stock size

The CPUE data presented in Figure 4 show different patterns for the various fisheries. The reason for this may be that the fisheries target different species, or different age groups of *S. aurita*.

In Senegal, adult *S. aurita* occurs only from January to April (Boely *et al.*, 1982). The rest of the year, the artisanal fleet takes mainly juveniles and first time spawners (see also Figure 9). Therefore, CPUE values for the Senegalese artisanal fishery probably reflect recruitment to the population, rather than the adult stock size. If this is true, the stock has shown two periods of high recruitment (1992–1997 and 2004–2006), separated by a period of low and close to constant recruitment in 1998–2003.

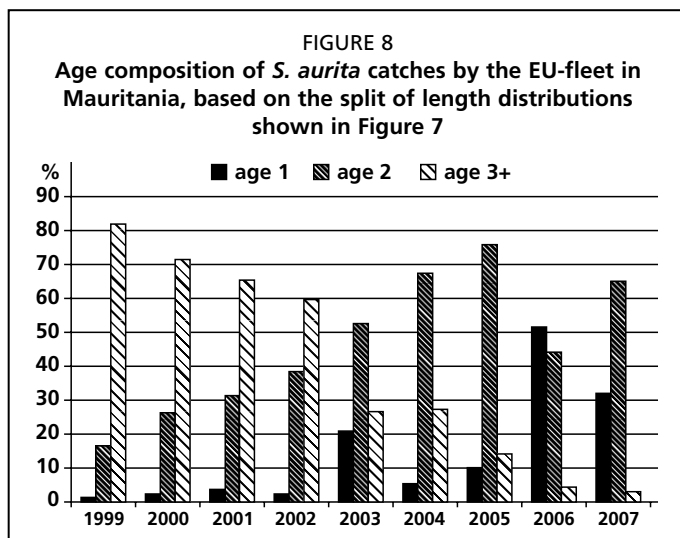
For the industrial fishery in Mauritania and Southern Morocco, the CPUE index for the EU fleet in Mauritania probably best reflects the changes in adult stock size. This fleet is targeting sardinella (mainly *S. aurita*) for most of the year. The CPUE in this fishery shows high values in the initial years of the fishery (1996–2000). This could be an effect of the high recruitment in Senegal in 1992–1997. From 2001 to 2004 the CPUE gradually declines, presumably as a result of high fishing pressure on the stock during a period of constant and low recruitment. In the last two years of the series (2005–2006), the declining trend of CPUE is reversed. This could be an effect of the strong recruitment in Senegal from 2004 to 2006.

The pattern for the non-EU fleet in Mauritania and Morocco is less clear. This is probably due to the fact that the primary target species for this fleet is horse mackerel. Sardinella is taken mostly as a bycatch in this fishery. The CPUE for sardinella, therefore, is influenced not only by the stock size of this species, but also by the abundance of horse mackerel, and the price of sardinella relative to that of horse mackerel. However, also the CPUE in this fishery shows a negative trend over the period 1999–2005 and a slight recovery in 2007. There is some correspondence, therefore, between the two series.



4.2 Changes in length composition of the catches

Figure 5 shows that the length composition of the catches taken by the EU fleet in Mauritania has changed significantly over the years. Whereas in the first years, large fish around 35 cm dominated the catches. These fish disappeared in later years and



were replaced by fish with a modal length of 30–32 cm. There are two main interpretations of the observed changes in length distribution: (a) the larger fish were removed from the population by the fishery, which left only the youngest year-classes in the stock or (b) there was an increase in absolute numbers of juveniles due to a strong recruitment, which caused young fish to dominate the population in later years. Each of these two hypotheses may be tested by looking at the changes in stock size over the years concerned. In case (a) there should be a reduction in stock abundance, whereas in case (b) total abundance should have increased.

In the previous section, it was pointed out that CPUE data for the EU fleet in Mauritania probably best reflect the abundance of *S. aurita* in this area. These CPUE data, presented in Figure 4 (bottom), show a steady decline of CPUE over the period 1998–2004, indicating a considerable reduction in stock size over this period. Considering that during the same period the level of recruitment (as reflected by the Senegalese CPUE) was constant, this supports the hypothesis that the reduction in mean length in the adult population during this period is due to the removal of the larger fish from the population, mainly by the EU fleet.

In the last two years of the series (2006–2007), the trend towards smaller fish seems to continue, with the unusual presence of even one year-old fish in the catches, apparently confirming the improved recruitment shown in the Senegalese data. The CPUE index for the EU fishery in Mauritania (Figure 4, bottom) shows an increase in 2005–2006, also supporting the hypothesis of improved recruitment.

4.3 Effects of the industrial fishery on the sardinella stock

The decrease in mean length of *S. aurita* caught in Mauritania, coupled with a decrease in CPUE in the EU fishery, clearly indicates a decline of the older component of the stock over the period 1999–2006 during a period of apparently low but stable recruitment. Catches by the industrial fleet in Mauritania and Morocco during this period were higher than in previous years (Figure 2). In the same period, a fleet of highly efficient EU trawlers started a directed fishery for sardinella in Mauritania. Combining all this information leads to the conclusion that the decline of the adult population was due mainly if not only to the increased effort in the industrial fleets in Mauritania. If the assumptions about the growth rate of the fish are correct, fish of three years and older now only constitute a minor percentage of the total population. The elimination of fish older than three years is a clear signal of strong and increasing fishing pressure. The fact that, during the period, the abundance of the stock (reflected by the cpue) decreased by about 50 percent (Figure 4, bottom) despite stable recruitment is a strong indication of overexploitation of the stock.

The decline in the stock is seen clearly in Mauritania, but not (yet) in Senegal (Figure 4, top). This is probably due to the fact that Mauritania and southern Morocco constitute during most of the year the main distribution area for the older

(adult) stock component targeted at by the industrial fishery. In contrast, the Senegalese artisanal fishery has always been directed more at the incoming year-class (Figure 9).

The analysis presented here is of a qualitative nature, and it does not allow the calculation of the precise amount of excess fishing effort. However, it is obvious that fishing effort has to be reduced considerably below the 1998–2006 level in order to rebuild the older component of the stock.

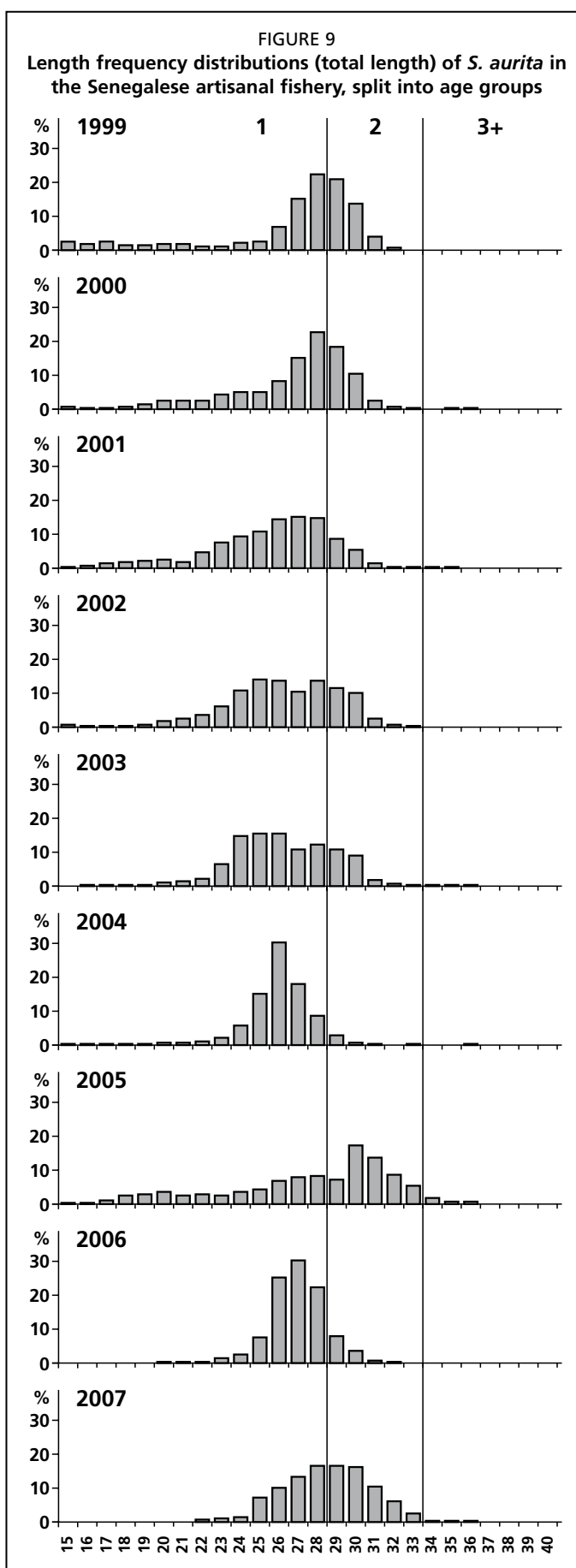
4.4 Need for conservation measures

The possible overexploitation of *S. aurita* clearly calls for precautionary conservation measures directed specifically at this species. The most effective measure would be a catch limitation through a system of international total allowable catches (TACs) and national quotas.

An additional conservation measure, already in place in Mauritania, is the closure of the coastal zone for pelagic trawlers. Although *S. aurita* may be found in offshore waters during part of the year, the fish have a tendency to move towards the coast during the second part of the year (Zeeberg *et al.*, 2007). Therefore, the existing fishing limit for pelagic trawlers in Mauritania (50 miles in the northern area and 12–13 miles in the central and southern areas) already presents a significant protection for the stock in the second part of the year.

4.5 Effect of overexploitation on the artisanal fishery in Senegal

So far, the artisanal fishery in Senegal does not seem to be affected to the same extent as the industrial fishery in Mauritania. Catches per unit of effort in the Senegalese fleet have remained at a relative stable level, and even increased in recent years. As described in section 4.3, the Senegalese fishery exploits mainly the recruiting year-classes of 1–2 year olds, before these



fish have entered the industrial fisheries in Mauritania and Morocco. As long as the spawning potential of the population remains large enough to provide average recruitment, the Senegalese fishery will not be affected by the disappearance of the older stock component. But the risk exists, that this fishery on immature fish and first spawners, which significantly impacts the recruitment to the Mauritania–Morocco stock of reproducing adults, may create the conditions for collapse in case of poor environmental conditions (as was the case for the Ghanaian sardinella in the early 1970s).

4.6 Environmental effects upon recruitment

Oviously the fishery is not the only factor that influences the stock of *S. aurita* in Mauritania. The multi-annual variations in recruitment, seen in the Senegalese fishery, are not due to variations in adult stock size. For example, recruitment was low in the years 1998–2003 when the stock was high, and it increased in 2004–2006 when the stock was low. These variations in recruitment must be related to multi-annual variations in the environment (Zeeberg *et al.*, 2007). It is outside the scope of this paper to investigate the precise environmental cause of the multi-annual recruitment variations. From a management point of view, it is important to realize that these multi-annual variations exist. This means that the stock should not be exploited at the maximum possible level, but that a buffer stock should be maintained to bridge periods of low recruitment.

The existence of multi-annual variations in recruitment also has consequences for the assessment methods used by the FAO working Group for small pelagics (FAO, 2006, 2007). So far, this group has used production models to assess the state of the stock. The inherent weakness of these models is that they assume constant recruitment. The models will not be capable, therefore, to correctly simulate the changes in the stock that are the result of recruitment variations. The only solution of this problem will be to use assessment methods that somehow incorporate information on annual changes in recruitment.

5. REFERENCES

- Boely, T. & Fréon, P. 1979. Les ressources pélagiques côtières. In J.P. Troadec & S. Garcia, eds. *Les ressources halieutiques de l'Atlantique Centre-Est. Première partie: Les ressources du golfe de Guinée, de l'Angola à la Mauritanie*. FAO Technical Document 186, 167 pp.
- Boely, T., Fréon, P. & Stéquert, B. 1982. La croissance de *Sardinella aurita* (Valenciennes 1847) au Sénégal. *Océanographie tropicale* 17 (2): 103–119.
- Boely, T., Chabanne, J., Fréon, P. & Stéquert, B. 1982. Cycle sexuel et migrations de *Sardinella aurita* sur le plateau continental ouest-africain, des Iles Bissagos à la Mauritanie. Rapports et Procès-Verbaux des Reunions CIEM/ICES, 180: 350–355.
- FAO. 2006. *Report of the FAO Working Group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa*. Banjul, Gambia, 2–11 May 2006. FAO Fisheries Report 811, 192 pp.
- FAO. 2007. *Report of the FAO Working Group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa*. Agadir, Morocco, 17–26 April 2007. FAO Fisheries Report 849, 238 pp.
- Garcia, S. 1982. *Distribution, migration and spawning of the main fish resources in the northern CECAF area*. FAO, CECAF/ECAF Series 82/25 (En.), 9 pp, 11 charts.

-
- Hofstede, R. ter & Dickey-Collas, M. 2006. *An investigation of seasonal and annual catches and discards of the Dutch pelagic freezer-trawlers in Mauritania, Northwest Africa Fisheries*. Research 77. pp. 184-191.
- Schmidt, W. 1972. *Results of the UNDP (SF)/FAO Regional Fisheries Survey in West Africa. Report No. 1. Deep-scattering Sardinella aurita off Mauritania*. Marine Biology 16, 19-26.
- Zeeberg, J.J., Corten, A., Tjoe-Awie, P., Coca, J. & Hamady, B. 2007. Climate modulates the effects of *Sardinella aurita* fisheries off Northwest Africa. *Fisheries Research*, 89(1) : 65-75. doi:10.1016/j.fisheries.2007.08.020.

État des lieux sur les petits pélagiques dans les eaux maritimes du Gabon: cas des sardinelles

Status report of small pelagics in Gabon's waters: case of sardinellas
(French only/En français seulement)

Goussilou, Jean-Gabriel¹, Ogandagas, Carole² et Shummer, Micheline³

¹ Direction générale des pêches et de l'aquaculture, BP 9498, Libreville, Gabon
<jg.goussilou@yahoo.fr>

² <carole.ogans@netcourrier.com>

³ <schumishe@yahoo.fr>

Goussilou, J.G., Ogandagas, C. et Schummer, M. 2011. État des lieux sur les petits pélagiques dans les eaux maritimes du Gabon: cas des sardinelles. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

Le domaine aquatique du Gabon comprend des eaux maritimes, des eaux continentales et un vaste ensemble d'estuaires, de lagunes côtières et de mangroves. La longueur de la côte gabonaise est de 800 km avec un plateau continental de 40 600 km² et une zone économique exclusive (ZEE) estimée à 213 000 km².

Plusieurs campagnes d'évaluation des stocks ont été effectuées avec une fréquence relativement régulière depuis l'année 1985. Les dernières campagnes en date sont celles de 2004, 2005, 2006 et 2007 réalisées grâce aux projets Nansen, Grand écosystème marin du courant de Benguela (BCLME) et grand écosystème marin du courant de Guinée (GCLME). Les observations recueillies sur les sardinelles dont le caractère migratoire est connu, indiquent que le Gabon constitue une zone de ponte pour le stock partagé avec les États voisins du Congo, de la République démocratique du Congo et l'Angola. Les productions nationales indiquent que la sardinelle est une ressource relativement peu exploitée au Gabon.

Le but de ce travail est d'examiner les éléments scientifiques disponibles concernant la ressource qui seraient pertinents dans le cadre d'une cogestion des stocks de sardinelles dans la sous-région.

Mots clés: sardinelles, évaluation des stocks, stocks partagés, structures de taille

ABSTRACT

The aquatic domain of Gabon includes marine and inland waters as well as many estuaries, coastal lagoons and mangroves. The length of the Gabonese coast is 800 m with a continental shelf of 40 600 km² and exclusive economic zone (EEZ) estimated at 213 000 km².

Several surveys have been carried out since 1985 at more or less regular intervals. The most recent surveys date from 2004, 2005, 2006 and 2007 and were carried out through the assistance of several projects including the Nansen, Benguela Current LME (BCLME) and Guinea Current LME (GCLME) projects. The information available on sardinella, the migratory behaviour of which is well known, indicates that Gabon constitutes a spawning area for a stock which is shared with the neighboring states of Congo, the Democratic Republic of Congo and Angola. The national production data indicate that sardinella is only slightly exploited in Gabon.

The aim of this work is to review the scientific elements available, concerning the resource that would be relevant in the context of shared stock management of sardinellas in the subregion.

Keywords: sardinellas, stock assessment, shared stocks, size structures

1. INTRODUCTION

Dans la perspective d'une gestion des stocks partagés de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) entre le Gabon, les deux Congos et l'Angola, une réflexion commune entre les États concernés permettrait de déceler les éléments importants pour l'orientation d'une telle cogestion. C'est dans ce sens que ce document présente un état succinct des connaissances concernant les petits pélagiques des eaux gabonaises, en particulier le stock des sardinelles.

L'objectif principal poursuivi est de mettre en exergue, la répartition spatiale et temporelle de ce stock dans les eaux gabonaises, tout en prenant en compte certains paramètres océanographiques du milieu et des techniques d'exploitation. Ces éléments seront utiles pour définir les différentes stratégies qui pourraient permettre aux États concernés de mieux gérer, ensemble, le stock partagé des sardinelles.

Dans les sections suivantes, nous décrirons les caractéristiques pertinentes du domaine maritime gabonais, l'abondance des ressources, leur biologie et leur répartition géographique et leur exploitation avant de conclure sur quelques aspects concernant la gestion partagée de ces ressources.

2. CARACTÉRISTIQUES DU DOMAINE MARITIME GABONAIS

2.1 Extension

Le Gabon possède un important domaine aquatique, composé des eaux maritimes, des eaux continentales et un vaste ensemble d'estuaires, lagunes côtières et de mangroves. La façade maritime d'environ 800 km avec un plateau continental de l'ordre de 40 600 km², inclus dans une zone économique exclusive (ZEE) de plus de 213 000 km². Le plateau continental gabonais est divisé en deux parties: (i) au nord du Cap Lopez, avec un plateau relativement étroit, d'une largeur moyenne de 25 milles nautiques; (ii) au sud du Cap Lopez, où le plateau s'élargit, et atteint 40 milles nautiques de large.

2.2 Productivité

La productivité des eaux marines gabonaises est assez forte au sud du Cap Lopez qui marque la limite des eaux froides et riches provenant du système du Benguela, où

abondent les petits pélagiques et celles, plus chaudes, du Golfe de Guinée, favorables à la pêche des grands pélagiques (thonidés). Selon le projet *Sea around us*, en 2005, la productivité primaire des eaux marines gabonaises est de l'ordre de $1704 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$.

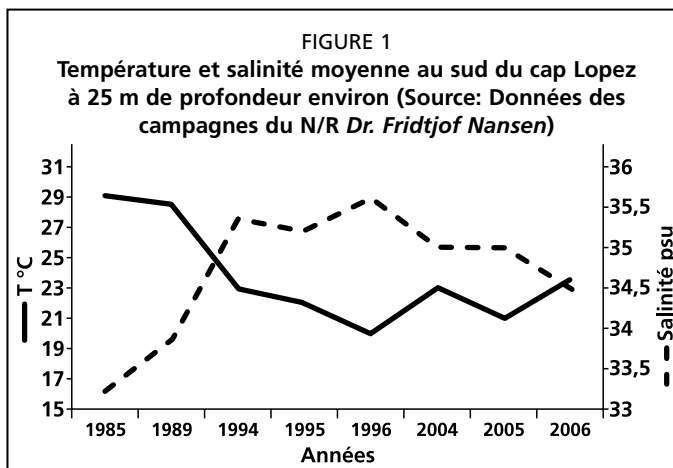
La productivité des eaux chaudes tropicales est généralement faible, mais leurs grandes lagunes et estuaires (embouchures) sont d'importantes zones riches où se concentrent les poissons en migration pour la reproduction. La productivité des eaux intérieures n'a pas encore été très bien étudiée, mais la remontée des eaux marines dans tout le bassin inférieur de l'Ogooué favorise une forte biodiversité.

2.3 Masses d'eau et hydroclimat

On distingue dans la région du Gabon deux masses d'eaux superficielles dont les caractères sont opposés: (i) les eaux du nord du cap Lopez, composées essentiellement des eaux guinéennes stables, chaudes ($24-27^\circ\text{C}$), peu salées (à cause des apports fluviaux) et peu productives et, accessoirement, des eaux tropicales chaudes et salées; et (ii) les eaux du sud du cap Lopez ou eaux benguéléennes, froides, salées et productives, amenées par le courant de Benguela et affectées par de fortes variations saisonnières.

Ces deux catégories d'eaux superficielles sont généralement séparées par une zone frontale thermique, au niveau du Cap Lopez, dont la position varie selon l'alternance des saisons. Les températures et salinités moyennes varient selon les années (figure 1).

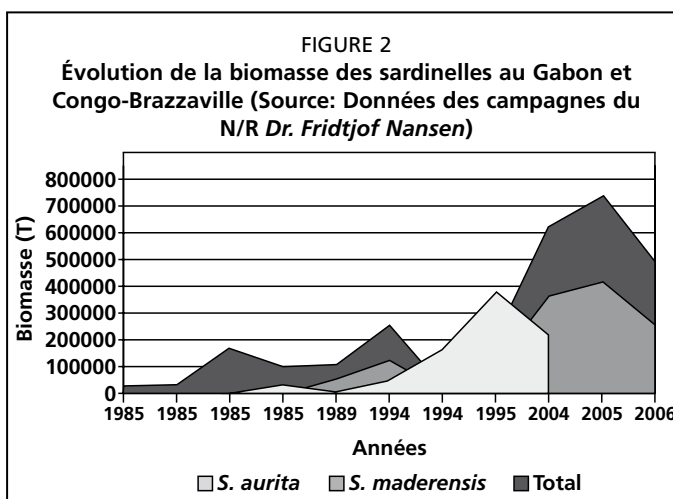
C'est au sud du cap Lopez que se manifeste de manière saisonnière entre juin et octobre le phénomène d'upwelling, remontée d'eaux froides chargées en sels minéraux. Ce phénomène est à l'origine de la prolifération passagère de poissons pélagiques dont les plus importants sont les sardinelles, et plus au large, les thonidés, ainsi que de la migration des poissons démersaux des eaux profondes et froides en direction de la côte.



3. ABONDANCE DES RESSOURCES

Dans le cadre des évaluations acoustiques des stocks des petits pélagiques dans les eaux gabonaises et congolaises, et même parfois jusqu'à Cabinda (Angola), les données des campagnes des évaluations de 1985 à 2006 sont des références encore actuelles, qui permettent de faire l'état de connaissances concernant l'abondance des sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*).

La figure 2 montre que l'abondance des sardinelles au Gabon et au Congo-Brazzaville varie de façon considérable d'une année à une autre. Mais aussi au cours d'une même année. Par exemple l'année 1985, les eaux gabonaises et congolaises ont été explorées trois fois. Ceci peut s'expliquer par des différences dans l'extension des migrations des espèces (à l'intérieur de leur grande zone de distribution) liées probablement aux fluctuations de l'environnement marin.



4. BIOLOGIE ET RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

4.1 Les larves

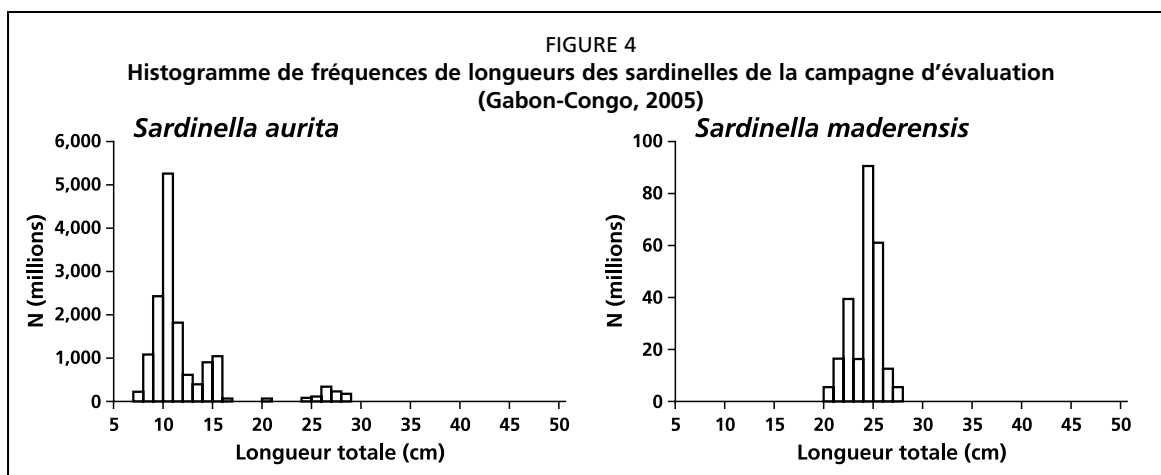
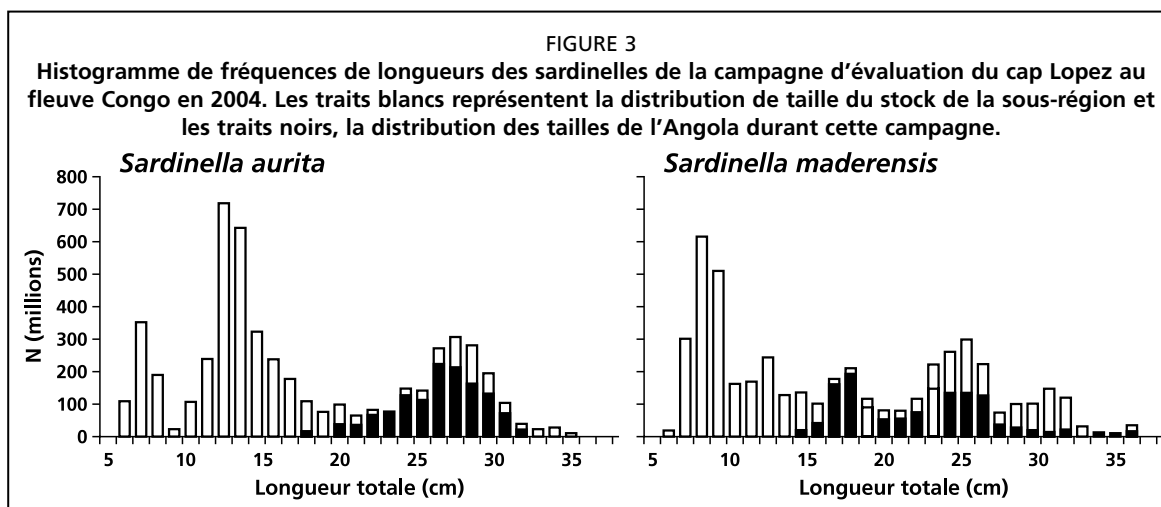
En ce qui concerne *Sardinella aurita*, les résultats diffèrent selon la région considérée Maloueki (1997, in Cochrane and Tandstad, 2000). De Cabinda à Mayumba, les larves sont abondantes pendant la saison sèche fraîche. Elles se raréfient en petite saison chaude et sont à peu près absentes pendant la grande saison chaude. Ces observations sont conformes, aux résultats obtenus à l'issue des examens des gonades par Gheno et Fontana (1981). De Mayumba au Cap Lopez (dans la zone de divergence), les larves sont présentes à peu près toute l'année, quoique nettement plus abondantes pendant la grande saison sèche fraîche. Du Cap Lopez à Libreville, les larves sont en quantités abondantes pendant la saison froide.

La répartition de *Sardinella maderensis*, est assez régulière dans toute la région étudiée (estuaire du Gabon-Cabinda) quelque soit la saison.

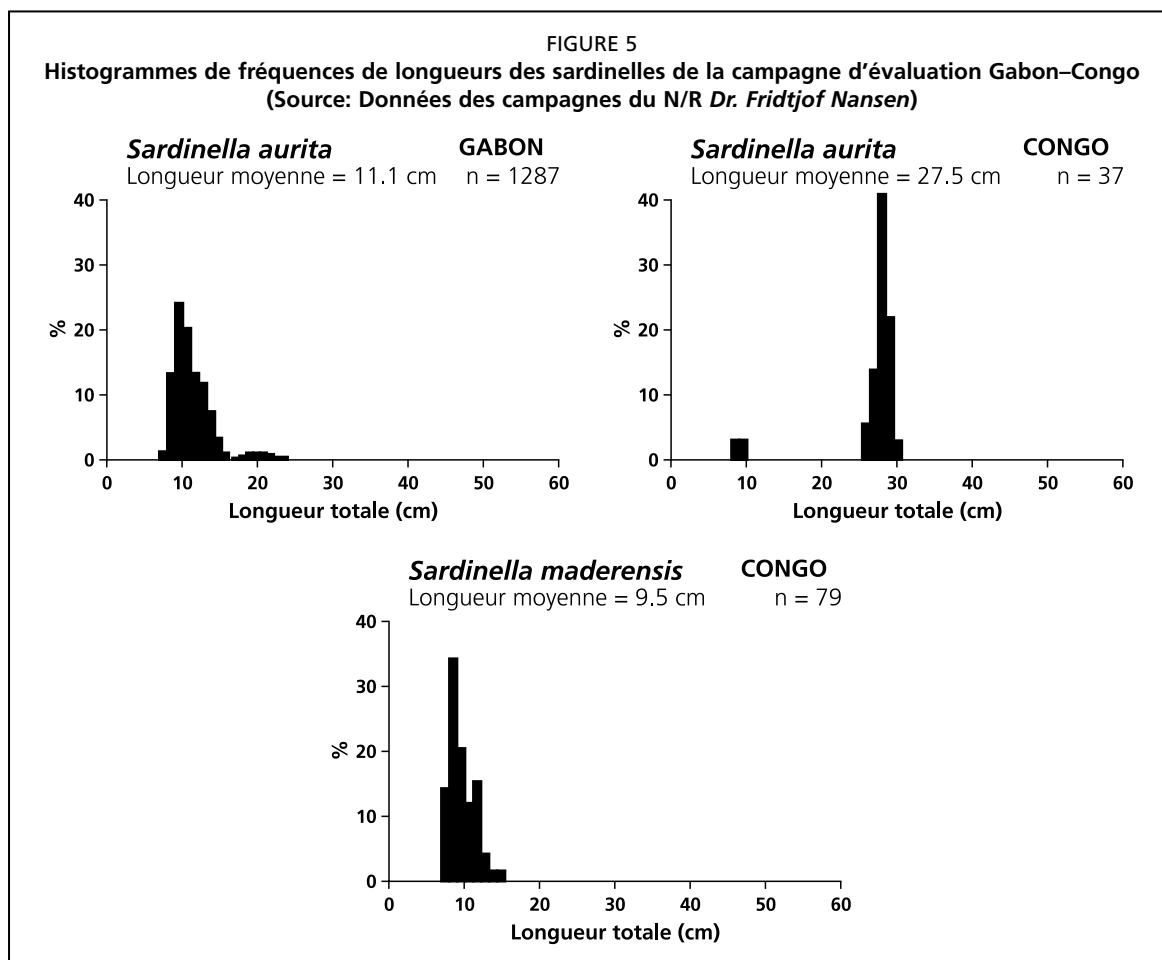
4.2 Les fréquences de tailles

Chez *Sardinella aurita*, les individus de 10 à 15 cm occupent la région située entre l'embouchure de la Nyanga et le cap Lopez (sud Gabon). Ceux de 15 à 20 cm, se trouvent surtout de Mayumba à l'embouchure du fleuve Congo et au nord de l'Angola.

En revanche, chez *Sardinella maderensis*, les juvéniles mesurant jusqu'à 10-15 cm, sont dispersés tout le long de la côte de la Baie-Farta jusqu'à Mayumba. A partir de 15 cm, taille à laquelle commence le développement des gonades, les poissons se regroupent au nord de l'embouchure du Congo jusqu'à Nyanga où ils restent jusqu'à



la taille de 20 cm environ qui correspond approximativement à la première ponte. Cette fraction de la population occupe la bande comprise entre les isobathes 10 et 35 m. Les migrations horizontales le long de la côte sont vraisemblablement très restreintes, l'aire de distribution étant comprise entre les parallèles 2° et 6° [Gheno et Fontana (1981) in Roy *et al.* (1989)].



4.3 Répartition géographique et migration

La *Sardinella aurita* occupe la zone s'étendant du sud du cap Lopez (Gabon) à l'Angola où réside le stock communément appelé «stock Gabon-Congo-Angola». Cette espèce vit sur le plateau continental, préférant les eaux froides (18 à 25°C) et une salinité d'environ 35 psu (Camarena-Luhers, 1986; Fréon, 1988). Formant des bancs de surface pendant la période d'upwelling, elle peut se retirer en dessous de la thermocline en saison chaude jusqu'à des profondeurs de 200 à 300 m (Fisher *et al.*, 1981).

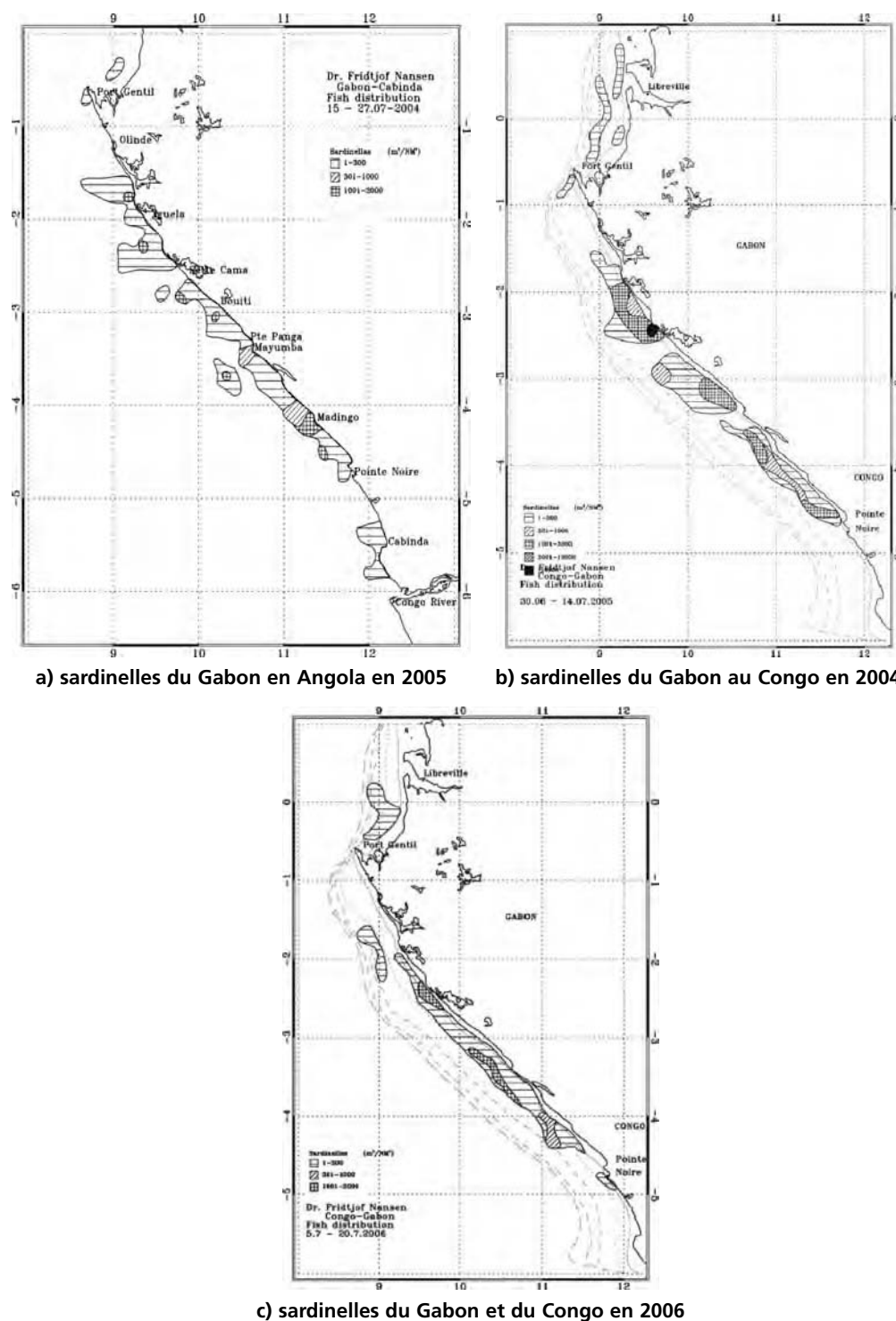
La *Sardinella maderensis* se rencontre sans interruption de la Mauritanie jusqu'à Luanda (Angola). Espèce euryhaline, elle vit sur le plateau continental en zone côtière, de préférence dans les eaux de température supérieures à 25°C (Holzlohner et Kloxin, 1982; Fisher, Bianchi & Scott, 1981).

Il est à noter que les stocks des sardinelles de la sous-région sont centrés sur le nord de l'Angola. Ils effectuent des migrations dans les eaux angolaises, congolaises et sud-gabonaises.

5. EXPLOITATION DES SARDINELLES

L'exploitation dirigée des sardinelles dans les eaux gabonaises est essentiellement une activité artisanale. L'engin utilisé par les artisans est le filet maillant mesurant souvent près de 500 m de longueur avec une chute de 8 m et des mailles de 25-30 mm (pour

FIGURE 6
Distribution et abondance des densités acoustiques des sardinelles de 2004 à 2006
(Source: Données des campagnes du N/R Dr. Fridtjof Nansen)



les sardinelles) et 30-40 mm (pour les ethmaloses). Ces filets sont utilisés avec des pirogues de 8 personnes, équipées de 2 moteurs hors-bords de 40 cv. Il n'existe aucun navire sardinier au Gabon ciblant ces espèces et la pêche industrielle n'en capture qu'accidentellement, au chalut de fond. Le tableau 1 représente les principales zones où les sardinelles sont capturées au Gabon.

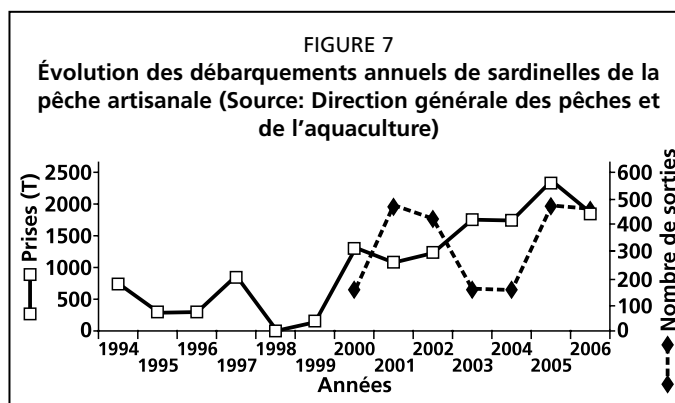
TABLEAU 1
Zones et engins de pêche (artisanale et industrielle)

Pêcheries	Zones	Engins
Pêche artisanale	Ogooué maritime Nyanga	Filets maillants
Pêche industrielle	À partir du sud Cap Lopez	Chaluts de fond

Source: Direction générale des pêches et de l'aquaculture.

5.1 Les captures et efforts de la pêche artisanale des sardinelles

La figure 7 montre l'évolution des tonnages de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) au niveau des strates majeures Ogooué Maritime et Nyanga. La strate majeure de la Nyanga (Mayumba et Ndindi) débarque presque 98 pour cent de la production totale des sardinelles et la *Sardinella maderensis* domine avec près 80 pour cent des débarquements en pêche artisanale.



5.2 Les captures des sardinelles par la pêche industrielle

Les poissons démersaux ainsi que les crevettes côtières et profondes sont les espèces ciblées par la pêche industrielle au chalut de fond. Les sardinelles capturées par cette pêche sont des prises accidentelles. De 1995 à 2006, les débarquements ont évolué autour de 20 tonnes par an.

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les campagnes de prospection acoustiques ont apporté des informations sur la distribution globale de la ressource et la distribution des œufs et larves de sardinelles ainsi que celle des tailles permettent de penser que les sardinelles trouvées entre l'Angola et le Gabon font partie d'un même stock qui devrait être géré en communs par les pays riverains qui en ont la responsabilité.

Les données concernant les différents débarquements montrent que l'exploitation des sardinelles est encore faible dans les eaux gabonaises, et limitée à la pêche artisanale. Si, cependant, le Gabon décidait un jour de développer également une pêche industrielle, il serait d'autant plus important d'avoir un mécanisme de gestion concertée.

Ainsi, dans l'optique de mettre en place une politique de gestion concertée de cette pêcherie, il serait important de maîtriser certains paramètres comme la distribution relative du stock ainsi que les variations saisonnières de distribution et de capturabilité entre les différentes ZEEs, les taux de mortalités par pêche appliqués par chaque pays, et un suivi (commun) des fluctuations naturelles du stock pour ajuster la pêche à ces variations.

La collaboration des instituts en charge de la recherche marine et des Administrations des pêches des États membres serait essentielle pour prendre en compte des données scientifiques dans les politiques de gestion coordonnées des pêcheries des sardinelles.

Une recherche halieutique en vue d'une gestion rationnelle de ces stocks devrait entreprendre les actions suivantes:

- Maintenir les programmes d'évaluations des stocks des petits pélagiques, afin d'avoir une bonne perception de leur suivi. Renforcement des capacités des structures scientifiques nationales, en améliorant la coordination entre les établissements de recherches et mise en place à long terme une structure scientifique régionale.

- Regroupement des données physico-chimiques et biologiques existantes dans chaque pays partageant le stock des sardinelles, et traitement de celles-ci en vue de déterminer les éventuels risques graves ou irréversible dudit stock.
- Élaboration de stratégies de gestion permettant de prendre les décisions sur la base de l'approche écosystémique des pêches.
- Mise en place d'une gestion intégrée en assurant la prise en compte des intérêts économiques de la profession autant que des intérêts plus généraux de la société, y compris la conservation des stocks.
- Pour une gestion commune des pêches côtières, assurer l'utilisation des savoirs locaux et traditionnels dans chaque État.
- Formulation concertée des avis scientifiques, techniques et réglementaires entre les États exploitants le stock des sardinelles et instauration de politiques de développement et de stratégies de gestion communes pour une pêche durable et responsable des pélagiques (sardinelles), par exemple dans le cadre stratégique du Comité sous-régional des pêches (COREP).

7. RÉFÉRENCES

- Barry-Gérard, M., Diouf, T. & Fonteneau, A. 1994. *L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise*, ORSTOM: 423 pp.
- Camérana-Lhurs, T. 1986. *Les principales espèces de poissons pélagiques au Sénégal: biologie et évaluation des ressources*. Thèse de 3ème cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest.
- Cochrane, K.L. & Tandstad, M. 2000. *Report of the workshop on the small pelagic resources of Angola, Congo and Gabon*. FAO, Luanda, Angola du 3–7 nov. 1997: 54 pp.
- Fischer, W., Bianchi, G. & Scott, W.B. 1981. *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Atlantique centre-est; zones de pêche 34, 47*. FAO, Rome.
- Fréon, P. 1988, *Réponse et adaptation des stocks de clupeidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu, analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal*. Études et thèse ORSTOM, Paris.
- Roy, C., Cury, P., Fontana, A. & Belvèze, H. 1989. *Stratégie spatio-temporelle de la reproduction des clupeidés des zones d'upwelling d'Afrique de l'ouest*. Aquatic Living Resources, 2: 21-29 DOI: 10.1051/alr:1989003.
- Holzlohner, S. & Kloxin, G. 1982. *On the Species Composition and the Length/Age Structure of the Important Pelagic Fishes off Northwest Africa 1981*. International Council for the Exploration of the Sea. CM 1982/H:55: 26 pp.
- Krakstad, J.O., Alvheim, O., Olsen, M. & Isebor, C.E. 2006. *Survey of fish resources of the eastern Gulf of Guinea Nigeria, Cameroon, Sao Tome and Principe, Gabon*. Survey of the pelagic and demersal resources, 4 June–15 July 2005, IRM, Bergen: 171 pp.
- Krakstad, J.O., N'Kosi L., Isebor, C.E. & Lundsør, E. 2004. *BCLME Survey No. 2 2004 surveys of the pelagic fish resources of Congo, Gabon and Cabinda, Angola, 15 July–28 July 2004*. BCLME Sardinella Recruitment studies, IRM, Bergen: 30 pp.
- Touré, D., Diouf, P.S. & Gningue, I.D. 1997. *Module de formation pour les décideurs sur la planification et l'aménagement des ressources côtières*, CRODT, Sénégal: 127 pp.

Pêcheries des petits pélagiques côtiers en Guinée: évolution et défis pour une gestion durable des ressources

Coastal small pelagic fishery in Guinea: evolution and challenges
for sustainable resource management
(French only/En français seulement)

Amadou Bah¹ et Aboubacar Sidibé²

¹ Centre national des sciences halieutiques de Boussoura (CNSHB)
814, Rue MA 500, Corniche Sud Madina, Boussoura-Port. BP 3738/39 Conakry,
Guinée
<amadoucsta2003@yahoo.fr>

² Conseiller scientifique à la Commission Sous-régionale des pêches (CSRP)
Amitié 3, Villa 4430, BP 25485, Dakar, Sénégal
<asidibeguinee@yahoo.fr>

Bah, A. et Sidibé, A. 2011. Pêcheries des petits pélagiques côtiers en Guinée: évolution et défis pour une gestion durable des ressources. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

Les pêcheries des petits poissons pélagiques côtiers occupent 50 pour cent des activités halieutiques de la Guinée et assurent entre 60 et 75 pour cent des débarquements totaux de la pêche artisanale et industrielle (essentiellement étrangère). Un nombre important d'espèces est débarqué avec une dominance marquée des clupéidés, par 2-6 navires industriels affrétés et 3 500 barques opérant à partir de cinq Préfectures côtières. Pour des raisons diverses, les débarquements déclarés qui avaient fortement augmenté jusqu'en 1972 (aux environs de 150 000 tonnes) ont sensiblement diminué depuis (aux environs de 45 000 tonnes). Depuis 1995, Les captures déclarées par la pêche industrielle apparaissent stables, proches de 10 000 tonnes, pour une flottille oscillant autour de quatre navires. Celles de la pêche artisanale ont baissé de 60 pour cent environ depuis 2003 alors que la flotte artisanale a augmenté sensiblement (près de 40 pour cent) depuis 2000.

Mots clés: petits pélagiques côtiers, exploitation, Guinée, durabilité, mesures de gestion

ABSTRACT

The small pelagic fisheries of Guinea represent 50 percent of the fishery activities of the country and provide 60–75 percent of the total landings of the artisanal fisheries and (essentially foreign) industrial fisheries. A significant number of species – in which clupeids dominate – are landed by 2–6 industrial vessels and 3 500 canoes operating from five coastal prefectures. For various reasons, declared landings which had strongly increased until 1972 (up to about 150 000 tonnes) have significantly decreased (around 45 000 tonnes). Since 1995, the declared landings of the industrial fleet have been stable around 10 000 tonnes with a relatively stable fleet oscillating around four vessels. The artisanal fleet landings have decreased by about 60 percent since 2003 despite a significant increase of its size, of about 40 percent since 2000.

Keywords: small coastal pelagics, exploitation, Guinea, sustainability, management measures

1. INTRODUCTION

D'après les statistiques de la FAO, les petits pélagiques sont exploités en Guinée depuis les années 1950. Depuis, les petits pélagiques sont devenus une source vitale de protéines animales pour les populations, en particulier les plus défavorisées. Ils jouent un rôle économique important en rapportant des revenus substantiels à l'État, aux pêcheurs et un rôle social essentiel en fournissant des emplois, particulièrement aux jeunes.

Cet article présente des informations succinctes concernant: (i) les espèces exploitées dans la ZEE guinéenne; (ii) les bateaux et engins de pêche utilisés; et (iii) les captures effectuées, respectivement par la pêche industrielle et artisanale. Enfin, les mesures de gestion (essentiellement techniques) actuellement en vigueur sont indiquées.

2. DESCRIPTION DES PÊCHERIES

2.1 Origine des données

Les connaissances relatives aux deux pêcheries de petits pélagiques (artisanale et industrielle) opérant en Guinée proviennent des sources d'information suivantes: (i) les bulletins statistiques du Centre national des sciences halieutiques de Boussoua (CNSHB, 1995-2005); (ii) les statistiques de la FAO (1950-1999); et (iii) les campagnes de prospections scientifiques dans la ZEE guinéenne. Les bulletins statistiques ont été élaborés à partir d'un système d'enquêtes mis en place par le Centre national de surveillance et de protection des pêches (CNSP), avec des observateurs embarqués à bord des navires industriels. Les enquêtes sur les activités de la pêche artisanale ont été menées par l'observatoire des pêches du CNSHB qui a mis en place un système d'enquête dans 27 débarcadères du littoral guinéen.

2.2 Espèces exploitées

Les principales espèces de petits pélagiques exploitées sont de la famille des clupéidés (*Ethmalosa fimbriata*, *Sardinella maderensis* et *Sardinella aurita*) qui représentent en moyenne 80 pour cent des débarquements. De nombreuses autres espèces de petits pélagiques sont exploitées dans la ZEE guinéenne. La pêche artisanale exploite également *Ethmalosa fimbriata*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Caranx crysos*, *Caranx hippos*, *Caranx senegalus*, *Liza falcipinus*, *Liza granisquamis* et *Ilisha africana*.

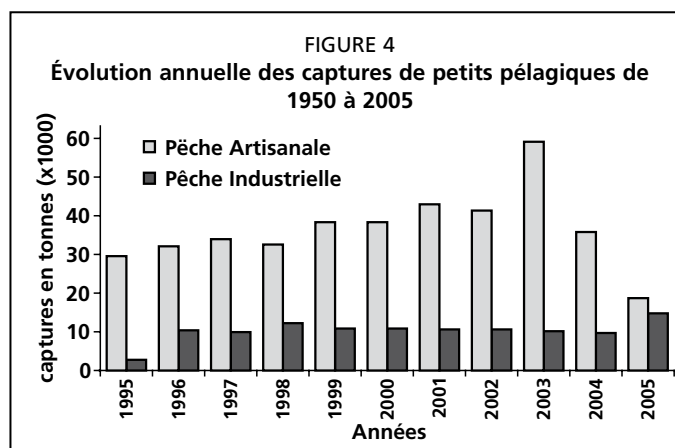
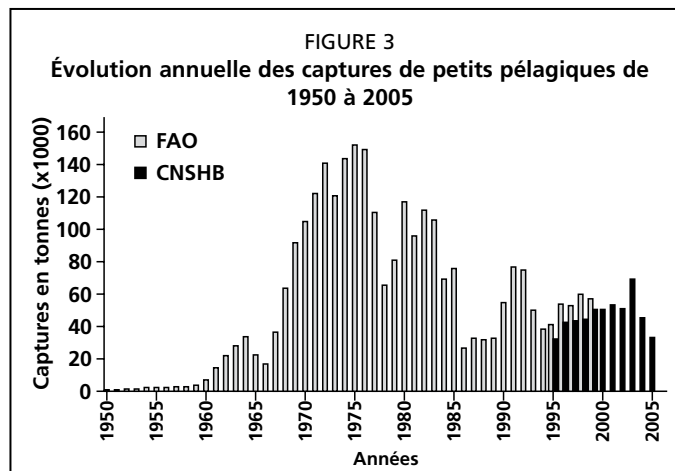
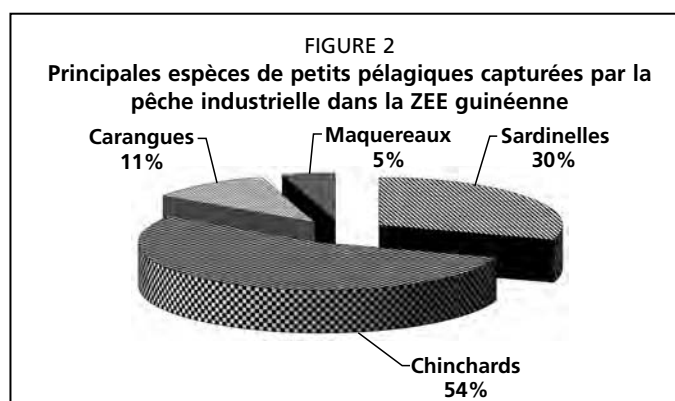
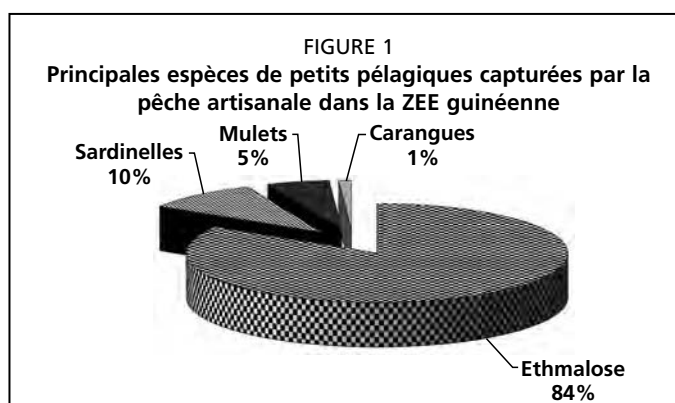
(figure 1). La pêche industrielle exploite également *Decapterus punctatus*, *Decapterus rhoncus*, *Trachurus trecae*, *Caranx crysos*, *Caranx hippos*, *Caranx senegalus*, *Hemicaranx bicolor*, *Selene dorsalis*, *Alectis alexandrinus* et *Scomber japonicus* (figure 2).

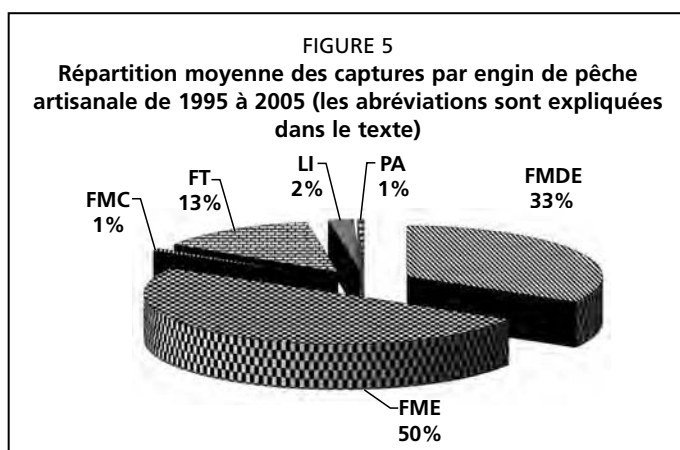
2.3 Débarquements déclarés

L'historique des captures des petits pélagiques indique une très forte évolution dans laquelle on peut distinguer quatre phases: (i) de 1950 à 1969, une faible production dont le pic est atteint en 1969 avec 98 000 tonnes; (ii) de 1970 à 1985, une augmentation considérable des captures suite à l'arrivée des flottilles de l'ex-URSS, de la Pologne, de la RDA et de la Roumanie; (iii) de 1985 à 1990, une forte baisse des captures due au retrait de la flottille de l'ex URSS; et (iv) depuis 1990, une stabilisation due non seulement au retour des navires de l'ex URSS mais aussi à la forte motorisation du parc piroguier guinéen grâce à la coopération avec le gouvernement japonais à travers la JICA (figure 3).

Pendant la dernière décennie (1995-2005), les évolutions ont été différentes dans les deux sous-secteurs de la pêche guinéenne. La pêche artisanale, dont la production est nettement supérieure à celles de la pêche industrielle (qui a rarement dépassé les 10 000 tonnes) a sensiblement augmenté jusqu'en 2003 (aux environs de 60 000 tonnes) avant de chuter fortement (-60 pour cent environ) en 2004 et 2005 pour des raisons non encore élucidées (figure 4).

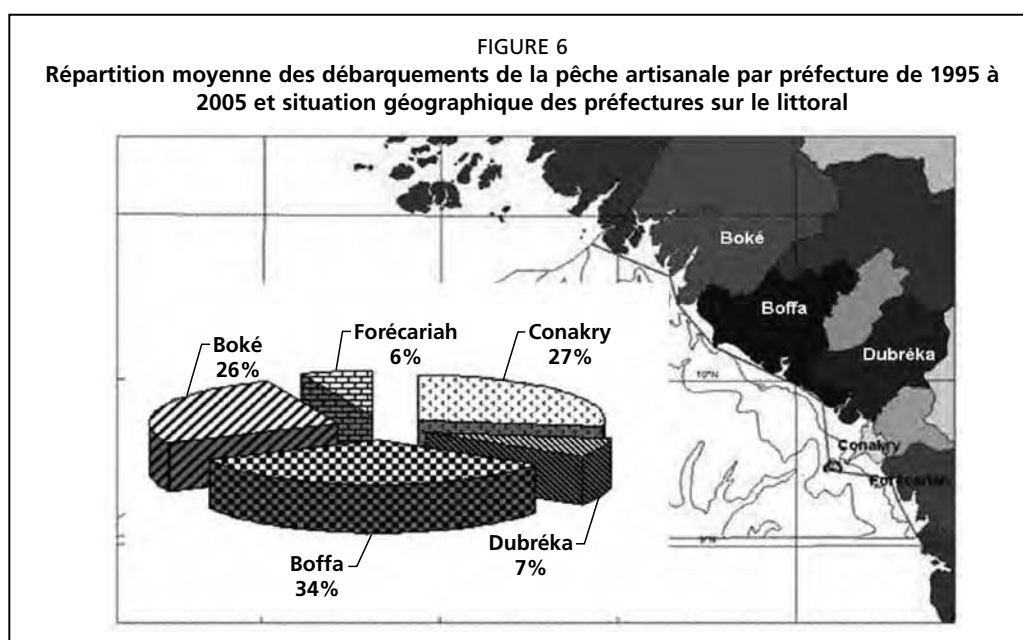
Dans la pêche artisanale, les captures les plus importantes sont réalisées par les filets maillants dérivant à ethmalose (FMDE), les filets tournants (FT) et les filets maillants encerclants (FME). Les filets maillants calés (FMC), les lignes (LI) et les palangres (PA) capturent également des petits pélagiques côtiers, mais en plus faible quantité (figure 5). Les débarquements les plus élevés sont observés dans les préfectures de Boffa suivies de Conakry et de Boké et





les plus faibles dans les préfectures de Dubréka/Coyah et Forécariah (figure 6).

Au niveau de la pêche industrielle, toutes les captures des petits pélagiques sont réalisées au chalut pélagique. Les zones de pêches de ces bateaux pélagiques se situent au large au delà des 50 milles de la côte dans les profondeurs variant entre 30 et 100 mètres, et toutes leurs prises sont débarquées au port autonome de Conakry.



2.4 Évolution de l'effort de pêche de 1995 à 2005

Dans la pêche industrielle, la flottille actuellement en activité appartient à l'Ukraine et à la Russie. Pendant la période considérée, elle a oscillé entre deux et six navires (quatre en moyenne) de grande taille (55 à 82 m de long), ayant 1 800 à 2 200 de TJB et dont les puissances varient de 2 000 à 2 400 cv (figure 7). Les navires sont généralement affrétés par des sociétés guinéennes d'importation et de distribution de poissons.

La flottille artisanale est généralement composée d'embarcation à membrures en bois (salan, flimbote) et de pirogues monoxyde (gbankégni). Parmi ces embarcations, le flimbote est le plus orienté vers la capture de petits pélagiques. Motorisé, il peut atteindre 22 m de long, 2 m de large et 1,25 m de profondeur (Salles, 1989). La flottille, qui oscillait autour de 2 250 barques environ de 1995 à 2000 est passée à 3 500 barques depuis 2001 (figure 7)¹.

3. MESURES DE GESTION

En référence aux textes en vigueur en 2008 (Anon, 2007), les mesures de gestion afférentes aux petits pélagiques sont relatives:

- **À la zone de pêche.** Les embarcations dont la puissance du moteur est inférieure à 25 CV, ne font l'objet d'aucune restriction de zone. Celles dont la

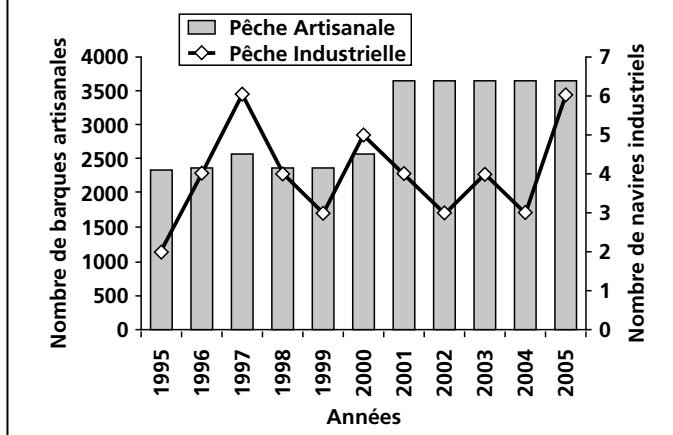
¹ Note de l'éditeur: Les raisons de cette augmentation brutale sont inconnues et pourraient résulter de l'espacement des recensements officiels.

puissance motrice dépasse 25 CV sont autorisées au-delà de 6 milles marins. Les chalutiers industriels ne sont autorisés qu'au delà de 50 milles marins calculés à partir de la ligne de base.

- **Au maillage des filets utilisés.** Ce dernier est de 25 mm (étiré) pour les barques artisanales et de 70 mm dans le cul du chalut pour les navires industriels.
- **Accès à la ressource.** Ce dernier est soumis au paiement d'une autorisation de pêche pour toutes les embarcations de pêche artisanale et d'une licence de pêche pour tous les navires pélagiques.

L'obtention de la licence ou d'une autorisation est subordonnée à la présentation d'une demande de licence ou autorisation adressée au Ministre chargé de la pêche ou à son représentant, suivant un formulaire fourni par la direction des pêches maritimes. Les embarcations de pêche artisanale sont soumises obligatoirement à une visite technique et sont recensées à cette occasion par la direction des pêches maritimes

FIGURE 7
Évolution annuelle de la taille des flottilles industrielles (PI)
et artisanales (PA) de 1995 à 2005



4. CONCLUSION ET DISCUSSION

Ce document apporte des premières informations disponibles sur les activités de flottes exploitant les petits poissons pélagiques en Guinée au cours de la période 1995-2005. Ces pêcheries occupent 50 pour cent des activités halieutiques de la Guinée en termes du nombre de pêcheurs et de barques et assurent entre 60 et 75 pour cent des débarquements totaux de la pêche artisanale et industrielle guinéenne estimés en moyenne entre 90 et 120 000 tonnes par an (CNSHB, 1995-2005). Un nombre important d'espèces est débarqué avec une dominance marquée des clupéidés, par 2-6 navires industriels affrétés et 3 500 barques opérant à partir de cinq préfectures côtières. Pour des raisons diverses, les débarquements déclarés qui avaient fortement augmenté jusqu'en 1972 (aux environs de 150 000 tonnes) ont sensiblement diminué depuis (aux environs de 45 000 tonnes). Depuis 1995, les captures déclarées par la pêche industrielle apparaissent stables, proches de 10 000 tonnes, pour une flottille oscillant autour de quatre navires. Celles de la pêche artisanale ont baissé de 60 pour cent environ depuis 2003 alors que la flotte artisanale a augmenté sensiblement (près de 40 pour cent) depuis 2000. Les causes de cette baisse de production sont encore inconnues.

En l'absence de suivi scientifique spécifique et de données précises sur l'état d'exploitation des ressources concernées, il est très difficile d'élaborer un diagnostic de l'état des ressources et de proposer des méthodes de gestion durable de ces pêcheries qui sont pourtant aujourd'hui très importantes pour les populations côtières guinéennes en termes d'activités économiques, de paix sociale et de sécurité alimentaire.

Des campagnes d'évaluation des ressources pélagiques par écho intégration ont bien eu lieu en Guinée depuis le milieu des années 1950 (Anon, 1990; Marchal *et al.*, 1979; 1980), mais les résultats ont fortement varié au cours du temps, à cause: (i) des changements importants de la composition spécifique des stocks (invasion et régression des balistes dans les années 90; (ii) de l'évolution brutale du système d'exploitation (avec les arrivées et départs rapides des flottilles industrielles étrangères) et donc, vraisemblablement, des biomasses; et enfin (iii) de l'évolution des méthodologies scientifiques.

De plus ces campagnes ont souvent été gênées dans la prospection de la frange littorale peu profonde (mais riche en ressources) conduisant à une sous-estimation des ressources pélagiques côtières.

Les ressources pélagiques de Guinée sont, de manière évidente, des ressources partagées avec la Guinée-Bissau au nord et la Sierra Leone au sud et les biomasses dans les trois pays dépendent probablement étroitement de conditions hydro climatiques qui peuvent entraîner des déplacements des stocks et augmentations sporadiques de biomasse et disponibilité dans les ZEE de la sous-région (Marchal *et al.*, 1979; 1980). Cette perspective ne peut que renforcer le besoin d'une analyse sous-régionale du problème de la gestion et, au minimum, une collaboration en matière de statistiques.

5. RÉFÉRENCES

- Anon.** 1990. *Rapport préliminaire de la campagne de recherche halieutique du N/O Atlantida effectué dans la ZEE guinéenne (22/12/1989–15/01/1990)*. Ministère des pêches de l'URSS: Institut atlantique de recherches océanographiques et des pêches (Atlant Niro). République de Guinée: Ministère de l'agriculture et des ressources animales - Secrétariat d'État à la pêche. 12 pp.
- Anon.** 2007. *Plan de gestion et d'aménagement des pêcheries de l'année 2008*. Ministère de la pêche et de l'aquaculture de la République de Guinée. Document technique administratif. 24 pp.
- Bulletins Statistiques du CNSHB.** 1995-2005. CNSHB, Conakry.
- Marchal, E., Burczynski, J. & Gerlotto, F.** 1979. *Évaluation acoustique des ressources pélagiques le long des côtes de Guinée, Sierra Leone et Guinée-Bissau (N/O Capricorne: novembre et décembre 1978)*. FAO. Rome. FI: GUI/74/024/2: 100 pp.
- Marchal E., Burczynski, J., Gerlotto, F., Stequert, B. & Varlet, F.** 1980. *Rapport sur une évaluation acoustique des ressources en poissons pélagiques dans la sous-région guinéenne. Deuxième campagne du N/O Capricorne, mars 1979*. FAO. Rome. FAO/GCP/GUI/003 (NOR): 80 pp.
- Salles, C.** 1989. *Typologie des engins de pêche artisanale du littoral guinéen*. Document scientifique CRHB: 28 pp.

Small pelagics resource, exploitation and fisheries in Sierra Leone

Ressource, exploitation et pêcheries des petits pélagiques en Sierra Leone
(English only/En anglais seulement)

Kadijatu Jalloh and Mohamed B.D. Seisay

Ministry of Fisheries and Marine Resources

Freetown, Sierra Leone

<jalloh.kadijatu@yahoo.com> <mohamedseisay@yahoo.co.uk>

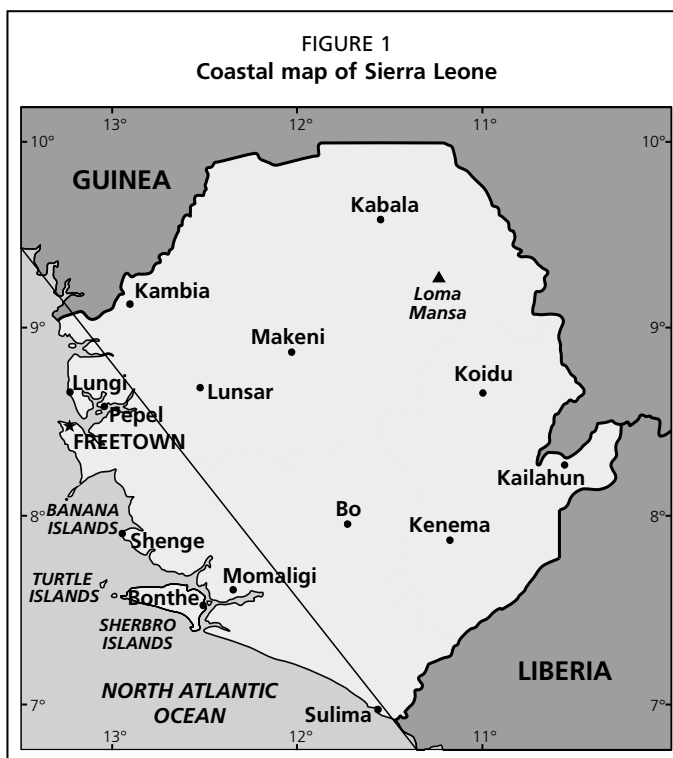
Jalloh, K. and Seisay, M.B.D. 2011. Small pelagics resource, exploitation and fisheries in Sierra Leone. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

1. INTRODUCTION

Sierra Leone is located in the south-western sector of the great bulge of West Africa and lies at the southern extension of the north-west aerobic upwelling zone. Geographically, it lies between 7° N and 10° N and is bordered on the north and east by the Republic of Guinea and on the south by Liberia (Figure 1). The continental shelf is about 120 km wide in the North at Yeliboya and tapers to only 13 km wide at Sulima in the south. Its coastline is about 560 km and the shelf covers an area of about 25 000 km² (Fisheries of Sierra Leone, 2003).

2. HYDROGRAPHIC REGIME

The hydrographic regime of Sierra Leone waters is characterized by a relatively stable, shallow thermocline lying at 'mid-shelf' and affecting the distribution of fish. The thermocline



is located at 10 m inshore and at 20 m offshore (Payne and Coutin, 1988). However, in recent studies (Turay *et al.*, 2008), the thermocline has been found to vary at depth from about 10 m to 38 m. In the shallow water areas, the thermocline was observed at depths ranging between 8 and 30 m whilst in deeper waters, it occurred between 32–38 m depths. The thermocline depths were around 2–5 m.

There are several major rivers which influence the hydrographic conditions along the coast of Sierra Leone. These include Scarcies river, Sierra Leone river, Sherbro river and Sulima rivers (Ssentongo and Ansa-Emmim, 1986). Seasonal changes in hydrographic conditions are due to the following effects of the monsoonal wet season extending from May to October, high river discharges, reduced surface water salinities, lowered solar radiation and a dip in mixed layer temperatures (Coutin and Payne, 1988).

3. CURRENT SYSTEMS

The dominant ocean is the Guinea Current – an offshoot of the Canary Current – which flows eastward along the coast meeting the westward flowing South Equatorial Current of the coast of Liberia (Ssentongo and Ansa-Emmim, 1986). The cold Canary Current, flowing towards the Equator, affects Sierra Leone waters. The influence of Canary Current is greatest during February to April when it flows southward bringing cold, nutrient-rich water from the upwelling areas.

4. FISH RESOURCES

Sierra Leone waters are rich in varieties of fish and shellfish resources (Longhurst, 1963; Fager and Longhurst, 1968; Longhurst and Pauly, 1987; Seisay and Ndomahina, 2005). The resources are commonly classified into pelagic, demersal and shell-fish. So far about 200 species have been identified in various studies. Recent estimates gave biomass at about 250 000 tonnes (Mehl *et al.*, 2007 Nansen Survey) and potential yields of about 180 000 tonnes (Ndomahina, 2002). Potential yields of pelagic species are put at 100 000 tonnes annually.

The current pelagic biomass estimates from the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. Surveys (hereafter, the Nansen) from Guinea Bissau to Liberia are given in Table 1. The clupeids, *Sardinella maderensis* and *S. aurita*, constitute about 60 percent of total estimated pelagic biomass in Sierra Leone.

TABLE 1

Acoustic biomass estimates pelagic fish (tonnes) – R/V *Dr. Fridtjof Nansen* survey in May 2007 (Mehl *et al.*, 2007)

Survey species	Guinea Bissau	Guinea	Sierra Leone	Liberia	Total
<i>Sardinella aurita</i>	118 000	77 000	22 000	31 000	248 000
<i>S. Maderensis</i>	79 000	115 000	117 000	17 000	328 000
Carangids, etc.	45 000	63 000	100 000	16 000	224 000

5. COMMERCIAL PELAGIC FISHERY

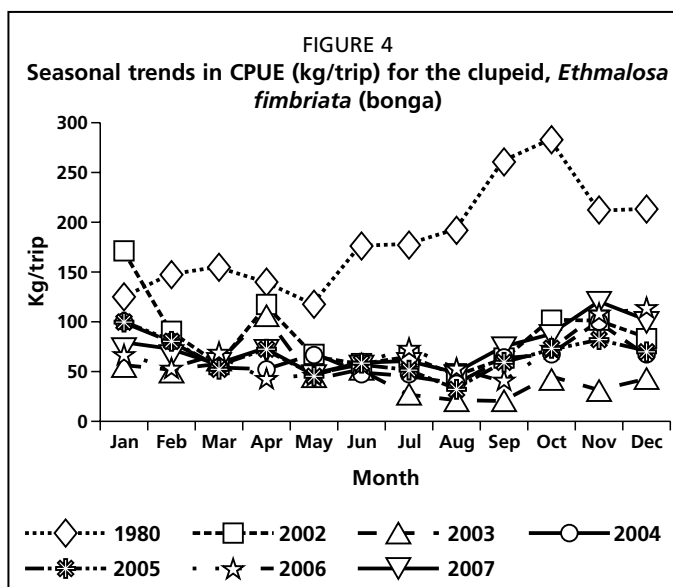
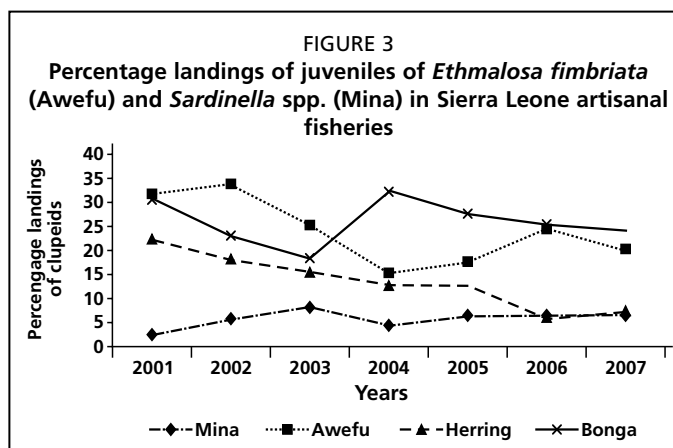
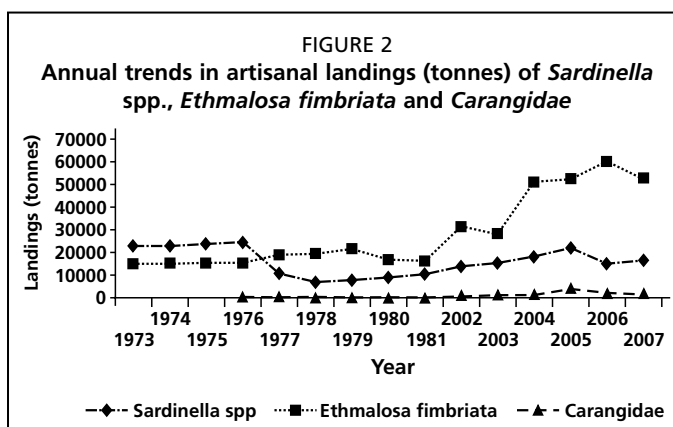
There is a well established target fishery for small pelagics in Sierra Leone in the artisanal fishery. The clupeids, *Sardinella maderensis* and *Ethmalosa fimbriata*, constitute over 60 percent of total artisanal landings in Sierra Leone (Figure 2). The species, *Chloroscombrus chysurus*, dominates the carangids landing in the artisanal sector. The scombrids, *Scomber japonicus*, also contributes an appreciable amount in artisanal landings.

The clupeids are under increasing risk of overfishing due to the mass exploitation of the juvenile stages of these species. The juvenile or immature *Ethmalosa fimbriata* (Awefu) and the juvenile or immature *Sardinella maderensis* herring (Mina) contributed 30 percent to total artisanal fishery production between 2001 and 2005 (Awefu 25 percent and Mina 5 percent), (ISFM, 2008), see Figure 3. Presently about 40 percent of

artisanal total fishing gears in the coastal artisanal fisheries constitute the surface driftnets that target these juvenile stages (Fisheries of Sierra Leone, 2003).

The small-pelagics are taken as bycatches in demersal trawl fishery in shallow waters and principal species include *Decapterus* spp., *Caranx* spp., etc. These species presently constitute about 6 percent of total catch of demersal finfish trawler (Fisheries of Sierra Leone, 2003 and 2008).

There has been significant reduction in the catch rates of Bonga, between the 1980s and the period 2002–2005; the annual average CPUE for bonga declined from about 183 kg/canoe trip to about 65 kg/canoe trip (Figure 4).



6. STATUS OF EXPLOITED STOCKS BY ANALYSIS OF COMMERCIAL FISHERY DATA (SURPLUS PRODUCTION MODEL)

The Biodyn assessment, basically utilizing the Schaefer version of the surplus production model, has been applied to commercial fisheries data in Sierra Leone (FAO, 2006) to assess the status of exploitation of major pelagic fish species in Sierra Leone. The analyses were conducted with combination of data from neighboring Republic of Guinea as the stocks were assumed to be shared. The results are shown in Table 2. The results showed that valuable pelagic resources are either overexploited or fully exploited and management actions are proposed.

TABLE 2
Assessment by Biodyn model

Species	Natured*	Assessment		Status	Recommendation	References
		Bcur/B0.1*	Fcur/Fmsy**			
<i>Sardinella maderensis</i>	Shared (Sierra Leone and Guinea)	26% (2006)	167% (2006)	Over-exploited	Catches should not exceed average of last five years (13 000 tonnes)	WG FAO (2006)
<i>Decapterus</i> spp.	Shared (Sierra Leone and Guinea)	54% (2006)	109% (2006)	Fully exploited	Catches should not exceed 2 000 tonnes (2004 catch)	WG FAO (2006)
<i>Trachurus trecae</i>	Shared (Sierra Leone and Guinea)	56% (2006)	98% (2006)	Fully exploited	Catches should not exceed 6 000 tonnes (2004 catch)	WG FAO (2006)

*B_{cur}/B₀: Ratio between estimated biomass for the last year and corresponding biomass F0.1.

**F_{cur}/F_{MSY}: Ratio between observed coefficient of fishing mortality and coefficient of fishing mortality corresponding to Max.

In the case of *Ethmalosa fimbriata*, in view of the fact that there was problem with the data, as a precautionary measure it is recommended not to increase catches above the average of last five years (42 000 tonnes) for Guinea and Sierra Leone (FAO, 2006). Similarly, for the round herring, *Sardinella aurita*, as a precautionary measure, catch level should not exceed the average of the last five years (4 000 tonnes) in the two countries.

7. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

The recent estimated biomass of small pelagics by Turay *et al.* (2008), from the Senegalese R/V *Itaf Dème*, of 246 900 tonnes is very close to the 2007 Nansen estimate of 230 000 tonnes. There is no recent estimate of natural mortality for accurate prediction of potential yields by empirical models. Ssentongo and Ansa-Emmim (1986) estimated the natural mortality of *Sardinella eba* (*maderensis*) as 1.58 per year. There is a need to determine new estimates for total mortality (Z), natural mortality (M) and fishing mortality (F).

The artisanal ringnet and driftnet fisheries are the main fisheries for the small pelagics. However, the rampant use of illegal fishing gears is a major concern in the artisanal fisheries. There is growing 'illegal driftnet fishery' for juvenile clupeids (specifically, *Ethmalosa fimbriata* and *Sardinella* spp.) along the coast of Sierra Leone. This is a major management issue confronting the fisheries administration. In consultation with relevant stake-holders, the Ministry has recommended minimum mesh sizes of 45 mm for artisanal fishing nets. But this is hardly adhered to. Recent investigations have shown that over 70 percent of the beach seines and surface driftnets are illegal (ISFM, 2008). In view of these observations, the Ministry, in consultation, with the European Union funded project Institutional Support for Fisheries Management (ISFM) is proposing to set up comanagement of the fisheries involving fishers' unions, local government agents and traditional rulers. This management option would however require major capacity building activities in fisheries management instruments like the 1994 *Fisheries Management and Development Act*, 2003 Fisheries Policy, FAO Code on Conduct of Responsible Fisheries etc.

As the FAO working group evaluations already showed, some of the *Sardinella maderensis* and *Decapterus* spp. are fully exploited. Thus, a management measure to reduce the fishing effort on these species and protect the juvenile stages is required. The Ministry is proposing to introduce marine protected areas to help rebuild the stocks.

There has been recent development in the industrial fishery with the introduction of pelagic pair trawlers. The main dominant species occurring in landings from these trawlers

are *Chloroscombrus chrysurus*, *Sardinella* spp., *Decapterus* spp., *Trachurus trecae*, etc. The major problem with this fishery is the huge amount of fish spoilage that occurs as a result of long trawl duration (estimated about six hours). Thus invariably, the discard rates is high, estimated to over 20 percent and comprises largely of *Sardinella* spp. and *Chloroscombrus chrysurus*. The Ministry has therefore recommended a ban on pair trawling.

The small pelagic fishery needs urgent management action if future collapse of the stocks is to be avoided. The ongoing research effort by donor assisted projects would certainly generate data that would enable the calculation of population parameters for application of more analytic models.

Also, research on the socio-economics, marketing aspects and processing methods is required for comprehensive management planning for these valuable species. This is necessary in view of the fact that majority of Sierra Leone derive much needed protein from these relatively cheap species.

8. REFERENCES

- Coutin, P.C. 1989. *The effects of long-term exploitation of tropical demersal fish stocks*. PhD Dissertation. Coventry Polytechnic (UK).
- Fager, E.W. & Longhurst, A.R. 1968. Recurrent group analysis of species assemblage of demersal fish of the Gulf of Guinea. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 25, 1405-1421.
- FAO. 2006. *State of small pelagic stocks in the southern area of East Central Atlantic (CECAF)*. CECAF (SSCV/2007/3b).
- Fisheries Management and Development Act. 1994. MFMR, Freetown, Sierra Leone.
- Fisheries of Sierra Leone. 1994. Vol. 1 Tech. Pap., MFMR.
- Fisheries of Sierra Leone. 2003. Vol. 2 Tech. Pap., MFMR.
- Fisheries of Sierra Leone. 2008. Vol. 3 Tech. Pap., MFMR.
- ISFM. 2008. *Proceedings from Second Consultative Workshop on Fisheries Management Issues 1*. European Union Project/ISFM/MFMR/No. 020.
- Longhurst, A.R. 1963. *Bioeconomics of the fisheries resources of the eastern tropical Atlantic*. Fishery Publication Collection Office, London, No. 20, 66 pp.
- Longhurst, A.R. & Pauly, D. 1987. *Ecology of Tropical Oceans*. Academic Press, San-Diego, California, 407 pp.
- Mehl, S., Lundsør, E., Turay, I., Sei, S., & Lamptey, E. 2007. *Surveys of the Fish Resources of the Western Gulf of Guinea (Guinea-Bissau, Guinea, Sierra Leone and Liberia). Survey of the pelagic and demersal resources 5–29 May 2007*. FAO Project GCP/INT003/NOR. Cruise reports "Dr. Fridtjof Nansen", Institute of Marine Research, Bergen, 2007.
- National Fisheries Policy. 2003. MFMR, Freetown, Sierra Leone.
- Ndomahina, E.T. 2002. *Assessment of the status of the coastal and marine biodiversity in Sierra Leone*. IMBO and Sierra Leone Maritime Administration.
- Payne, A.I. & Coutin, P.R. 1988. *The effects of long-term exploitation of West African demersal fish stocks*. Overseas Development Administration, London: Project No. 3920, Final Report.
- Seisay, M.B.D & Ndomahina, E.T. 2005. *The demersal trawl fishery of Sierra Leone, 1977–1993*. Bulletin of the Institute of Marine Biology and Oceanography, Vol. 5, NO. 1, University of Sierra Leone.
- Seisay, M.B.D & Seilert, H. 2008. *Proceedings from the Consultative Workshop on Fisheries Management Issues 1*. ISFM Technical Paper, MFMR.
- Ssentongo, G.W & Ansa-Emmim, M. 1986. *Marine fish resources of Sierra Leone: a review of exploited stocks*. Dakar, CECAF Project, CECAF/ECAF Series, 86/34, 75 pp.

Turay, I., Ciaran, O, Schaber, M., Corten, A., Sarre, S., Sei, S., Seisay, L.D, Mustapha, C. & Lahai, M. 2008. *Sierra Leone Resources Survey Cruise Report, 18 May–8 June 2008*. ISFM Technical Paper, Freetown.

**Theme 2: Dynamics and variability
of pelagic fish populations
and environmental influences/
Dynamique et variabilité
des populations de poissons
pélagiques et influences de
l'environnement**

Caractéristiques des habitats de ponte de la sardine, *Sardina pilchardus*, de la côte atlantique marocaine (21°N-26°N)

Characteristics of the spawning habitats of sardine, *Sardina pilchardus*, off the Moroccan Atlantic coast (21°N–26°N)
(French only/En français seulement)

O. Ettahiri¹, A. Berraho¹, R. Houssa¹, A. Ramzi¹, L. Somoue¹, S. Zizah et E. Machu^{1,2}

¹ Institut national de recherche halieutique, 2 rue de Tiznit Casablanca, Maroc
<ettahiri@yahoo.fr> et <ettahiri@inrh.org.ma>

² Institut de Recherche pour le Développement, Centre de Sète, France

Ettahiri, O., Berraho, A., Houssa, R., Ramzi, A., Somoue, L., Zizah, S. et Machu, E. 2011. Caractéristiques des habitats de ponte de la sardine, *Sardina pilchardus*, de la côte atlantique marocaine (21°N-26°N). In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

Les caractéristiques spatio-temporelles et thermiques des frayères et nourriceries de la sardine de la côte Atlantique marocaine sud, comprises entre cap Boujador et cap Blanc (26°N–21°N), ont été analysées en relation avec l'hydrologie de la zone. La période d'étude s'étend de 1994 à 1999 (à l'exception de 1996) à raison de deux campagnes par an.

La distribution spatio-temporelle des oeufs et larves dépend du lieu de ponte, dans un premier temps, puis des conditions hydrologiques qui influencent la distribution de l'ichtyoplancton. La variation annuelle de l'environnement océanographique peut causer des changements interannuels sur la distribution du poisson adulte et par conséquent sur celle des produits de ponte.

Cette étude a montré que la frayère principale de la sardine se situait entre Dakhla (24°N) et le sud de Boujador (25°N), alors que la nourricerie principale se situait, plus au sud, entre la Baie de Cintra (23°N) et Dakhla (24°N) avec un certain chevauchement dans la région de Dakhla. Ceci est confirmé par la position des centroïdes de l'abondance des oeufs et de larves et est conforme à ce que l'on sait de l'influence des facteurs du milieu sur les organismes marins, particulièrement ceux ayant un comportement passif.

La température préférentielle de ponte, déterminée par l'analyse du quotient thermique des œufs, à chaque période, montre une variation saisonnière de la sélection thermique, qui dépend des conditions rencontrées. Cependant, l'analyse du quotient thermique global (toutes saisons confondues) a permis une estimation de la température préférentielle de ponte de la sardine dans gamme 15,5–17,5 °C.

Mots clés: frayère, nurricerie, Maroc, upwelling, sardine, ichtyoplancton

ABSTRACT

The spatial, temporal and temperature characteristics of the spawning-grounds and nurseries of the Moroccan sardine in the south Atlantic coast of the country, between cape Boujador and cape Blanc (21°N–26°N), were analyzed in relation with the hydrology of the area. The period of studies extends from 1994 to 1999 (except for 1996) with two cruises per year.

The distribution of eggs and larvae is related, first, to the spawning location and then to the hydrological conditions which influence ichthyoplankton distribution. Annual variations in the oceanographic environment can cause some interannual changes in the distribution of the adult fish and, consequently, in that of spawning products.

This study showed that the main spawning-ground of the sardine is located between Dakhla (24°N) and the south of Boujador (25°N), whereas the main nursery is located, more to the south, between the Cintra Bay (23°N) and Dakhla (24°N) with an overlap around Dakhla. This is shown by the position of the eggs and larvae distribution centroid and it confirms what is already known about the influence of the medium on the marine organisms, particularly those with passive behaviour.

The preferred spawning temperature determined by the analysis of the temperature quotient of eggs in each period, shows a seasonal variation of the temperature selection, depending on the conditions encountered. However, the analysis of the total temperature quotient (over all seasons) allowed an estimation of the preferential temperature of sardine spawning corresponding to the range 15.5–17.5 °C.

Keywords: spawning grounds, nurseries, Morocco, sardine, ichthyoplankton

1. INTRODUCTION

Les secteurs les plus productifs de l'océan mondial correspondent aux systèmes d'upwelling associés aux courants des marges océaniques orientales: Canaries, Benguela, Californie, Pérou/Humboldt (Ryther, 1969; Cushing, 1971; Pauly et Tsukayama, 1987). Ces systèmes supportent les populations de poissons les plus abondantes.

Dans ces secteurs, les processus physiques tels que le régime climatique, la turbulence et les structures hydrodynamiques d'advection et de diffusion agissent de manière très nette sur les productions primaire (phytoplancton) et secondaire (zooplancton) du milieu. De telles productions affectent la ressource au niveau de la croissance, fécondité, nutrition et compétitivité.

La ressource pélagique constitue, en terme de biomasse et de production, l'essentiel de la richesse halieutique marocaine. Sa composition et son abondance le long de la côte Atlantique marocaine, sont caractérisées par de grandes fluctuations annuelles et saisonnières dues, d'une part à la pression de pêche et, d'autre part, aux variations des conditions hydroclimatiques.

Sur la côte Atlantique marocaine, les petits pélagiques sont composés principalement de sardines, maquereaux, chinchards, anchois et sardinelles. Ces

espèces constituent une biomasse très importante exploitée par la pêche pélagique côtière, l'une des principales composantes des pêcheries marocaines, et représentent plus de 80 pour cent de l'ensemble des débarquements dans le pays. La sardine (*Sardina pilchardus*) est l'espèce la plus abondante et représente, à elle seule, plus de 80 pour cent des débarquements des petits pélagiques au niveau des côtes atlantiques marocaines.

Au niveau du cycle de vie des espèces pélagiques (notamment la sardine) il existe, entre l'oeuf et l'adulte, de nombreux stades de développement, ayant chacun des exigences écologiques propres (température, salinité, oxygène, qualité et quantité de nourriture, etc.) et présentant des moments de vulnérabilité plus ou moins accrue vis-à-vis des caractéristiques du milieu environnant. La phase planctonique, par exemple, est une phase particulièrement fragile et critique du cycle de vie des espèces pélagiques.

L'objectif principal de ce papier est l'étude des caractéristiques des habitats de ponte de la sardine de la zone localisée entre cap Boujador (26°30'N) et cap Blanc (21°N) où l'espèce est très abondante. Cette zone contient une frayère et une nourricerie principales, aux alentours de Dakhla (23–25°N) (Rubies et Palomera, 1977; Ettahiri *et al.*, 2003; Berraho, 2007) dont les caractéristiques spatio-temporelles et les conditions thermiques sont analysées.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les prélèvements ichtyoplanctoniques ont été effectués le long de la zone située entre cap Blanc (21°N) et cap Boujador (26°30'N) de 1994 à 1999, excepté en 1996, à raison de deux campagnes par an (tableau 1). Le réseau d'échantillonnage est composé de radiales espacées de 30 milles nautiques; alors que le nombre de stations par radiale diffère légèrement d'une année et d'une saison à l'autre, en fonction de la largeur du plateau continental (figure 1).

TABLEAU 1
 Dates et saisons des échantillonnages

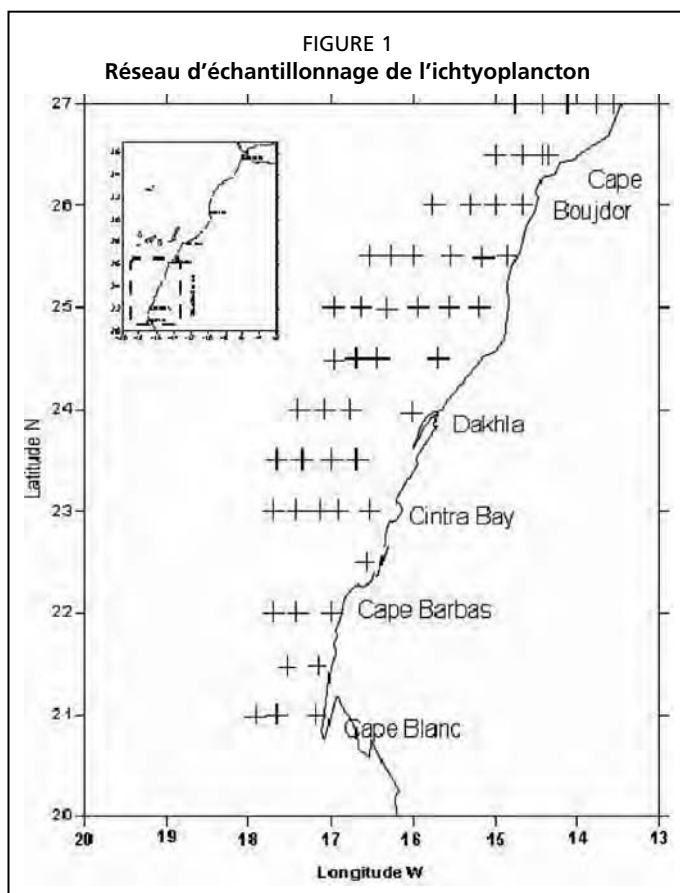
Année	Saison froide	Saison chaude
1994	17-26 janvier	5-14 juillet
1995	25 janvier/4 février	19-29 juillet
1996	19 janvier/3 février	11 juillet/3 août
1997	6 mars/5 avril	8-26 juillet
1998	12 avril/1 mai	24 juillet/10 août

L'échantillonnage de l'ichtyoplancton a été réalisé à l'aide d'un petit filet Bongo de 20 cm de diamètre, avec des mailles de 417 µm, équipé d'un débitmètre pour la mesure du volume d'eau filtrée. A chaque station, des prélèvements ichtyoplanctoniques ont été réalisés selon la méthode standard d'échantillonnage des œufs et larves (Ferreiro et Labarta, 1984; Chesney *et al.*, 1989) sans dépasser les 100 m de profondeur dans la colonne d'eau. En fin d'opération, le contenu du collecteur a été recueilli puis conservé dans du formol neutralisé à 5 pour cent pour analyse en laboratoire. En parallèle, la température de surface a été mesurée *in situ* à l'aide d'une sonde CTD Neil Brown.

TRAITEMENT DES DONNÉES

1. ANALYSE SPATIALE

Les résultats de l'ichtyoplancton sont présentés en terme de densité (f) (des œufs et larves), exprimée en nombre/10 m² (Smith et Richardson, 1979), selon la formule $f = (N/V) * H$ (avec N: nombre d'œufs ou de larves recensés, V: volume d'eau filtré et H: profondeur atteinte par le filet).



Pour la spatialisation de l'information collectée *in situ*, il a été procédé à une interpolation des données observées à chaque station par méthode inverse distance pondérée (IDW: Inverse Distance Weighted), basée sur le calcul de la moyenne pondérée des observations voisines (Drapeau, 2000). D'autre part, le centre de gravité des densités des œufs et larves est calculé, pour chaque campagne dans toute la zone d'étude, en utilisant la formule suivante (Jenness, 2004):

$$\bar{X}_{wc} = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i} \quad \bar{Y}_{wc} = \frac{\sum f_i y_i}{\sum f_i}$$

Où: wc est le centre de gravité (weighted center);
 f_i est la densité à la station i ;
 \bar{X} et \bar{Y} barrés sont respectivement la longitude et la latitude moyennes;
 x_i et y_i sont respectivement les coordonnées longitude et latitude de la station i .

2. ANALYSE DU QUOTIENT THERMIQUE

Cette analyse permet de décrire la relation entre l'abondance relative (en terme de densité) de l'ichtyoplancton et la variable environnementale considérée (dans notre cas, la température) (Lluch-Belda *et al.*, 1991), selon le calcul suivant:

- **Fréquence de température (T%)**: les températures observées à chaque station sont ordonnées par classes (t) de 0,5 °C. La fréquence relative (en pourcentage) de chaque classe de température pendant la campagne est calculée par $T\% = (N_t/NT) \times 100$ où N_t est le nombre de stations dans la classe de température (t) et NT le nombre total de stations échantillonnées;
- **Densités relatives (f%)**: les densités relatives observées dans chaque classe de température (t) de 0,5 °C sont calculées par $f\% = (f_t/fT) \times 100$ où f_t est la densité observée dans la classe (t) et fT est la densité globale sur la campagne.
- **Quotient thermique Q_t** : exprimant une «préférence» thermique des œufs et des larves ou une co-occurrence de ces derniers et d'une classe de température (t), le quotient Q_t observé pour une classe de température (t) est calculé par: $Q_t = f\% / T\%$ tels que définis ci-dessus.

Généralement, trois cas de quotient se présentent (Lluch-Belda *et al.*, 1991; Van der Lingen *et al.*, 2001):

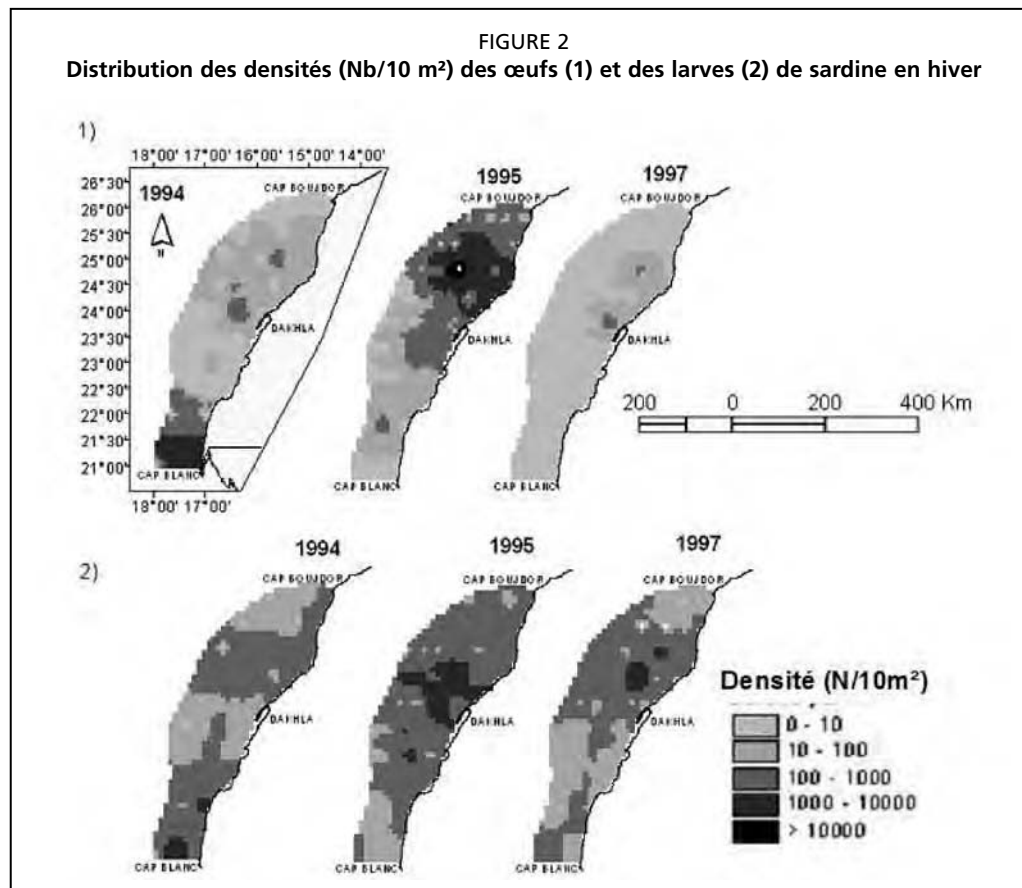
1. un quotient inférieur à 1 indique un évitement de la classe de température correspondante par l'espèce au moment de la ponte;
2. un quotient supérieur à 1 indique une sélection significative de la classe de température en question (sélection positive);
3. une valeur très élevée du quotient (> 4) correspond au cas d'une faible occurrence de la classe de température correspondante.

En conséquence, uniquement les valeurs comprises entre 1 et 4 sont prises en considération.

3. CARTOGRAPHIE DE DISTRIBUTION DES ŒUFS ET LARVES

Hiver (figure 2)

Les plus fortes densités des œufs sont repérées, en 1994, entre cap Barbas ($22^{\circ}18'N$) et cap Blanc ($21^{\circ}N$) et en 1995 et 1997 dans la région de Dakhla ($24^{\circ}N$ – $25^{\circ}N$), avec des densités moindres en 1997. L'hiver 1995 est caractérisé par les densités les plus élevées (moyenne: 722/10 m² et maximale: 23 529/10 m²), alors que l'hiver 1997 présente les plus faibles densités (moyenne: 15/10 m² et maximale: 216/10 m²).



La répartition des larves est beaucoup plus étalée que celle des œufs, avec toujours des densités très élevées en 1995 (moyenne: 480/10 m² et maximale: 6 761/10 m²) surtout dans la région située en face de Dakhla (Tab. II). En 1994, deux zones de densités élevées de larves ont été identifiées dans les régions cap Boujdor–Dakhla et baie de Cintra–cap Blanc (moyenne: 243/10 m² et maximale: 2 490/10 m²). En revanche, en 1997, c'est vers $24^{\circ}30'N$ que les concentrations élevées en larves ont été enregistrées (moyenne: 262/10 m² et maximale: 4 165/10 m²).

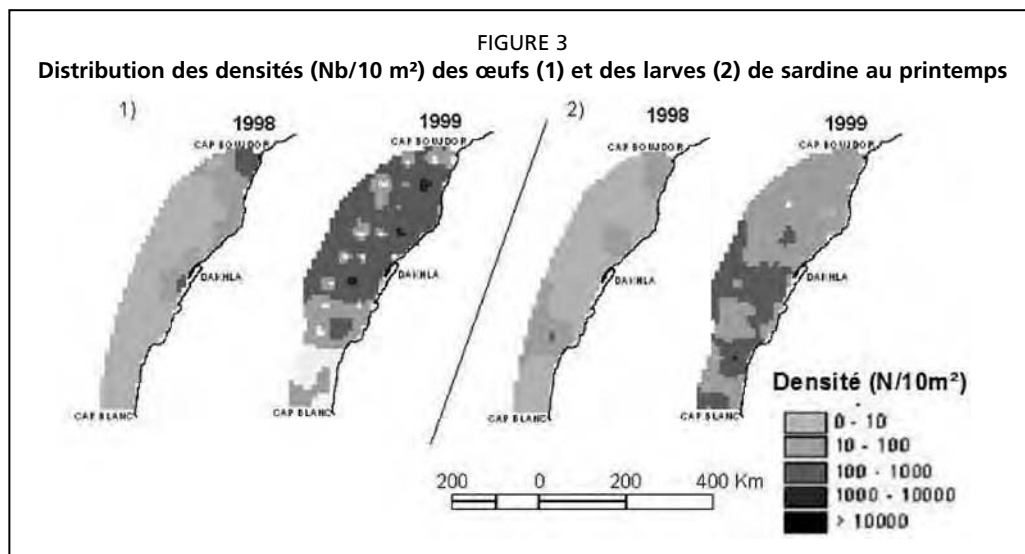
TABLEAU 2

Densités (Nb/10 m²) maximales et moyennes des œufs et larves de sardine

Périodes	D. maximales		D. moyennes		Périodes	D. maximales		D. moyennes	
	Œufs	Larves	Œufs	Larves		Œufs	Larves	Œufs	Larves
H 1994	5130	2490	252	243	E 1994	490	1690	41	221
H 1995	23529	6761	722	480	E 1995	8143	2231	283	352
H 1997	216	4165	15	262	E 1997	562	2274	27	343
P 1998	409	160	24	10	E 1998	958	257	49	21
P 1999	1713	1268	214	120	E 1999	1068	5071	77	476

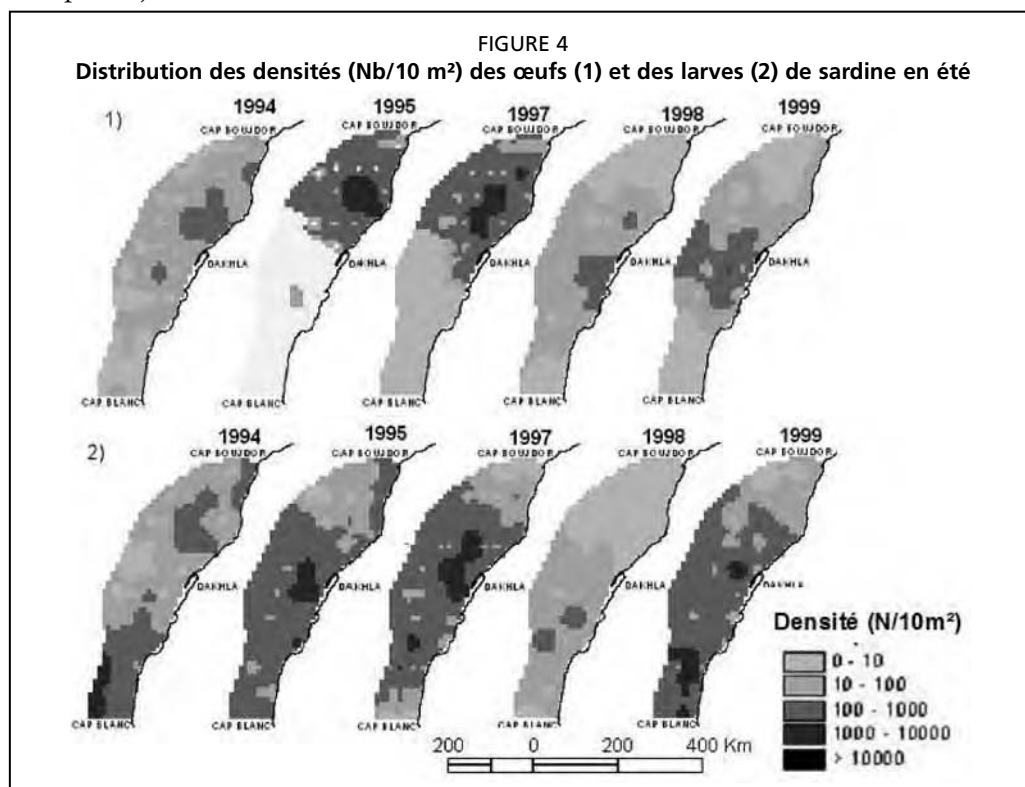
Printemps (figure 3)

En mars 1998, la répartition des œufs montre une ponte moins importante, localisée surtout au niveau de cap Boujador et Dakhla avec une densité moyenne de 24/10 m² et une densité maximale de: 409/10 m²). Les larves présentent la même distribution avec en plus des densités élevées au niveau de cap Barbas (densité moyenne: 10/10 m² et densité maximale: 160/10 m²). En avril 1999, la collecte a montré une large zone de présence de densités élevées en œufs, entre cap Boujador et la baie de Cintra (23°N), alors que les larves étaient plus au sud de Dakhla. La densité maximale enregistrée est de 1 713/10 m² pour les œufs et de 1268/10 m² pour les larves. Les densités moyennes sont respectivement de 214 et 120/10 m².



Été (figure 4)

En 1994, 1995 et 1997, les distributions des œufs de sardine sont concentrées entre le cap Boujador et Dakhla, avec de fortes densités au niveau de 25°N. Les densités

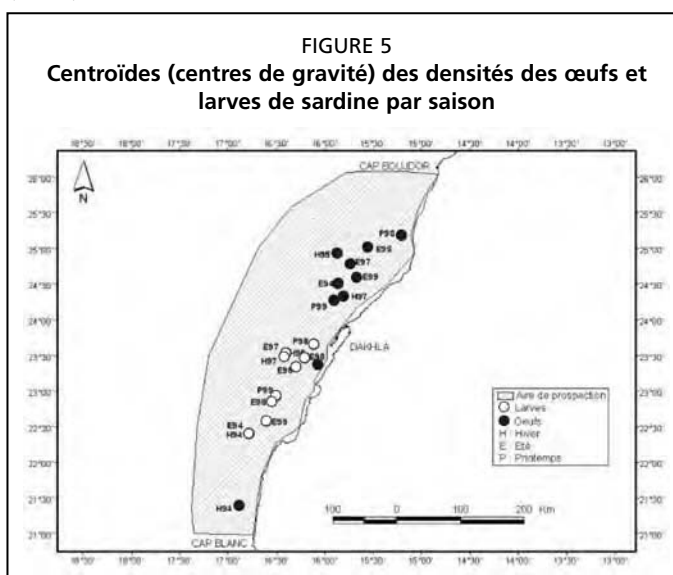


moyennes et maximales sont respectivement de 41 et 490/10 m² en 1994, de 283 et 8 143/10 m² en 1995, et de 27 et 562/10 m² en 1997. En 1998 et 1999, c'est au sud de Dakhla que des concentrations élevées d'œufs sont repérées, entre Dakhla et la baie de Cintra, avec des valeurs maximales de 958/10 m² et de 1 068/10 m² respectivement en 1998 et 1999 et des densités moyennes respectives de 49 et 77/10 m².

La répartition de larves de sardine montre, pour l'année 1994, une certaine discontinuité donnant naissance à deux sous zones: l'une au nord de Dakhla et l'autre entre la baie de Cintra et le Cap Blanc, avec des densités très élevées au large entre Cap Barbas et Cap Blanc (1 690/10 m²). Pour 1995, 1997 et 1999, c'est la zone sud Cap Boujador (24° 30')–Cap Blanc qui abrite les fortes densités en larves (>100/10 m²) avec des foyers de concentrations dans la région de Dakhla (1995), au niveau de Cap Barbas (1997) et entre Cap Barbas et Cap Blanc (1999).

L'analyse des centroïdes des œufs et larves (centres de gravité des densités), montre l'existence d'un décalage vers le sud entre les centroïdes des œufs et ceux des larves, à l'exception de l'hiver 1994 (figure 5). Les centroïdes correspondant aux œufs sont situés au nord de Dakhla entre 24 et 25°N, alors que ceux des larves se trouvent au sud de Dakhla entre 22° 30' et 24°N. Ceci reflète l'existence d'une dérive des larves depuis la zone d'émission des œufs vers la zone de concentration des larves sous l'influence des courants dominants.

La distance séparant les deux centroïdes (œufs et larves) est donnée dans le tableau 3 montrant que les distances calculées semblent plus importantes en été qu'en hiver, au cours de l'ensemble des campagnes, à l'exception de l'année 1999 où la distance entre centroïde des œufs et celui des larves est élevée au printemps par comparaison à l'été. Le cas de l'année 1994 pourrait être une exception car cette année a connu une ponte massive de la sardine au niveau du cap Blanc qui pourrait être en relation avec la ponte du stock mauritanien de sardine.



TABEAU 3
Distance en kilomètres entre centroïde des œufs et celui des larves

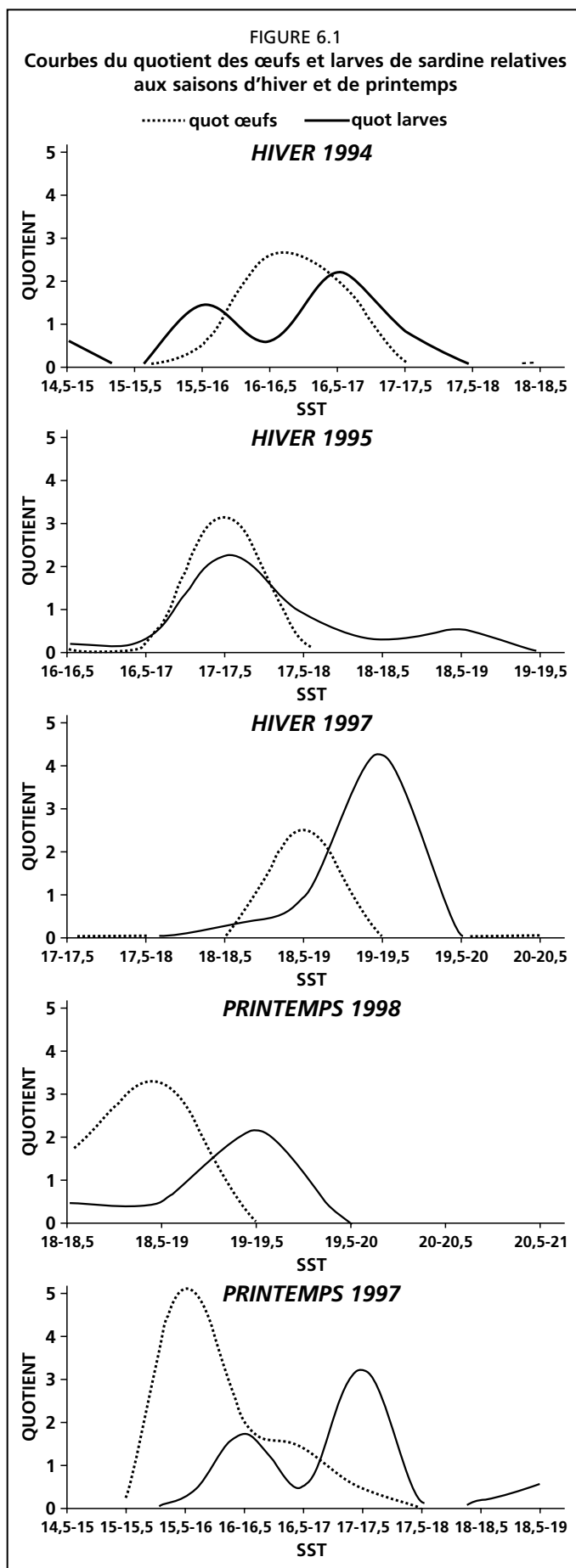
Saison	Hiver 1994	Hiver 1995	Hiver 1997	Printemps 1998	Printemps 1999	Été 1994	Été 1995	Été 1997	Été 1998	Été 1999
Distance en km	112	170	128	210	170	266	212	166	89	258

4. FRÉQUENCE DES TEMPÉRATURES ET ANALYSE DU QUOTIENT

Pour les œufs

L'analyse du quotient d'œufs montre un pic vers 16-17 °C en hiver 1994, 17-17,5 °C en hiver 1995 et 18,5-19 °C en hiver 1997 (figure 6.1). Au printemps, le pic du quotient des œufs est enregistré vers 18,5-19 °C en 1998; alors qu'en avril 1999 la sélection est moins nette (pic>4) (figure 6.1).

En été (figure 6.2), seuls les quotients relatifs aux campagnes de 1998 et 1999 présentent des valeurs qui indiquent une sélection et correspondent aux classes 17,5-18 et 19,5-20 (1998) et 19-19,5 °C (1999). En 1994 et 1997, les quotients n'indiquent pas une sélection



car les valeurs dépassent 4, alors qu'elles sont inférieures à 1 en 1995.

Pour les larves

En hiver-printemps (figure 6.1), les classes de température correspondant aux pics de quotient des larves sont soit les mêmes que celles observées pour les œufs, soit situées de part ou d'autre par rapport à ces dernières. En hiver 1994 et 1997, les pics sont légèrement décalés vers des classes de température plus élevée (16,5-17 °C, 19-19,5 °C respectivement); alors qu'en hiver 1995, le pic du quotient des larves coïncide avec celui des œufs, à 17-17,5 °C. Au printemps, les pics sont observés à 19-19,5 °C en 1998 et à 17-17,5 °C en 1999.

En été (figure 6.2), hormis la campagne de 1999 durant laquelle le pic du quotient des larves coïncide avec celui des œufs (19-19,5 °C), les larves montrent une sélection nette vis-à-vis de la température (Quotient >1) généralement pour des gammes de température plus larges et plus élevées que celles observées pour les œufs. Ces gammes varient entre 18-18,5 °C (1998) à 20,5-21 °C (1995 et 1997).

L'analyse saisonnière du quotient thermique indique des préférences instantanées qui sont dues à une adaptation aux conditions du milieu à un moment donné (Berraho, 2007). Cependant, une préférence thermique de ponte spécifique à l'espèce peut être mise en évidence par un quotient global issu de l'analyse de données relatives à toutes les saisons étudiées (hiver, printemps et été). Cette dernière analyse est représentée par la figure 7, qui montre également la relation entre le quotient, la densité relative des œufs de sardine relative à l'ensemble des saisons considérées et le nombre d'occurrence des œufs à chaque classe de température (nombre de stations avec présence d'œufs).

L'habitat thermique préférentiel de ponte de la sardine se situe globalement dans une fenêtre thermique comprise entre 15,5 et 17,5 °C. La relation entre le quotient et la densité relative apparaît

évidente. Toutefois, le quotient élevé observé à 22-22,5 °C ne correspond pas à une sélection car il est relatif à une seule observation (occurrence = 1), malgré une densité relative élevée. Ainsi pour un quotient sélectif, un seuil minimum d'occurrence d'oeufs doit être, d'abord, pris en considération. Dans notre étude, ce seuil est estimé à 3 (correspond à la classe 15,5 – 16 °C).

Discussion et conclusion

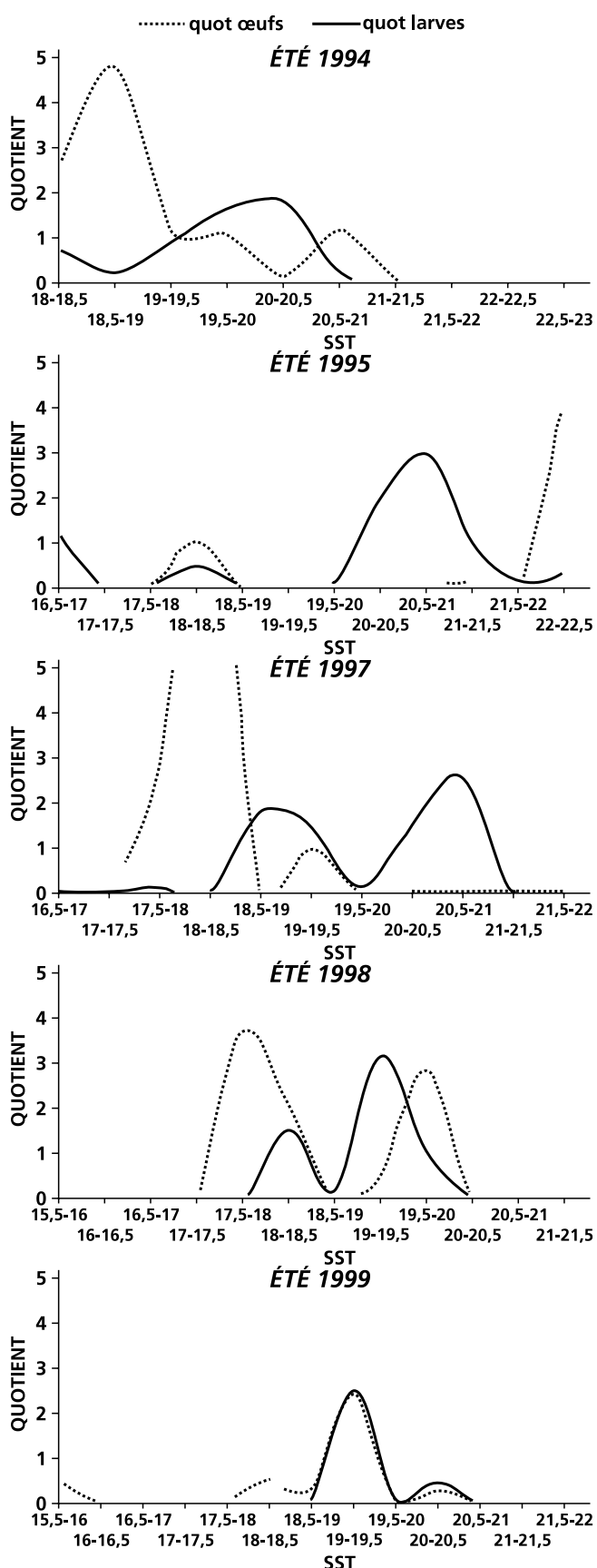
La distribution spatio-temporelle des oeufs et larves dépend du lieu de ponte, dans un premier temps, puis des conditions hydrologiques et trophiques qui influencent la distribution de l'ichtyoplancton. Ainsi, la variation annuelle dans l'environnement océanographique peut causer des changements interannuels sur la distribution du poisson adulte, ainsi que sur les produits de ponte (Ettahiri *et al.* 2003).

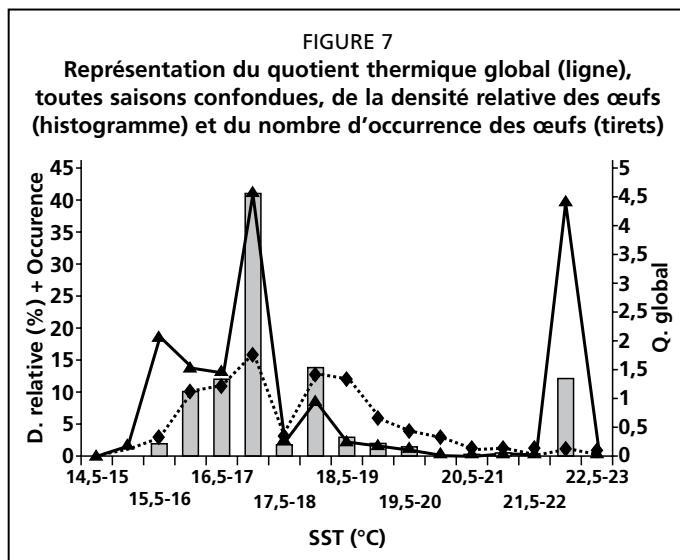
La région située entre le cap Boujador et le cap Blanc est caractérisée par une hydrologie assez particulière. En effet, cette zone est le siège du phénomène d'upwelling dont les épices se situent au niveau de cap Boujador, Dakhla et entre cap Barbas-cap Blanc (Makaoui *et al.*, 2005). La sous zone cap Barbas-cap Blanc est également le siège de rencontre des eaux centrales sud atlantiques (ECSA) et des eaux centrales nord Atlantiques (ECNA) (Minas, Codispoti & Dugdale, 1982; Makaoui *et al.*, 2005). C'est aussi la zone la plus peuplée en phytoplancton (Somoue *et al.*, 2003).

La zone d'étude est caractérisée aussi par un potentiel halieutique considérable (70 pour cent du potentiel global de petits pélagiques de la façade Atlantique marocaine).

Dans la région de cap Blanc (21°N), Palomera et Rubies (1982) ont trouvé, au printemps, des larves appartenant à 65 taxons. Toutefois, *Sardina pilchardus* domine largement avec 94 pour cent des larves examinées. Cette dominance des clupéidés est une caractéristique du système d'upwelling des Canaries.

FIGURE 6.2
 Courbes du quotient des œufs et larves de sardine relatives à la saison d'été





Selon notre étude, la ponte de la sardine dans la région sud marocaine (cap Boujador-cap Blanc) a lieu, probablement, presque toute l'année. En effet, les campagnes réalisées entre 1994 et 1999 couvrent les mois de janvier à avril et de juin à août. Par ailleurs et selon des prospections océanographiques ultérieures de l'INRH, des pontes ont été observées également en mai (2003), septembre (2004), octobre-novembre (2003) et novembre-décembre (2007) (Rapport interne de l'INRH, 2008). Cependant, la sardine du stock central (Safi-Tarfaya) présente une ponte principale en hiver et un repos sexuel en

été (Amenzoui *et al.*, 2005; Berraho, 2007). Cette particularité de la sardine du stock sud par comparaison au stock central pourrait être considérée comme une adaptation à une contrainte hydrodynamique qui caractérise la zone sud: un upwelling permanent avec dispersion, dérive et perte de produits de la ponte vers le large.

De plus, chez la plupart des petits pélagiques dont la ponte est fractionnée, la reproduction est étalée sur toute l'année avec des périodes de ponte plus intense. Ainsi, en période principale de ponte, l'espèce trouve des conditions environnementales les plus favorables, alors que lors des périodes secondaires, la ponte est de faible intensité et plus dispersée dans l'espace. Par ailleurs, la région de cap Boujador est la limite entre deux systèmes hydrologiques différents qui engendrent deux comportements de reproduction opposés: un comportement où la période d'intense reproduction est en dehors du maximum d'upwelling, observé au nord de cette limite, et un autre comportement, au sud, qui fait coïncider les périodes de ponte avec les saisons d'upwelling (Roy, 1989).

La définition de frayère et nourricerie doit prendre en considération la dynamique de l'océan, la production du milieu et la présence d'œufs et de larves (Heath, 1992). Cette étude montre que la frayère principale de la sardine, dans l'Atlantique marocain sud, se situe entre Dakhla (24°N) et le sud de cap Boujador (25°N), alors que la nourricerie principale se situe, plus au sud, entre la Baie de Cintra (23°N) et Dakhla (24°N) avec un certain chevauchement vers la région de Dakhla.

La position des centroïdes d'œufs et de larves permet de faire une distinction entre zones de frayères et de nourriceries principales et montre l'influence des facteurs physiques sur les organismes marins, principalement ceux qui sont passifs (Rodriguez *et al.*, 1996). L'existence d'un déplacement (dérive) des produits de ponte du nord au sud, le long de la côte, est ainsi démontrée aussi bien par la position des produits de ponte par rapport à la côte que par le positionnement des centroïdes d'œufs par rapport à ceux de larves. La présence de larves au large en absence de concentration d'œufs (pas de ponte) constitue un argument en faveur du phénomène de dérive.

En effet, les distances calculées entre les centroïdes des œufs et ceux des larves, pour la même campagne, montrent que les valeurs observées sont largement supérieures en été par rapport à celles enregistrées en hiver (à l'exception de l'année 1998). Ceci peut être mis en relation avec les variations saisonnières du régime du vent dans la région des Canaries, déterminé principalement par l'emplacement de l'anticyclone des Açores. En hiver, les vents Alizés, d'origine nord-est, ont une direction parallèle à la côte avec une intensité minimale moyenne de 2,7 m/s (en janvier); alors qu'en été il augmentent d'intensité avec un maximum mensuel moyen de 8,7 m/s (en août) et commencent à dévier vers le large (Pelegrí *et al.*, 2005).

En terme de production, le maximum en chlorophylle 'a' et en zooplancton se localise vers le sud de Dakhla (Berraho, 2007). Ceci est dû à la présence d'une remontée au niveau de Dakhla, caractérisée par deux cellules (à la côte et au large) (Makaoui *et al.*, 2005) et à l'intrusion vers le nord, à partir de cap Blanc, des ECSA qui peuvent arriver jusqu'à la latitude 24°N (Huges et Barton, 1974; Barton, 1998). Selon Hagen (2001), le transfert partiel des propriétés de l'eau ECSA, riche en sels nutritifs, à l'upwelling côtier contribue de manière significative à la production biologique.

5. RÉFÉRENCES

- Amenzoui, K., Ferhan-Tachinante, F., Yahyaoui, A., Mesfioui, A. & Kifani, S. 2005. *Étude de quelques aspects de la reproduction de Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la région de Laâyoune (Maroc), *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, Vol. 26-27 (2005), pp. 43-50.
- Berraho, A. 2007. *Relations spatialisées entre milieu et ichtyoplancton des petits pélagiques de la côte Atlantique marocaine (zones centrale et sud)*. Thèse Doctorat, Université Mohamed V, Rabat.
- Barton, E.D. 1998. Eastern boundary of the North Atlantic: Northwest Africa and Iberia. In A.R. Robinson & K.H. Brink, eds. *The Sea*. John Wiley and sons Inc., New York, pp. 633-657.
- Chesney, E. J. & Alonso-Noval, M. 1989. *Costal upwelling and early life history of sardines, Sardina pilchardus, along the Galician coast of Spain*. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions CIEM/ICES, 191: 63-69.
- Cushing, D.H. 1971. *Upwelling and fish production*. Adv. Mar. Biol., 9: 255-334.
- Drapeau, L. 2000. *Statistiques et interpolations dans les SIG. Towards the use of geographic information systems as a support tool for the management of Mediterranean fisheries*. Informes Estudios, COPEMED.
- Ettahiri, O., Berraho, A., Vidy, G., Ramdani, M. & Do chi, T. 2003. Observation on the spawning of Sardina and Sardinella off the south Moroccan Atlantic coast (21°-26° N). *Fisheries Research*, 60: 207-222.
- Ferreiro, M. J. & Labarta, U. 1984. Spawning areas and seasons of three clupeid species (Sardina pilchardus, Spratus spratus and Engraulis encrasicolus) in the Ria of Vigo (Galician coasts, NW Spain). *Cybiurn*, 8 (3): 79- 96.
- Hagen, E. 2001. *Northwest African upwelling scenario*. Oceanologica acta, 24 (suppl): 113-128.
- Heath, M.R. 1992. Field investigations of the early life stages of marine fish. *Advances in Marine Biology*, 28: 1-174.
- Huges, P., Barton, E.D. 1974. Stratification and water mass structure in the upwelling area off Northwest Africa in April/May 1969. *Deep-Sea Research*, 21: 611-628.
- Jenness, J. 2004. *Weighted mean extension for Arc View3. x, v. 1.2c*. Jenness enterprises.
- Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D.B., Hernandez-Vasquez, S. & Salinas-Zavala, C.A. 1991. *Sardine and anchovy spawning as related to temperature and upwelling in the California current system*. CalCOFI Rep., 32: 105-111.
- Makaoui, A., Orbi, A., Hilmi, K., Zizah, S., Larissi, J. & Talbi, M. 2005. *L'upwelling de la côte Atlantique du Maroc entre 1994 et 1998*. C. R. Geoscience, 1518-1524.
- Minas, H.J., Codispoti, L.A. & Dugdale, R.C. 1982. *Nutrient and primary production in the upwelling region of Northwest Africa*. Rapports CIEM/ICES, 180: 148-183.
- Palomera, I. & Rubies, P. 1982. *Kinds and distribution of fish eggs and larvae off Northwest Africa in April/May 1973*. Rapports et Proces-Verbaux des Reunions CIEM/ICES. 180: 356-358.
- Pauly, D. & Tsukayama, I. 1987. On the implementation of management-oriented fishery research: the case of the Peruvian anchoveta, pp. 1-13 In D. Pauly & I. Tsukayama eds. *The Peruvian Anchoveta and its Upwelling Ecosystem: Three Decades of Change*. ICLARM, Studies and Reviews 15, 351 p.

- Pelegri, J.L., Aristegui, J., Cana, L., Gonzalez-Davila, M., Hernandez-guerra, A., Hernandez-Leon, S., Marrero-Diaz, A., Montero, M.F., Sangra, P. & Santana-Casiano, M. 2005. Coupling between the open sea and the coastal upwelling region off northwest Africa: Water recirculation and offshore pumping of organic matter. *Journal of Marine Systems*, 54 (1-4): 3-37.
- Rodriguez, J.M., Hernandez-Leon, S. & Barton, E.D. 1996. Mesoscale distribution of fish larvae in relation to an upwelling filament off Northwest Africa. *Deep-Sea Research*, 46: 1969-1984.
- Roy, C. 1989. Les stratégies de reproduction des clupéidés dans les zones d'upwelling. *Aquatic Living Resources*, 2: 21-29.
- Rubies, P. & Palomera, I. 1977. *Abundance and distribution of sardine eggs and larvae of Northwest Africa, April-May 1973*. ICES CM 1977/L: 7.
- Ryther, J. H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. The production of organic matter and its conversion to higher forms of life vary through the world ocean. *Science*. 166: 72-76.
- Smith, P.E. & Richardson, S.L. 1979. *Técnicas estandar para prospecciones de huevos y larvas de peces pelagicos*. FAO, Documento Técnico de Pesca, 175, 107 pp.
- Somoue, L., Elkhiaty, N., Vaquer, A., Ramdani, M., Ettahiri, O., Makaoui, A. & Berraho, A. 2003. Contribution à l'étude des diatomées dans l'écosystème pélagique côtier au sud de l'Atlantique marocain (21°N - 26°30'N). *Journal Recherche Océanographique*. 28: 1-13.
- Van der Lingen, C.D., Hutchings, L., Merkle, D., van der Westhuizen, J.J. & Nelson, J. 2001. Comparative spawning habitats of anchovy (*Engraulis capensis*) and sardine (*Sardinops sagas*) in the southern benguella ecosystem. P. 185-209. In G.H. Kruse, N. Bez, T. Booth, M. Dorn, S. Hills, R.N. Lipcius, D. Pelletier, C. Roy, S.J. Smith & D. Witherell, eds. *Spatial process and Management of Marine Populations*. University of Alaska Sea Grant, AK-SG-01 -02, Fairbanks, USA.

Activity of European pelagic trawlers fishing in Mauritania and landing in the port of Las Palmas de Gran Canaria (Canary Islands, Spain) from 2004 to 2007 – Relationship between catches and SST/SSTA

Activité des chalutiers pélagiques européenne pêchant en Mauritanie et débarquant au port de Las Palmas de Gran Canaria (îles Canaries, Espagne) de 2004 à 2007. Relation entre captures et SST/SSTA
(English only/En anglais seulement)

P. Pascual-Alayón, M.T.G. Santamaría, E. Balguerías, E. Hernández,
L. Bravo de Laguna, A. Sancho and V. Duque

Centro Oceanográfico de Canarias, Instituto Español de Oceanografía
38005 Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, España
<pedro.pascual@ca.ieo.es>

Pascual-Alayón, P., Santamaría, M.T.G., Balguerías, E., Hernández, E., Bravo de Laguna, L., Sancho, A. and Duque, V. 2011. Activity of European pelagic trawlers fishing in Mauritania and landing in the port of Las Palmas de Gran Canaria (Canary Islands, Spain) from 2004 to 2007 – Relationship between catches and SST/SSTA. In/ Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/ Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

According with the COMMISSION REGULATION (EC) No 1581/2004 of 27 August 2004 and amending Regulation (EC) No 1639/2001 establishing the minimum and extended Community programmes for the collection of data in the fisheries sector and laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EC) No 1543/2000, the current study presents the fishing activity of the UE fleet of pelagic trawlers in the period between 2004 and 2007 in the FAO division 34 and their catches and landings in the port of Las Palmas de Gran Canaria (Canary Islands). Figures for captures, effort of the target, accessory species as well as a comparative analysis between them by year are presented.

Satellite-derived sea-surface temperature (SST) and oscillations of SST anomalies were analyzed, trying to detect analytically changes in the oceanographic conditions that may affect the level of catches.

RÉSUMÉ

Selon la Commission de Régulation (EC) No 1581/2004 du 27 août 2004, et le remaniement de régulation (EC) No 1639/2001, lesquelles établissent les programmes minimal et étendu de la Communauté pour le rassemblement de renseignements au secteur de la pêche, et en appliquant les règles détaillées pour l'application de la régulation du conseil (EC) N° 1543/2000, le présent document offre les renseignements de l'activité de pêche de chalutage de la flotte de l'UE à la division 34 de la FAO, et ses captures et déchargements au port de Las Palmas de Gran Canaria (Iles Canaries). On présente les chiffres de capture, l'effort de pêche sur les espèces-cibles, les espèces accessoires et aussi une analyse comparative entre eux par année.

La température de la surface de la mer enregistrée mensuellement par satellite (SST) et les oscillations de ses anomalies ont été analysées, en essayant de détecter des changements analytiques des conditions océanographiques qui peuvent influencer sur le niveau des captures.

1. INTRODUCTION

In accordance with the European Commission Regulation N° 1581/2004 of 27 August 2004 and Amending Regulation N° 1639/2001 which establish the minimum and extended Community programmes for the collection of data in the fisheries sector, laying down detailed rules for the application of Council Regulation N° 1543/2000, the current study shows the fishing activity of the European Union fleet of pelagic trawlers between 2004 and 2007 in the FAO division 34, and their landings in the port of Las Palmas de Gran Canaria (Canary Islands). This report presents figures for catches, fishing effort on the target and accessory species as well as a comparative analysis of their trends and their relationship with the sea temperature.

2. METHODOLOGY

The satellite-derived sea-surface temperature (SST) and oscillations of SST anomalies (SSTA) were analysed trying to detect changes in the oceanographic conditions that may affect the level of catches. The SST and SSTA data were obtained from the IGOSS database, located at the International Research Institute for Climate Prediction (IRI) seated at the Columbia University. The chosen zone was the geographical square limited by latitude 16.5° N–20.5° N and longitude 17° W– 21.5° W, assigning the SST and SSTA values to the midpoint of each 1°x1° grid by month.



3. RESULTS

The technical characteristics of vessels and target species are shown in Figure 1 and Tables 1, 2 and 3.

TABLE 1
 Main characteristics of vessels landing in Las Palmas

Average number of vessels	6
Tonnage (GT)	5 578 to 14 055
Power (CV)	7 007 to 9 840
Length (m)	107 to 144
Construction years	1 988 to 2 000

TABLE 2
 The target species sampled in Las Palmas

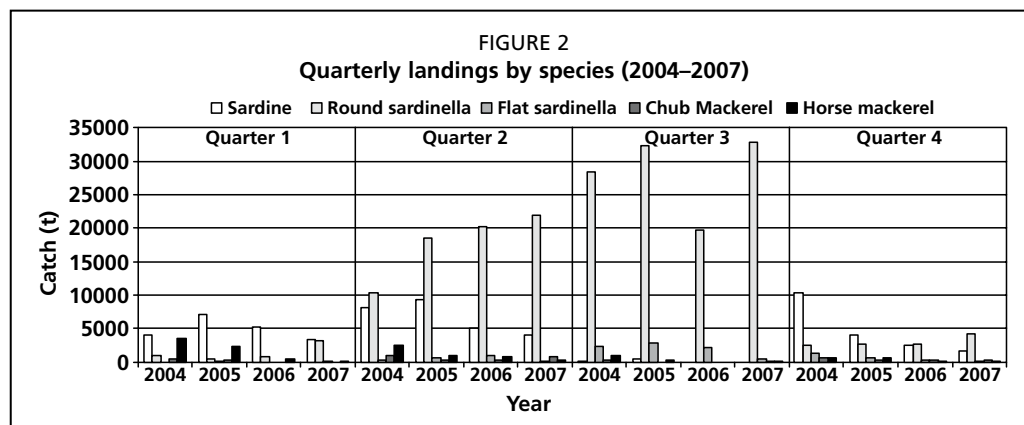
	Catch (t)	N° of trips
2004	80 191	23
2005	85 827	25
2006	60 217	20
2007	75 413	23

TABLE 3
 Landings and fishing effort (2004–2007)

Target species	Common name
<i>Sardinella aurita</i> Valenciennes, 1847	Round sardinella
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	Sardine
<i>Sardinella maderensis</i> (Lowe, 1838)	Flat sardinella
<i>Scomber colias</i> (Gmelin, 1789)	Chub mackerel
<i>Trachurus</i> spp.	Horse mackerels

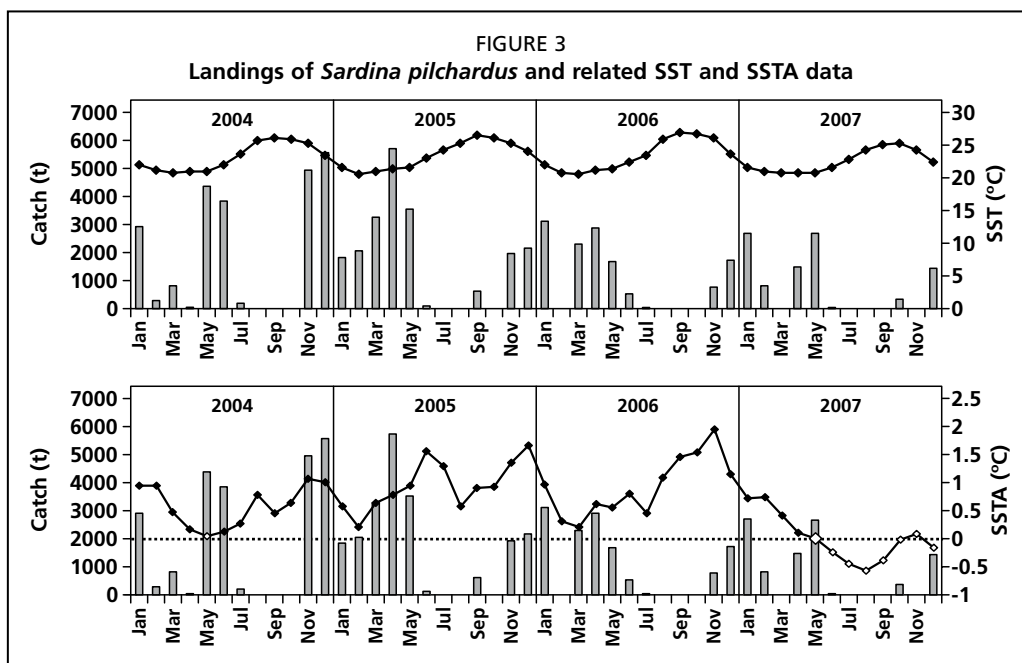
It can be noted that the total landing reached the highest level in 2005 (with 85 827 tonnes) and their lowest level in 2006 (with 60 217 tonnes).

The seasonal (quarterly) landings of target species from 2004 to 2007 in Las Palmas Port are shown in Figure 2. The landings of sardines are significant in winter while landings of sardinellas predominate in summer

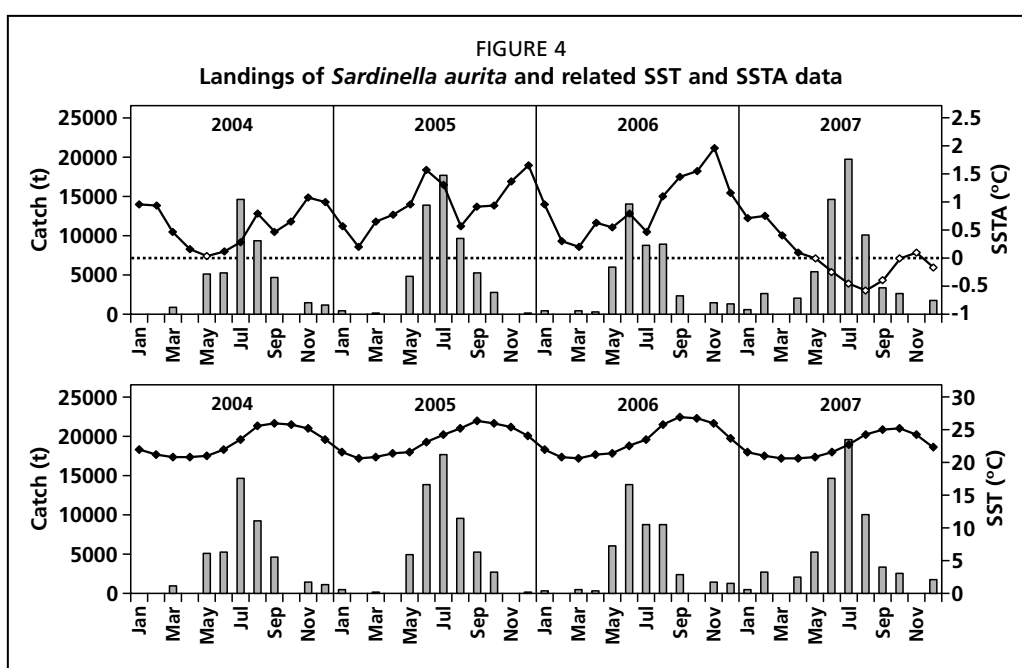


On the other hand, we can see the evolution of the catches by species – and by year – in the total period. The most significant aspect is the relative decrease of *S. pilchardus* in the landings (from 29 percent in 2004 to 13 percent in 2007, Figure 3, top panel) and the progressive increase of *S. aurita* (from 53 percent in 2004 to 83 percent in 2007, Figure 4, top panel).

For sardine, the landings are clearly seasonal and their maximum occurs in the coldest period of the year, coinciding with the spawning season in Mauritanian waters. On Figure 3, we can see the sea surface temperature (anomalies SSTa) for the last four years in Mauritanian waters. These anomalies were always positive until the mid-year



2007 when they changed to negative. Sardine is a cold water species. As a consequence, the warmer period (line with red dots in Figure 1, bottom panel) is less favourable and this might be the reason of the constant decrease of their importance in the landings. To confirm this assumption, it would be interesting to analyse the catches in the next years as the anomaly reversed and sea waters will probably be slightly colder.



For the round sardinella, landings are also seasonal and the most important ones occur in the first months of summer coinciding with the spawning time. This species favours clear saline water with a temperature range between 18° C and 25° C. The warm period (line with red dots in Figure 3, bottom panel) might be favourable for this species explaining perhaps the relative increase in landings of this species during the period. Landings of the other target species in Las Palmas did not show any seasonal periodicity and their relationship with the sea surface temperature was not evident.

Distribution of clupeid species on the shelf in the southern part of Senegambia

Distribution de l'espèce des clupéidés sur le plateau dans la partie sud de la Sénégalie
(English only/En anglais seulement)

Jens-Otto Krakstad^{1*}, Abdoulaye Sarré², Ibrahima Sow², Ebou Mass Mbye³ and Åsmund Skålevik^{1**}

¹ Institute of Marine Research (IMR), P.O. Box 1870 Nordnes, N-5817 Bergen, Norway

*<jensotto@imr.no> **<asmund.skalevik@imr.no>

² Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye (CRODT), BP 2241, Dakar, Senegal
<ablaysarrey@yahoo.fr>

³ Fisheries department, 6 Marina Parade, Banjul, The Gambia
<emmbye@yahoo.co.uk>

Krakstad, J.O., Sarre, A., Sow, I., Mbye, E.M. and Skålevik, Å 2011. Distribution of clupeid species on the shelf in the southern part of Senegambia. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad and A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

Since 1981, the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* has covered the coast of Senegal in numerous surveys. The majority of these have been assessment surveys of the small pelagic resources of the North West African region. These surveys are regional reference for abundance estimates of the main small pelagic species, notably the sardinella and horse mackerel. The surveys have generally covered an area with depths ranging from 15 m inshore to 500 m offshore. The southern part of the Senegambian shelf from Cape Verde to Casamance has relatively large areas shallower than 15 m depth that cannot be surveyed with a large vessel like the Nansen. It is therefore important to understand the distribution and identify which part of the biomass of the various species are distributed inshore of the area covered by this vessel.

This work will focus on the general distribution pattern and overlap between the four species *Ethmalosa fimbriata*, *Ilisha africana*, *Sardinella maderensis* and *S. aurita* on the southern Senegambian shelf, comparing data from the Nansen

with that of the local Senegalese research vessels, the R/V *Itaf Deme* and the R/V *Diassanga*. It also attempts to examine which part of the resources have not been covered by the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*, and more generally, discuss how to survey adequately shallow water areas.

Keywords: Senegambia, distribution, *Ethmalosa fimbriata*, *Ilisha africana*, *Sardinella* sp.

RÉSUMÉ

Depuis 1981, le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* a couvert la côte sénégalaise au cours de diverses campagnes de prospection. La plupart ont été des campagnes d'évaluation des ressources de petits pélagiques dans la région nord-ouest africaine. Ces campagnes sont la référence régionale pour les principaux stocks de petits pélagiques, notamment sardinelles et chinchards. Les campagnes ont généralement couvert la zone comprise entre les profondeurs de 15 et 500 m. La partie sud du plateau sénégalais, du Cap Vert à la Casamance présente des zones relativement étendues de profondeur inférieure à 15 m qui ne peuvent pas être prospectées avec un navire aussi grand que le N/R *Dr. Fridtjof Nansen*. Il est alors important de comprendre la distribution des différentes espèces et d'identifier quelle part de leur biomasse se trouve concentrée dans la zone côtière non prospectée.

Ce travail s'intéresse à la distribution générale des quatre espèces *Ethmalosa fimbriata*, *Ilisha africana*, *Sardinella maderensis* et *S. aurita* sur le sud du plateau sénégalais en comparant les données du N/R *Dr. Fridtjof Nansen* avec celles des navires de recherche sénégalais, N/R *Itaf Dème* et N/R *Diassanga*. L'étude tentera aussi d'identifier quelle part de la ressource n'a pas été couverte par le N/R *Dr. Fridtjof Nansen*, et plus généralement de discuter comment évaluer convenablement les ressources des régions peu profondes.

Mots clés: Sénégal, distribution, *Ethmalosa fimbriata*, *Ilisha africana*, *Sardinella* sp.

1. INTRODUCTION

The R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (hereafter the Nansen) has covered the coast of Senegal and The Gambia in numerous surveys since 1981. The majority of these have been assessment surveys of the pelagic fish resources in the North West African region and the related time series is the regional reference for abundance estimates of the major small pelagic species, notably *sardinellas* and horse mackerel (e.g. Krakstad *et al.*, 2005; Krakstad *et al.*, 2006). The surveys have covered the shelf and slope of the region from 15 m–500 m bottom depth with CTD transect extending offshore off this, sometimes to 1500 m depth. Among the clupeid species, the two *sardinellas*, *Sardinella maderensis* and *S. aurita* are considered target species during the survey, while the locally very important *Ethmalosa fimbriata* and the relatively abundant *Ilisha africana* are picked up in catches in shallow water areas.

It is generally an assumption in the assessment that the surveys have covered the targeted fish stocks adequately, but the North West African region has, in certain places, a long shallow shelf with relatively large marine areas with less than 15 m bottom depth. It is not known to what extent the distribution of some of the target species continues inshore of the investigated area. This applies especially to the Banc d'Arguin in Mauritania (Hofstede *et al.*, 2007) and the inner shelf and the river systems between Cap Verde and the Casamance in Senegal and The Gambia (Albaret *et al.*,

2004; Diadhiou, 1998; Guillard and Lebourges, 1998; Guillard *et al.*, 2004; Simier *et al.*, 2004; Simier *et al.*, 2006; Vidy *et al.*, 2004). A number of studies have been conducted within the various river systems and the species composition and distribution in these are well known (Albaret *et al.*, 2004; Guillard *et al.*, 2004; Simier *et al.*, 2004; Simier *et al.*, 2006; Vidy *et al.*, 2004). However, the coastal waters with <15 m bottom depth have received considerably less attention although some studies have been conducted (Guillard and Lebourges, 1998; Diadhiou, 1998). These shallow areas are important spawning and nursery areas for all the clupeid species (Diouf, 1996; Diadhiou, 1998) and considered to be of high biological importance. No study has been undertaken to estimate how large are the portions of the stocks that might have been missed within these areas. This study will concentrate on the southern shelf of Senegambia from Cape Verde in the north to the border between Senegal and Guinea-Bissau in the South where we know that the abundance of pelagic fish is large inshore of the surveyed area.

This paper investigates the distribution of the four common clupeid species in the region, *E. fimbriata*, *I. africana*, *S. maderensis* and *S. aurita* using catch data from the Nansen. Data kindly provided by the Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye (CRODT) from two local Senegalese vessels, the R/V *Itaf Deme* and R/V *Diassanga* were consulted to provide new information not available from the Nansen dataset or from literature. The study focuses on the distribution of the four species in the surveyed area and no attempt has been made to estimate the biomass of the clupeids inside of the 15 m isobaths. The related implications are touched upon in the discussion.

2. MATERIALS AND METHODS

The R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and the R/V *Itaf Deme* are two research vessels used among others for acoustic abundance estimation of the pelagic fish stocks in Senegal and The Gambia. The R/V *Itaf Deme* is smaller than the Nansen and has an inshore depth limit (including safety margins) of 10 m bottom depth compared with 15 m minimum for the Nansen. The methodology used for acoustic surveys have otherwise generally been the same. A detailed description of survey strategy and methodology can be found in e.g. Krakstad *et al.* (2005; 2006), and results of vessel intercalibration, including target identification conducted between the two vessels in Sarré *et al.* (In prep.). Likewise, the Senegalese small wooden catamaran canoe *Diassanga* specially made for shallow water research has been used for various research projects in estuaries and rivers in Senegal and The Gambia.

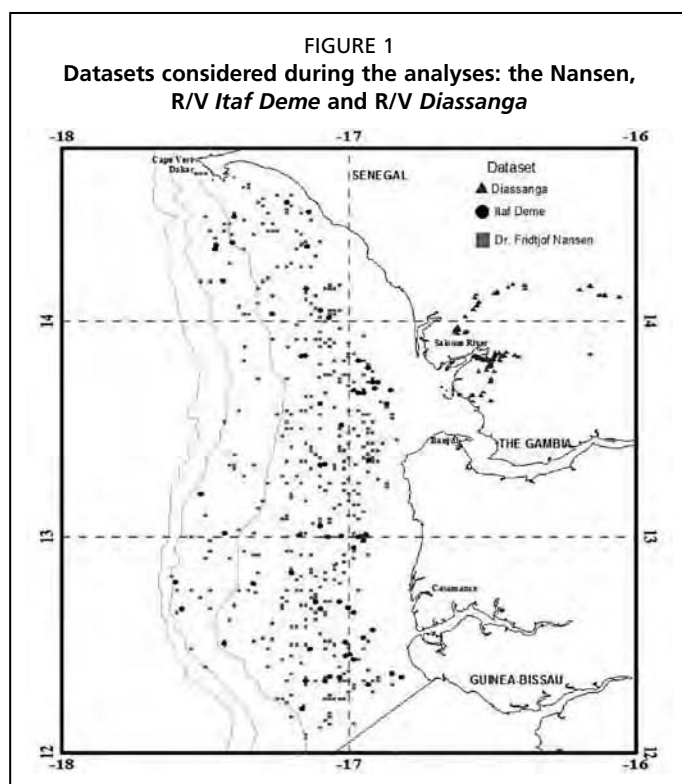
The fishing conducted by the three vessels has been aimed at identification of acoustic targets only, and fishing gear and techniques used differ between vessels, with the Nansen and R/V *Itaf Deme* using pelagic and demersal trawls of different sizes for obtaining trawl samples and the R/V *Diassanga* using a small purse seine (*pers. com.*, I. Sow, CRODT, Dakar). For this reason, no comparison of actual catch size has been conducted between vessels and only the presence of each of the clupeid species was registered. Position of catches from these vessels from all years and surveys were plotted to illustrate the coverage of their surveys. Only the catch data from the Nansen was analysed further. A count of the number of trawl hauls per depth interval containing clupeids from all surveys between 1981 and 2006, and their relative catch rates, were used for analyses of the depth distribution of the four pelagic fish species. It is assumed that although these catches were not randomly obtained, they provide reliable information on the species depth distribution.

To further elucidate the differences in the distribution of *S. maderensis* and *S. aurita*, hydroacoustic data recorded on the Nansen during two surveys undertaken in October 2005 and 2006, for the two species combined, were analysed. The values of the area backscatter coefficient (s_A) recorded from the Simrad ES38B transducer and allocated to *sardinella* spp. were averaged over 1 nm intervals and plotted against depth. Data

collected between transect lines were excluded. Likewise the S_A values recorded onboard the R/V *Itaf Deme* during their annual acoustic abundance survey in October 2007 were analysed. During this survey, the respective S_A contributions of each of the two species were estimated separately by scrutinizing the recordings and using as a separation key the relative proportion of each *sardinella* species in the trawl catches obtained in the area concerned. Research is ongoing in Northwest Africa and elsewhere to better understand the acoustic properties of various fish species in order to improve their identification and assessments (e.g. Ona *et al.*, 2004, Charouki *et al.*, 2011, this volume). The methodology used on board of the R/V *Itaf Deme* is similar to – and does not conflict with – the method used onboard the Nansen where the abundances of the two species are also separated using their relative proportion in the trawl catches but after having converted the backscattered energy into numbers of fish (Pers. Com., J. Dalen, IMR, Bergen). Acoustic transducer and methodology are otherwise the same for the two vessels.

3. RESULTS

Three datasets with catch data from the three research vessels, R/V *Dr. Fridtjof Nansen*,



R/V *Itaf Deme* and R/V *Diassanga* were investigated to find the best spatial coverage of the clupeid species (Figure 1). Approximately 5 300 nm² have annually been surveyed between Casamance and Cape Verde by the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* during 20 surveys conducted since 1981. All together a total of 1 320 trawl hauls were conducted of which 496 hauls contained the species considered in this work. The R/V *Itaf Deme* had conducted considerably less surveys but it was expected that it could provide more information from shallow waters. In fact, although the vessel went slightly shallower than the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (to 10 m depth) and acoustic observations clearly indicated concentrations of clupeids between 10 and 15 m of waters, this could not be confirmed independently by trawl catches as the R/V *Itaf Deme* did not conduct any trawls within that

depth range. Analyses of species composition in catches from the R/V *Itaf Deme* compared well with those of the Nansen (Sarré *et al.*, in prep.).

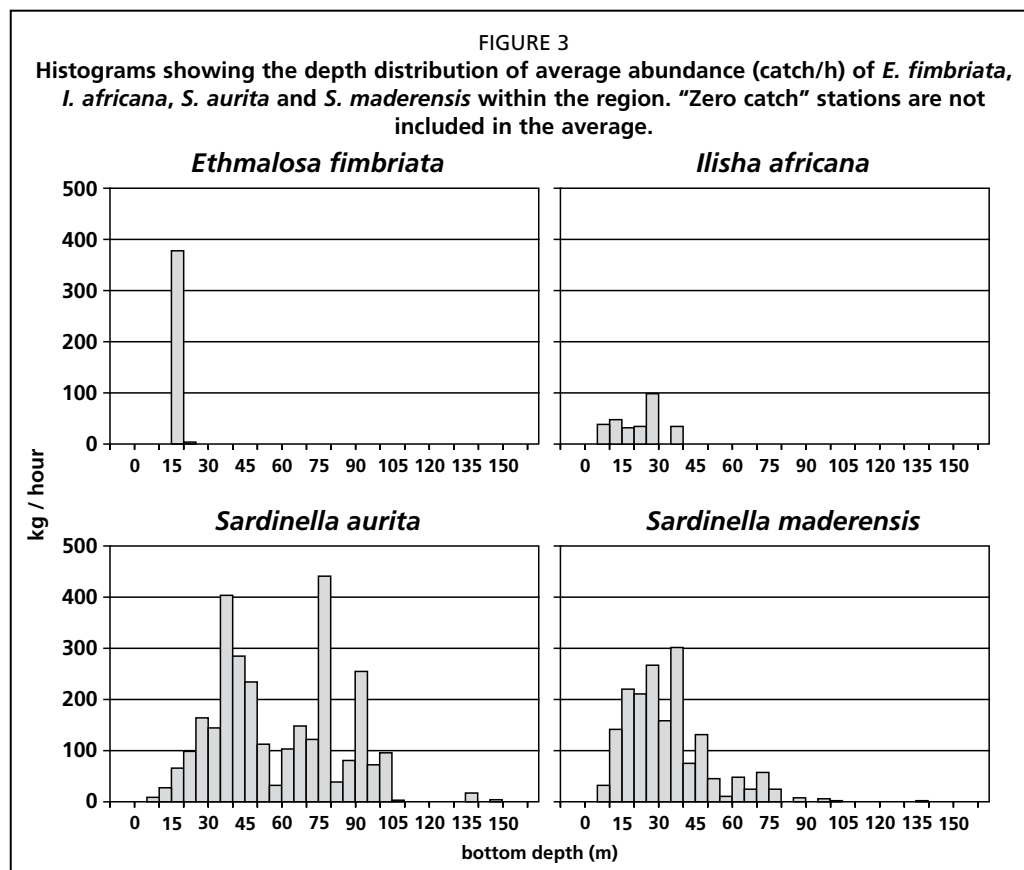
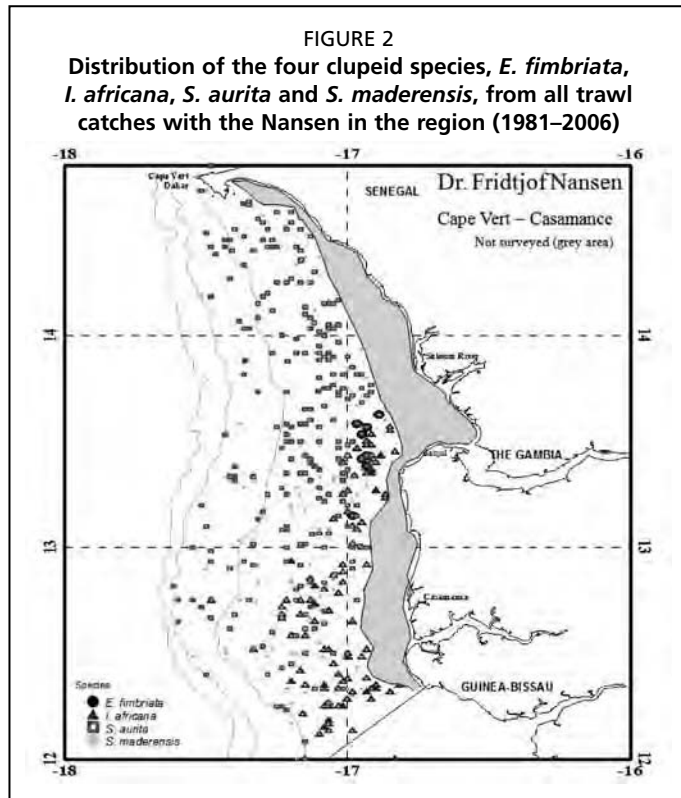
Data from the R/V *Diassanga* covered the Saloum River system and confirm the inshore presence of the four clupeids. They confirm that *S. maderensis*, *I. africana* and *E. fimbriata* were distributed all the way into the river systems far inshore of the surveyed area by the Nansen. The R/V *Diassanga* dataset was not used for further analyses.

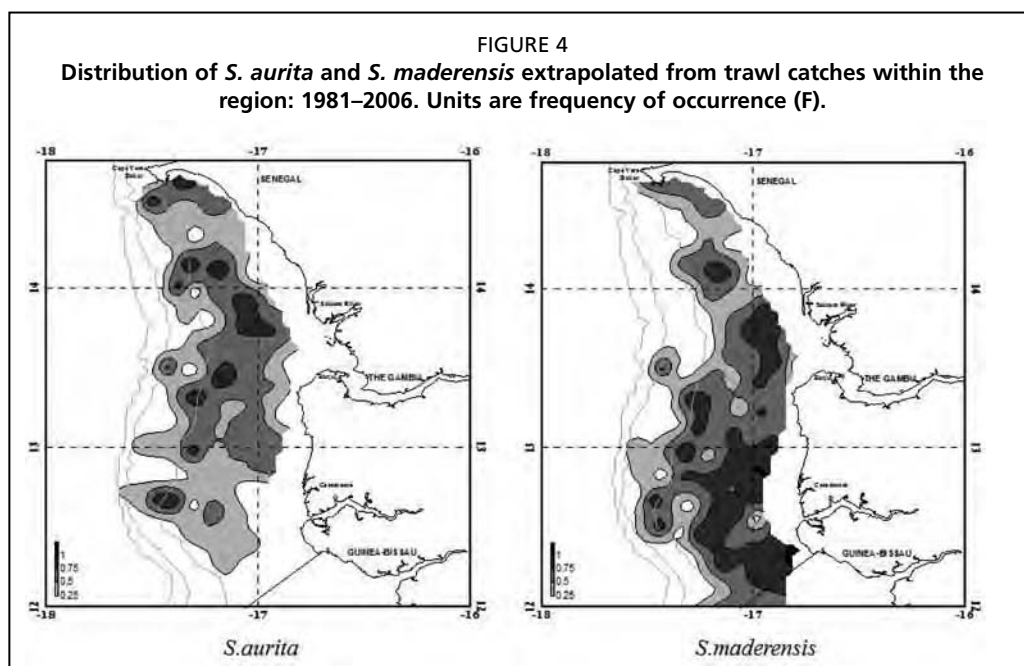
The three datasets illustrate the fact that key quantitative data are missing for the shallow waters covering approximately 1 500 nm² between the coast and 15 m depth where no acoustic survey of abundance has been conducted. The river systems, and offshore waters deeper than 15 m bottom depth on each side of this shallow water coastal area are both well investigated.

The trawl catch data of the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (1981–2006) was used to map the locations where the four clupeid species have been found (Figure 2). This map,

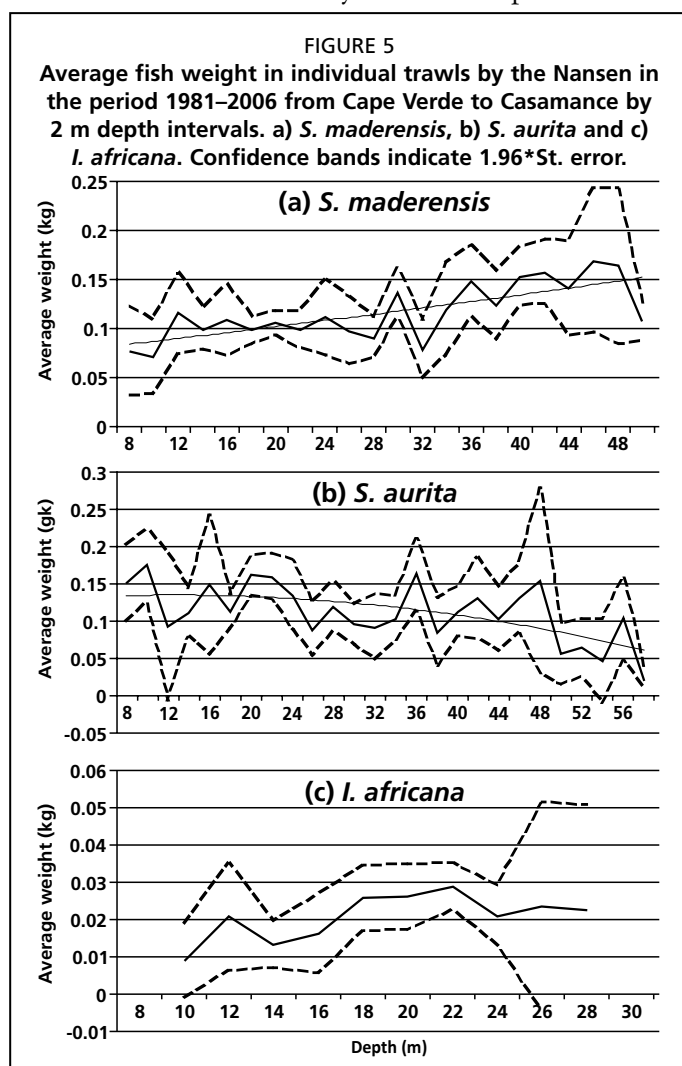
together with a histogram showing the depth distribution of relative catch rates of the four species, (Figure 3) elucidates the distribution of the species. The distribution of *I. Africana* extends from the Sine Saloum river to the border between Senegal and Guinea-Bissau and reaches approximately 40 m depth. The distribution of *E. fimbriata* reaches approximately 15–20 m depth but only off The Gambia river. There is no indication of a marine inshore distribution limit but this species is known to exist abundantly in estuaries and lagoons (cf. Discussion and conclusions). None of the two species were recorded in the Nansen surveys between the Saloum River and Cape Verde.

The distribution area of the *S. maderensis* and *S. aurita* is to a larger extent covered by the surveys. Average catch rates of both species decline in shallow waters (Figure 3). *S. aurita* declines rapidly from a modal peak at 35–40 m while *S. maderensis* shows a slower decline from a less pronounced modal peak around 25–30 m depth. The catch rates are also declining to zero in the offshore direction with *S. maderensis* reaching approximately 60 m depth with





further scattered occurrences down to 100 m. *Sardinella aurita* has a more offshore distribution with catches still averaging 100 kg/h to 100 m depth, and scattered occurrences beyond this depth. To further elucidate the distribution of these

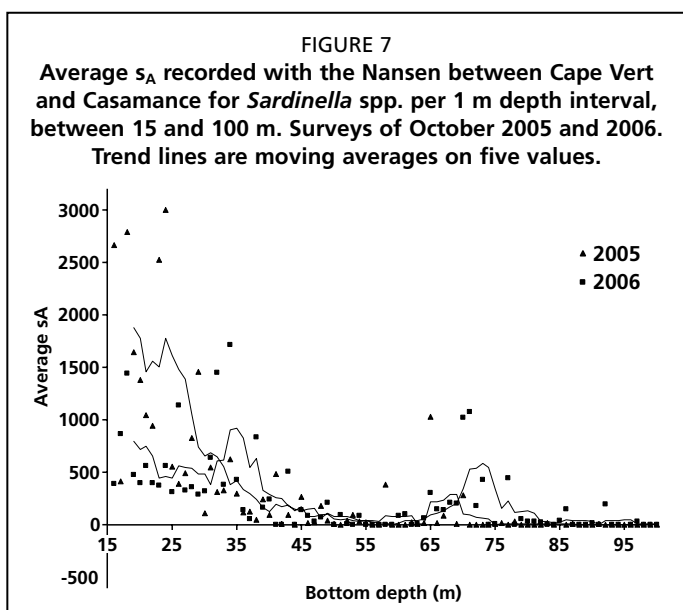
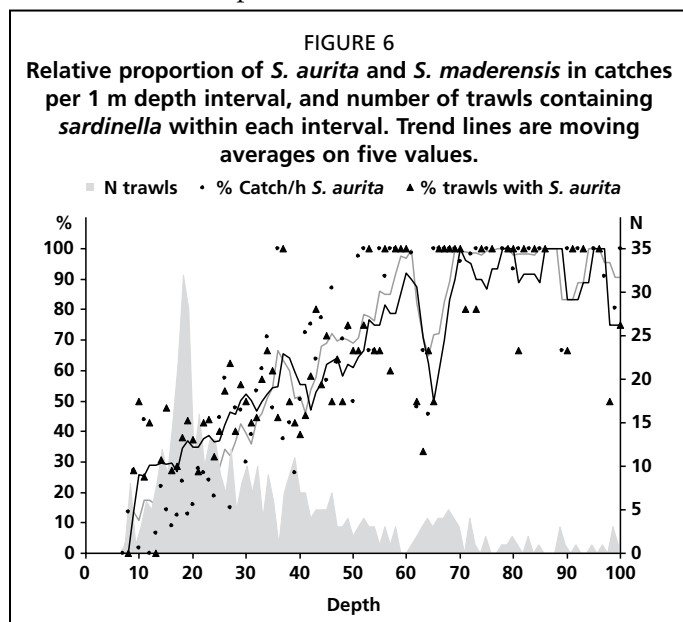


two species, general distribution maps were produced (Figure 4). These are based on the percentage contribution of each of the two target species to the total catch on each individual trawl station. The resulting percentages from trawl stations were averaged within 10×5 nm rectangles arranged parallel to the main direction of the coast to find the mean contribution of the species within the rectangle. The maps indicate that the main concentration of *S. aurita* is found on the central part of the shelf, off The Gambia and Saloum River, with only few detections in the southern part of the Casamance region shelf. Catches are clearly declining shoreward of the survey area. The main distribution of *S. maderensis* is further inshore than that of *S. aurita* with main concentrations on the Casamance region shelf. In this area the concentrations seem to increase shoreward and *S. maderensis* dominates all catches together with *I. africana*. The map also indicates that the distribution extends southwards into Guinea-Bissau with relatively high concentrations. High concentrations of *S. maderensis* are also found off the Sine Saloum estuary.

To further elucidate the distribution pattern, the average body weight of fish in individual trawls (taken by the Nansen in the Cape Verde–Casamance area in 1981–2006) were averaged per 2 m depth intervals and plotted between 10 m and the depth at which the data start to become scattered, (Figure 5a, b and c). Average fish weight may not be used to describe the “true” size distribution of fish in an area because fish of several size cohorts may be caught in the same trawl, but a lower (or higher) average fish weight indicates a larger (or lower) influence of juvenile cohorts in the catches. *S. maderensis* (Figure 5a) shows a classical distribution pattern with increasing mean fish weight with increasing depth indicating a shoreward increase in the concentration of juveniles. On the contrary, *S. aurita* (Figure 5b) shows a relatively stable mean weight between 10–40 m depth and a drop in average weight around 50–60 m indicating a higher concentration of juveniles offshore. The average weight distribution of *I. africana* (Figure 5 c) is less clear but, as for *S. maderensis*, tends to increase with depth.

The relative proportion (in weight) of *S. aurita* and *S. maderensis* in catches and the number of trawls containing sardinella within each depth interval are shown in

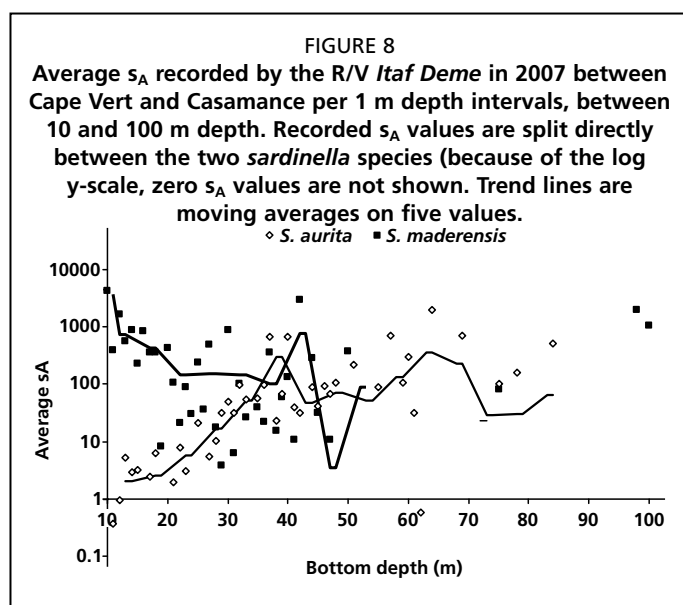
Figure 6. The figure shows that the proportion of *S. aurita* in the catches decreases towards zero in the direction of the inshore limit of the surveyed area, around 10–15 m depth, reaching zero around 10 m depth. However, the proportion of trawl hauls containing some *S. aurita* is still around 25 percent at this inshore limit. The data also shows that the proportion of *S. maderensis* decreases towards deeper waters and the 60 m depth isobath seems to represent their main offshore distribution limit during the investigated period. Some specimens are still present in trawls from deeper waters. Note that sampling intensity, represented by numbers of trawls, to some extent affects the precision of the data. The highest precision is therefore found in shallow waters where most trawls have been conducted due to the high *sardinella* density found there. This can also be confirmed in Figure 7 which shows the average S_A allocated to the two *sardinella* species combined per depth interval (including 0 values) in the two Nansen surveys in October 2005 and October 2006. The two *sardinella* species give very similar acoustic signals and this is the reason why, on board of the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*, the two species are separated (based on their relative proportion in trawl catches made in the area) only after having converted the average S_A values into numbers of fish, (Krakstad



et al., 2006, Sarré *et al.*, in preparation). The average S_A recorded increases towards shallow waters and some year-to-year variability in the distribution of the *sardinellas* can be observed (Figure 7). *Sardinella* is clearly distributed with higher S_A values further inshore in 2005 but also with higher variability in average S_A indicating denser school formations than in 2006. Particularly in 2005, there are no signs of decreasing biomass at the inshore limit of the survey area (15 m bottom depth). In both years a dip in concentration at intermediate depths (35–60 m) can be observed, reflecting reduced sardinella abundance at mid shelf. The increase in S_A values offshore from this area (60–80 m depth), is mainly due to *S. aurita* recorded close to the shelf break.

To confirm the data from the Nansen and to get more data from the shallow region, average S_A recorded by R/V *Itaf Deme* in 2007 between Cape Verde and Casamance between 10 and 100 metres depth, per 1 m depth interval, was plotted in Figure 8. The data from the R/V *Itaf Deme* had recorded S_A values split directly between the two *sardinella* species based on the proportion of the two species in trawl catches. However, it should be noted that R/V *Itaf Deme* did not trawl in areas shallower than 15 m and the separation

of the two species in these areas was based on catches of *sardinella* made in slightly deeper waters. This introduces some uncertainty in the conclusions but the trends in indicators available at the shallow edge of the survey area indicate that the assumption is realistic. The data from the Nansen indicates that the distribution of sardinella in 2007 continues inshore of the shallower depth surveyed (15 m). In addition, based on the trawl catches used during the scrutinizing process onboard the R/V *Itaf Deme*, one must also assume that the abundance of *S. aurita* generally reaches zero around 10 m depth and that at least in this area in 2007, the abundance of *S. maderensis* continued to increase in the areas shallower than 10 m.



4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The data from R/V *Dr. Fridtjof Nansen*, R/V *Itaf Deme* and R/V *Diassanga* made available for this analysis do not give a complete overview of the distribution of the clupeoids between Casamance and Cape Verde. However, literature sources greatly add to the knowledge particularly about the spatial variability of these species within the estuaries and river systems. There are generally two types of estuary or river systems in the region: (i) the Casamance and Saloum estuaries who are “inverse estuaries” (Albaret, 1987; Guillard, 1998; Simier *et al.*, 2004) with highest salinity furthest from the coast, and (ii) The Gambia estuary/river system (Albaret *et al.*, 2004; Guillard *et al.*, 2004; Simier *et al.*, 2006) with a decrease in salinity inland and a large seasonality in salinity concentration due to variations in river flow. The distributions of clupeids are markedly different in these estuaries with highest concentrations in the opening, relatively large seasonality and less clupeids further upstream in the normal estuary (Albaret *et al.*, 2004; Guillard *et al.*, 2004). In the inverse estuaries on the other hand clupeids, particularly *S. maderensis*, may be found far into the river systems in salinities >60 PSU (Guillard, 1998; Simier *et al.*, 2004) illustrating that although very low salinity may limit distribution, high (>35 PSU) salinity in itself is not limiting the distribution of *S. maderensis*. However, salinity may be a proxy for other parameters limiting the distribution in some circumstances.

Ethmalosa fimbriata is an important species in the coastal fishery off The Gambia and in Casamance (e.g. Diadiou, 1998). Registrations of the *E. fimbriata* from the Nansen surveys are few and do not provide any good overview of the distribution of the resource. However, the data (or lack of data) confirms that the species is distributed in the shallow coastal waters mainly in areas shallower than 15 m bottom depth. The few registrations off The Gambia are made mainly between 15–20 m depth with one registration deeper than 20 m. Inshore distribution is all through the Saloum estuary and The Gambia river estuary which are also the main spawning areas (Panfili *et al.*, 2004; Vidy, 2004). High concentrations in The Gambia River are normally only recorded at the end of the wet season and close to the sea, with fish moving upstream in the dry season (Albaret *et al.*, 2004; Guillard *et al.*, 2004). The extended offshore distribution off The Gambia may be caused by the seasonal flooding from The Gambia River that creates favourable environmental conditions for the species in deeper waters.

The distribution area of *llisha africana* was also not properly covered by Nansen surveys. Its distribution is observed offshore to around 40 m bottom depth and southwards with main concentrations on the Casamance shelf extending into Guinea Bissau (this has also been reported historically in Saetersdal *et al.*, 1999). The concentrations overlap roughly with the shelf areas surveyed by the Nansen with minimum surface salinity, maximum temperature and relatively high species diversity (Krakstad *et al.* 2005, 2006) The species although known to have a large capacity for osmoregulation is also associated with areas and periods of minimum salinity (36 PSU) in the Saloum hyperhaline estuarine systems (Simier *et al.*, 2006), and with widest distribution in periods of maximum salinity (highest marine influence) in The Gambia river where it also spawns (Vidy *et al.*, 2004) indicating that the species avoid both extremely low and high salinity concentrations.

None of the two species are recorded in the Nansen surveys between Saloum River and Cape Verde. Possibly this is because both species are associated with the river systems and do not move up the coast away from the rivers too close to the core upwelling systems. Also this region shows the highest salinity and lowest temperature on the shelf when surveyed by the Nansen (Krakstad *et al.*, 2005; Krakstad *et al.*, 2006). Local observations do however confirm the presence of these species further inshore in these areas (*pers. com.*, I. Sow, CRODT, Dakar).

The distribution of *S. aurita* is covered adequately during the Nansen surveys. The typical depth distribution of the species is from 15–100 m depth with the highest concentrations inside of the 50 m depth isobaths, with a modal peak in catch around 35–40 m depth. (Figures 3, 4 and 6). In this area, it is highly mixed with the *S. maderensis*. Further offshore the species becomes dominant with only occasional mixing with *S. maderensis* (Figure 5). Distribution of *S. aurita* is generally deeper and further North than that of the more abundant *S. maderensis*. The concentrations decrease towards areas with minimum surface salinity and maximum surface temperature (Krakstad *et al.*, 2005, Krakstad *et al.*, 2006). Literature studies confirm that *S. aurita* can be found inshore to the mouth of the Saloum estuary (Simier *et al.*, 2006) but recordings are few and the results from this study indicates that it is not abundant inside of the area surveyed by Nansen.

The distribution of *S. maderensis* may not be covered adequately during the Nansen surveys. The average S_A allocated to sardinella is increasing towards the coast. At 20 m bottom depth about 80 percent of the sardinella caught belongs to this species. For all years examined there is an increase in S_A allocated towards the coast. There is also no indication of a clear trend in reduction of S_A towards the shallower end of the transects during the surveys with the Nansen in 2005 and 2006, although the curve seems to be levelling off in 2006 (Figure 7). Neither can such a trend be seen during the survey with the R/V *Itaf Deme* in 2007 (Figure 8) covering the survey area to 10 m bottom

depth. Trawl catch data indicate that the main concentrations of *S. maderensis* are found between 15–40 m depth and that catches of *S. maderensis* are reduced inshore of this range. The concentrations increase towards areas with minimum surface salinity and maximum surface temperature (Krakstad *et al.* 2005; Krakstad *et al.*, 2006) and the inner part of the distribution covered by the survey overlaps with that of the *I. africana*. *Sardinella maderensis* is also described to be abundant particularly in the Saloum estuary, with a distribution far into the Saloum Estuary and The Gambia River (Albaret *et al.*, 2006; Guillard, 1998; Simier *et al.*, 2006).

Implications for biomass estimation of the clupeoids

Knowledge of the variations in distribution pattern is essential for biomass estimation of a given species (McLennan and Simmonds, 1991). It is clearly shown from this study that the Nansen surveys cannot be expected to pick up abundance trends in the populations of *E. fimbriata* or the *I. africana* during their surveys. This was as expected since these surveys were never designed for that.

The sardinella species, on the other hand, are considered target species during the surveys and one expects to obtain reliable abundance recordings. The *S. aurita* seems to be covered adequately by the surveys as it is likely that only small proportions are located between the surveyed area and the coast (Figures 5 and 6). It is therefore likely that the Nansen estimates give reliable information of the fluctuations in stock size of this species with time.

The distribution of the *S. maderensis*, however, is shown to extend far inshore of the area surveyed by the Nansen. This area is almost 22 percent of the total area covered by Nansen between Casamance and Cape Verde. The average S_A per depth interval (Figure 6) from the two years 2005 and 2006 shows that there are temporal differences in how far inshore the sardinellas are distributed, meaning that the proportion missed may vary from year to year. If one assumes that the *S. maderensis* abundance index (average S_A = 1813 in 2005 and 757 in 2006) and mean fish length (20 cm) measured in the 10–15 m depth range are applicable to the non-surveyed area, the undetected biomass may be as much as 675 000 tonnes in 2005 and 282 000 tonnes in 2006.

On the other hand, at some point, both mean fish length and average S_A are likely to decline towards the coast. The above assumptions are therefore not correct, and the undetected biomass figures are probably vast overestimates. They may however, serve to illustrate the seriousness of this unknown factor. Also, looking at the S_A recordings from R/V *Itaf Deme* in Figure 8, it seems that at least in 2007 the abundance of *S. maderensis* continued to increase inside of the area that can be surveyed by Nansen (15 m depth). Nevertheless, as one approaches the coast, the volume of water that may be inhabited by fish decreases rapidly; the species assemblages will change (Bianchi, 1992); the sardinella will be replaced by more inshore species like *I. africana* and *E. fimbriata* and, consequently, the S_A values of sardinella should decrease rapidly as the coast approaches.

The scientific literature contains descriptions of the seasonality in the distribution of *S. maderensis* in the river systems pointing to: (i) a decrease of their abundance in the rivers at the end of October and the end of the wet season (Albaret *et al.*, 2004; Guillard *et al.*, 2004); (ii) a lower frequency of fish schools near the coast (Guillard and Lebourges, 1998); and (iii) a decrease in mean fish size from the deeper areas towards the coast as seen in Figure 5. Estuaries are used as nursery areas for juvenile fish (Albaret *et al.*, 2004) and the juveniles of *S. maderensis* which can also be expected off the river estuaries are not included in acoustic biomass estimates and thus not relevant for stock assessment although surveys of the shallow water region may produce a recruitment index for *S. maderensis*.

It may also be noted, as a separate problem for the abundance estimation of *S. maderensis*, that its distribution continues into Guinea Bissau, and that a variable

part of the biomass may be distributed in the South, beyond the survey area (Anon. 1998; Chabanne *et al.*, 1979; Saetersdal *et al.*, 1999). Abundance surveys conducted during the 1980's with the Nansen indicate that the distribution of *sardinella* is at its northernmost at the end of the rainy season (October–November) and that the proportion missed in Guinea Bissau is <10 percent of the total *sardinella* biomass in Senegal and The Gambia (Saetersdal *et al.*, 1999).

The data presented indicate that the biomass of *S. maderensis* missed within the investigated area each year is variable and still uncertain. The October survey period selected for the regional acoustic assessment surveys probably minimizes the error introduced by the distribution pattern. The biomass estimates from the Nansen calculated for *S. maderensis* (Table 1), for the years 2000–2006 follow the same trend as the catches of *S. maderensis* in Senegal and The Gambia (FAO, 2008). Also, the overall biomass estimates from the acoustic surveys in North West Africa are used by the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa to evaluate the status of the stocks and develop estimates of future effort and catch levels. The results indicate that, at least as a relative index, these estimates probably give reliable information on the changes in stock abundance (FAO, 2008). However, further investigations in the shallow water areas should be carried out to get more knowledge of the distribution and absolute abundance of *S. maderensis*.

TABLE 1
 Biomass estimates for the two *sardinella* species per region for surveys conducted between St. Louis and Casamance in October each year between 2000–2006

Year	<i>S. aurita</i>					<i>S. maderensis</i>					Reference
	St. Louis–Cape Verde	Cape Verde–The Gambia	The Gambia	Casa-mance	Total Senegal–The Gambia	St. Louis–Cape Verde	Cape Verde – The Gambia	The Gambia	Casa-mance	Total Senegal–The Gambia	
2006	24	113	19	53	209	13	230	100	160	504	Krakstad <i>et al.</i> , 2006
2005	0	191	73	19	282	8	148	188	201	545	Krakstad <i>et al.</i> , 2005
2004	25	108	21	117	270	39	154	107	249	548	Krakstad <i>et al.</i> , 2004
2003	1	16	36	68	122	6	126	203	140	475	Krakstad <i>et al.</i> , 2003
2002	0	48	112	62	222	0	172	92	428	692	Toresen <i>et al.</i> , 2002
2001	0	132	33	4	169	2	159	21	83	264	Toresen <i>et al.</i> , 2001
2000	0	19	23	12	54	0	95	58	94	248	Toresen <i>et al.</i> , 2000

The challenge of surveying shallow waters

It is clear that abundance surveys of fish stocks in shallow water, lagoons and estuaries are subject to a number of problems. Traditional offshore survey vessels are inevitably too big to cover these areas. Smaller vessels, shallow-draft boats or local canoes face other practical problems related to weather conditions, sampling of acoustic targets (avoidance, blind zones, dead zones, etc.), target identification (trawling, purse seining, etc.), range (petrol and food), comfort of cruise participants and so on. They may still be inevitable tools when more focus is put to the abundance and ecology of the costal

ecosystems. Vertical hydroacoustics of high or multi-frequency is probably still our best tool in the shallow water zone. Underwater video cameras may, at least in areas with less turbidity, aid in the identification of acoustic targets as an alternative to traditional catch sampling.

Another approach developed during the last 10 to 15 years is the Light Detection and Ranging (LIDAR) technology. This technology, which in many ways is similar to echo sounders, has been tested and found to have a wide range of applications in oceanographic research. LIDARs mounted on airplanes are used for estimation of phytoplankton, fluorescence and generally biomass in the surface layers of the ocean (Carrera *et al.*, 2006). Airborne LIDAR systems have a range of around 40 m depth depending of the turbidity in the ocean and are used for bathymetry and biomass estimation of sea areas too shallow for hydrographic vessels around the world. The use of airplanes have some clear advantages to vessels in shallow water research as they are operated with a minimum of crew while large survey areas can be covered in a relatively short time span. They are therefore more cost-efficient than vessels. They also have no minimum depth limitation. The coast of North West Africa, and particularly the shallow water areas of the Banc d'Arguin in Mauritania and the inner shelf between Cape Verde and Casamance, would be perfect places to test this new technology in Africa.

Together with ground truthing of fish catches from local fishermen or video observations from airplane and small boats, they could greatly increase the information on distribution and abundance of different species in these shallow water areas. However, the technology is still in a development stage and it has been suggested that significant progress should be made in the following areas before routine surveys of this type could take place: (i) modeling and measuring optical target strengths by size for the dominant fish and plankton species; (ii) improving species discrimination algorithms in LIDAR signal processing; and (iii) combining airborne LIDAR, ship-borne echosounder, and direct sampling into a survey design to exploit the advantages of each platform and technique (Carrera *et al.*, 2006). The LIDAR technology holds promises for the future but will probably not solve the immediate problem of surveying shallow water areas, at least not alone. It is clear that there is an increasing need for surveying these areas. A recommended approach for immediate application may therefore still be (despite its known weaknesses) the use of modern acoustic equipment mounted on a small boat or local canoes, possibly in combination with the more experimental approach of the LIDAR system.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

This work was conducted as part of the Nansen Programme in Northwest Africa, funded by Norad and executed by FAO and IMR. The authors are grateful to vessel crews on the Nansen and R/V *Itaf Deme* and all colleagues from Senegal and The Gambia participating in the surveys collecting the information used for this study. We kindly thank the Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye (CRODT) in Senegal and the Fisheries Department, Banjul, The Gambia for letting us use data collected in their territorial waters for this project.

6. REFERENCES

- Albaret, J.J. 1987. Les peuplements de poissons de la Casamance (Sénégal). *Revue d'hydrobiologie tropicale* 20: 291-310.
- Albaret, J.J., Simier, M., Darboe, F.S., Ecoutin, J.M., Raffray, J. & Tito de Morais, L. 2004. *Fish diversity and distribution in The Gambia Estuary, West Africa, in relation to environmental variables*. Aquatic Living Resources. Vol. 17, No. 1, pp. 35-46.

- Bianchi, G. 1992. *Demersal assemblages of tropical continental shelves. A study based on the data collected through the surveys of the R/V Dr. Fridtjof Nansen*. Thesis for the fulfillment of the Dr. Scient. degree. University of Bergen.
- Carrera, P., Churnside, J.H., Boyra, G., Marques, V., Scalabrin, C., & Uriarte, A. 2006. Comparison of airborne lidar with echosounders: a case study in the coastal Atlantic waters of southern Europe. *ICES Journal of Marine Science*, 63, pp. 1736-1750.
- Chabanne, J., Gulland, J.A., Fréon, P. & Ansa-Emmim, M. 1979. *Meeting of the Ad Hoc Working Group on West African Coastal Pelagic Fish from Mauritania to Liberia (26° N to 5° N)*. Dakar (Senegal), 19 June 1978. CEECAF/ECAF Series 78/10, 161 pp.
- Charouki, N., Sarré, A. Serghini, M., Ebaye, O.S. and Krakstad, J.O. 2011. Contribution to acoustic targets identification in North West Africa by statistical schools properties. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11-14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. This volume, pp. 285-294.
- Diadiou, H. 1998. *The fishing of juvenile fish by means of permanent shrimp fishing nets in Casamance (Southern Senegal)*. Paper presented at the Pan African Fish and Fisheries Association Conference on African Fishes and Fisheries Diversity and Utilisation. Addis Abbaba. 22-26 September 2008, Economic Commission for Africa; Faculty of Science, Addis Ababa University: 270-271.
- 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.
- FAO. 1998. *Report of the Workshop on the Review of the Pelagic Surveys off Northwest Africa in the 1990s*. Bergen, Norway, 28 September-2 October 1998. FAO Fisheries Report/FAO Rapport Pêches. No. 592, 63 pp.
- FAO. 2008. *Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa*. Saly, Senegal, 6-15 May 2008. *Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale*. Saly, Sénégal, 6-15 mai 2008. FAO Fisheries and Aquaculture Report/FAO Rapport sur les pêches et l'aquaculture. No. 882. 268 pp.
- 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. Vol. 35, No. 1-2, pp. 23-31.
- Guillard, J. & Lebourges, A. 1998. *Preliminary results of fish population distribution in a Senegalese coastal area with depths less than 15m, using acoustic methods*. aquatic Living Resources/Ressources Vivantes Aquatiques. Vol. 11, No. 1, pp. 13-20.
- Guillard, J., Albaret, J. J., Simier, M., Sow, I. & Raffray, J. 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/Ressources Vivantes Aquatiques. Vol. 17, No. 1, pp. 47-55.
- ter Hofstede, R., Dickey-Collas, M., Mantingh, I.T. & Wague, A. 2007. The link between migration, the reproductive cycle and condition of *Sardinella aurita* off Mauritania, north-west Africa. *Journal of Fish Biology*. Vol. 71, No. 5, pp. 1293-1302.

- Krakstad, J.O., Sarre, A., Mbye, E.M. & Olsen, M. 2003. *Survey of the pelagic fish resources off north west Africa. Part I. Senegal–The Gambia 30 October–10 November 2003*. Cruise reports, Dr. Fridtjof Nansen. NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR. 46 pp.
- Krakstad J.O., Sylla, S., Mbye, E.M. & Olsen, M. 2004. *Survey of the pelagic fish resources off north west Africa. Part I. Senegal–The Gambia. 25 October–3 November 2004*. Cruise reports, Dr. Fridtjof Nansen. NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR 20 pp.
- Krakstad, J.O., Sylla, S., Jallow, J. & Olsen, M. 2005. *Survey of the pelagic fish resources off north west Africa. Part I. Senegal–The Gambia, 30 October–9 November 2005*. Cruise reports, Dr. Fridtjof Nansen. NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Krakstad J.O., Olsen, M., Sarre, A. & Mbye, E.M. 2006. *Survey of the pelagic fish resources off north west Africa. Part I. Senegal–The Gambia, 31 October–9 November 2006*. Cruise reports, Dr. Fridtjof Nansen. NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- McLennan, D.N. & Simmonds, E.J. 1991. *Fish and Fisheries, Series 5. Fisheries Acoustics*. Chapman & Hall. New York.
- Ona, E., Korneliussen, R., Knudsen, H.P., Rang, K., Eliassen, I., Heggelund, Y & Patel, D. 2004. The Bergen multifrequency analyzer (BMA): A new toolbox for acoustic categorization and species identification. *Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 115, No. 5, pt. 2, p. 2584.
- Panfili, J., Durand, J.D., Mbow, A., Guinand, B., Diop, K., Kantoussan, J., Thior, D., Thiaw, O.T., Albaret, J.J. & Lae, R. 2004. *Influence of salinity on life history traits of the bonga shad Ethmalosa fimbriata (Pisces, Clupeidae): Comparison between The Gambia and Saloum estuaries*. Marine Ecology Progress Series. Vol. 270, pp. 241-257.
- Saetersdal, G., Bianchi, G., Stroemme, T. & Venema, S.C. 1999. *The Dr. Fridtjof Nansen Programme 1975–1993. Investigations of fishery resources in developing regions. History of the programme and review of results*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 391, 434 pp.
- Sarré, A., Chbani, M., Mahmoud, E.M., Mbye, E.M. J., Krakstad, J.O. & Alvheim, O. In prep. *Report on the parallel survey and Intercalibration. 25 October–10 December 2004*. Workshop on the NorthWest African Small Pelagic Resources. Casablanca, Morocco, 25-29/1 2005.
- Simier, M., Laurent, C., Ecoutin, J.M. & Albaret, J.J. 2006. *The Gambia River estuary: A reference point for estuarine fish assemblages studies in West Africa*. Estuar. Coast. Shelf Sci. Vol. 69, No. 3-4, pp. 615-628.
- Simier, M., Blanc, L., Aliaume, C., Diouf, P.S. & Albaret, J.J. 2004. *Spatial and temporal structure of fish assemblages in an 'inverse estuary', the Sine Saloum system (Senegal)*. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 59, No. 1, pp. 69-86.
- Toresen, R. & Anthonypillai, V. 2000. *Survey of the pelagic fish resources off Northwest Africa. Part I, Senegal–The Gambia. 29 October–9 November 2000*. Cruise Reports 'Dr Fridtjof Nansen' NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Toresen, R., Sarre, A. & Olsen, M. 2001. *Survey of the pelagic fish resources off north west Africa. Part I, Senegal–The Gambia. 29 October–8 November 2001*. Cruise Reports Dr Fridtjof Nansen NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Toresen, R., Sarre, A. & Olsen, M. 2002. *Survey of the pelagic fish resources off Northwest Africa. Part I, Senegal–The Gambia. 29 October–7 November 2002*. Cruise Reports Dr Fridtjof Nansen NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Vidy, G., Darboe, F.S. & Mbye, E.M. 2004. *Juvenile fish assemblages in the creeks of The Gambia Estuary*. Aquatic Living Resources. Vol. 17, No. 1, pp. 56-64.

De l'exploitation des stocks à la surexploitation de l'écosystème: vers une nouvelle vision des stocks halieutiques dans l'écosystème d'upwelling du courant des Canaries

From fish stocks exploitation to ecosystem overexploitation: towards a new vision of the Canary current upwelling ecosystem marine resources
(French only/En français seulement)

Souad Kifani^{1*}, Hicham Masski¹ et Salah Ben Cherifi¹

¹ Institut National de Recherche Halieutique (INRH)

2, rue Tiznit, Casablanca 20000, Maroc

*<kifani@inrh.org.ma>

Kifani, S., Masski, H. et Ben Cherifi, S. 2011. De l'exploitation des stocks à la surexploitation de l'écosystème: vers une nouvelle vision des stocks halieutiques dans l'écosystème d'upwelling du courant des Canaries. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11-14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

La région d'Afrique du nord-ouest est adossée à l'écosystème d'upwelling du courant des Canaries, classifié parmi les systèmes marins les plus productifs. Malgré sa forte productivité, plusieurs de ses stocks démersaux les plus importants montrent toutefois des signes patents de surexploitation et les petits pélagiques constituent actuellement le plus gros des captures. Ces espèces fourrages occupent une position importante dans le transfert des flux entre les niveaux inférieurs et supérieurs du réseau trophique. La problématique de l'impact de la pêche sur la réorganisation des structures de cet écosystème ainsi que sur ses flux trophodynamiques et le maintien de sa résilience se posent, ici comme ailleurs, avec de plus en plus d'acuité. Compte tenu de la forte dépendance de ses ressources des fluctuations environnementales, une des questions scientifiques centrales concerne notamment le ou les type(s) de contrôle(s) qui a (ont) pu façonner la structure actuelle de cet écosystème: descendant (top-down), résultant des effets de la pêche; ascendant (bottom-up), résultant des effets de l'environnement; ou encore de type dit «taille

de guêpe» (wasp-waist), au niveau intermédiaire, et résultant de la variabilité des espèces fourrages sous l'effet de la pêche et/ou de l'environnement.

Cette étude tente de répondre à certaines de ces interrogations à travers l'analyse d'un certain nombre d'indicateurs écologiques développés pour mesurer les conséquences des activités de pêche au niveau des écosystèmes marins: (i) la production primaire requise pour soutenir les captures (PPR), puis rapportée à la production primaire du système (%PPR); (ii) le niveau trophique moyen des captures; (iii) Un indicateur du coût écologique des captures ; et (iv) un indicateur d'équilibre de la pêche (Fishing in Balance Index).

Les résultats mettent en évidence une tendance à la baisse du niveau trophique moyen des espèces capturées avec une exploitation des bas niveaux trophiques devenant de moins en moins écologiquement équilibrée au cours du temps en particulier au cours de la dernière décennie. La confrontation de ces résultats aux tendances de variabilité climatique à grande échelle et à l'échelle régionale met en évidence un changement de régime à la fois climatique et écosystémique à la fin des années 1980, avec un basculement du système vers une phase de moindre productivité.

Mots clés: écosystème d'upwelling, réseau trophique, transfert d'énergie, pression de pêche, changements climatiques, petits pélagiques

ABSTRACT

The Northwest African coast borders the Canary current Eastern boundary upwelling system which is one of the most productive marine ecosystems. Despite its high productivity, many of the most important demersal species stocks are however showing signs of overexploitation and small pelagic species constitute currently the largest part of the catches. These forage species have an important role as conveyors of trophic flows from lower to higher trophic levels of the marine food web. The issue of importance, here like elsewhere, is the long term effect of fisheries on the reorganization of the ecosystem structure and on trophodynamic flows as well as on ecosystem resilience. Regarding the relationship between living marine resources and climate variability in upwelling ecosystems, one of the central scientific questions is about the types of control(s) which could have played a major role in shaping the current ecosystem structure: e.g. top-down control, through fishing removal of higher trophic level; bottom-up control, by nutrients input or environmentally limited primary producers; or the so called "wasp-waist" control, at intermediate level, by the small pelagic abundance variability resulting from recruitment fluctuations or fisheries removal.

This study tries to answer some of these questioning through the analysis of several ecological indicators developed to measure the fishing impact at marine ecosystems level: (i) Primary Production Required to sustain catches (PPR) relative to the system primary production (%PPR); (ii) the average trophic level; and (iii) the Fishing-in-Balance Index (FIB).

The results showed a global trend of fishing down marine food webs with catches at lower trophic levels becoming less ecologically balanced over time notably during the last decade. Analysed in relation to the climate variability both at regional and global scales, these results indicate an ecosystem regime shift in the late 1980s toward a less productive state.

Keywords: upwelling ecosystem, food web, energy transfer, fishing pressure, climate change, small pelagic fish

1. INTRODUCTION

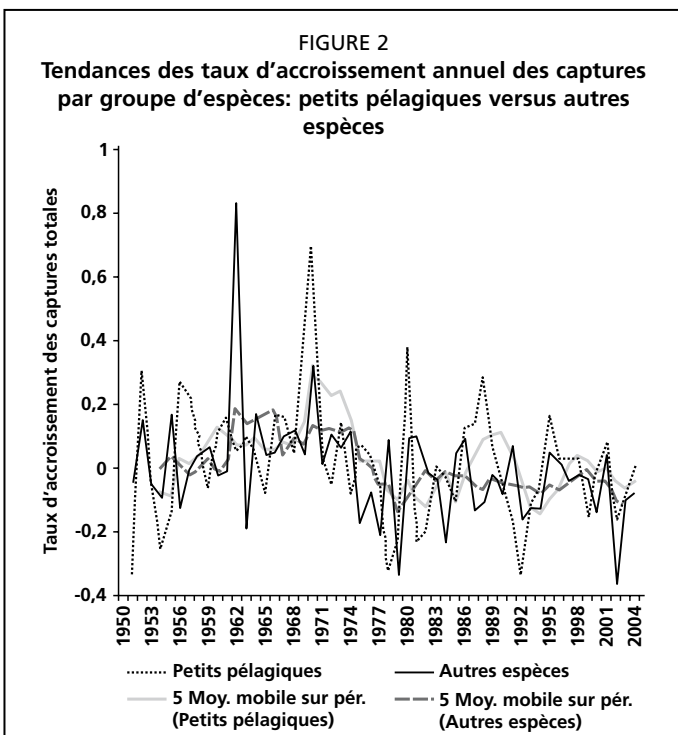
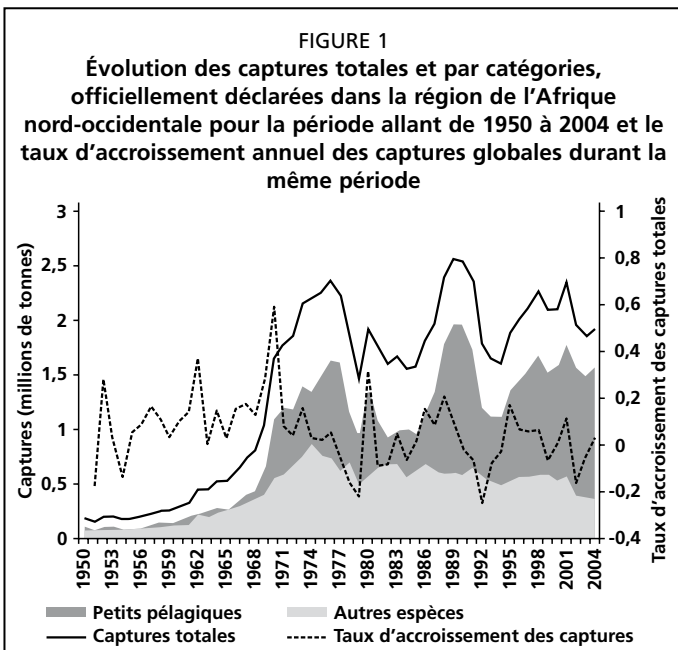
L'écosystème d'upwelling côtier du courant des Canaries est un des grands systèmes d'upwelling côtiers des bordures Est des océans et, comme tel, il est le siège de processus physiques, biogéochimiques et écologiques qui entretiennent un réseau trophique à l'origine de stocks halieutiques importants (Cushing, 1969). Ces processus revêtent un caractère dynamique en réponse aux forçages climatiques externes qui font varier sa productivité aux échelles saisonnière et interannuelle (Carr, 2002; Aristegui *et al.*, 2004), comme aux échelles de temps plus longues (Kim *et al.*, 2007).

L'environnement naturel n'est cependant pas le seul facteur jouant un rôle dans la dynamique de ce système et de ses ressources. Les activités d'extraction par la pêche entrées en jeu depuis plusieurs siècles (Chauveau, 1989), se sont fortement intensifiées au cours des cinq dernières décennies. La production halieutique, qui vue sous un autre angle représente également une exportation nette de matière organique hors du système, a été multipliée par un facteur de dix entre les années 1950 et 2000. La progression des captures qui ont dépassé les deux millions de tonnes au début des années soixante-dix, a ralenti depuis (figures 1 et 2). Les petits pélagiques constituent actuellement, avec certaines espèces démersales à fort taux de renouvellement, le plus gros des captures alors que plusieurs des stocks commerciaux les plus importants montrent des signes patents de surexploitation (FAO, 2006, 2007; Heileman et Tandstad, 2008).

Aujourd'hui les tendances de la pression de pêche et des captures spécifiques interpellent en termes de répercussions sur les principaux stocks commerciaux. Cependant, en raison de l'état de nombreux stocks de poisson et des interactions qui lient ces espèces entre elles et aux autres composantes de l'écosystème, il paraît important d'envisager ces tendances, également, en termes d'impact sur les structures et le fonctionnement de cet écosystème fortement soumis aux contraintes climatiques. La question est de savoir dans quelle mesure la pêche a pu contribuer à façonner sur le long terme

ses structures actuelles. Ce papier tente d'aborder cette question, à travers la confrontation et l'analyse des tendances de certains indicateurs écologiques et environnementaux.

Après une présentation des données utilisées et de la méthodologie employée, les conclusions seront présentées particulièrement en ce qui concerne les fluctuations de

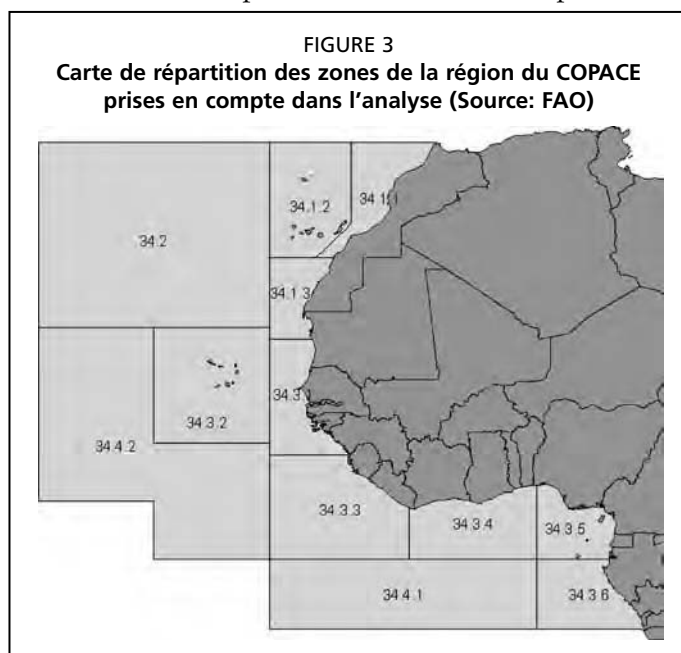


la structure trophique du système de production et ses relations avec l'intensité de l'exploitation et les fluctuations climatiques à grande échelle ainsi que les implications pour les politiques de développement et la gestion.

2. DONNÉES ET MÉTHODOLOGIE

2.1 Limites géographiques du système

Les limites géographiques de l'écosystème considéré dans la présente étude ont été fixées en tenant compte de la nature hydrodynamique de la zone et des ressources en présence ainsi que de l'historique de leur exploitation. L'aire géographique prise en compte est donc celle correspondant aux ZEE atlantiques comprises dans les



zones 34.1.1, 34.1.3, 34.1.2, et 34.3.1 ainsi qu'une partie de la zone 34.3.2 du COPACE et circonscrites dans la zone sous influence de l'upwelling côtier du courant des Canaries (figure 3, tableau 1). L'aire totale correspond environ aux dimensions adoptées pour le Grand Ecosystème Marin du Courant des Canaries (GEMCC). Les surfaces des ZEE sont extraites du site web du Projet *Sea Around Us* <www.seaaround.us>. La surface de la ZEE de l'Archipel espagnol des Canaries, également incluse, a été divisée par deux afin de limiter les calculs à la zone néritique directement sous influence de l'upwelling se dégageant des côtes africaines. La zone insulaire du Cap Vert a été écartée pour les mêmes raisons.

TABEAU 1
Superficies des ZEE des pays de la région nord-ouest africaine du Courant des Canaries

ZEE	Surface (km ²)
Maroc	554 440
Iles Canaries (Espagne)	449 884
Mauritanie	165 338
Gambie	23 112
Sénégal	158 861
Guinea	59 426
Guinea-Bissau	123 725
Sierra Leone	215 611
Surface totale	1 750 397
Surface prise en compte	1 525 455

2.2 Données

Les statiques de captures proviennent de la base de statistiques de captures de la FAO relatives à la région du COPACE extraite avec FishStat+ pour la période 1970-2005. Ces données sont compilées dans la base FishStat selon la classification ISSCAAP (International Standard Statistical Classification of Aquatic Animals and Plants) de la FAO. Quinze groupes réunissant 194 taxons ou groupes de taxons ont été incorporés dans l'analyse (tableau 2). Le groupe correspondant au code ISSCAAP 36, comprenant

les grands pélagiques (thonidés majeurs, espadons, marlins, voiliers et thonidés mineurs) a été écarté en raison du fait que la zone prise en compte dans la base Fishstat+ concerne l'ensemble de la région COPACE. Il en est de même pour ce qui est de l'affectation des captures par espèce et par pays pêcheur aux différentes ZEE. Le découpage adopté par les pays membres de la FAO rend difficilement compte de cette affectation qui a son importance pour l'analyse des trajectoires propres aux régions situées de part et d'autre de la zone de transition hydrologique du cap Blanc.

TABLEAU 2

Récapitulation des groupes taxonomiques pris en compte selon la classification ISSCAAP de la FAO

Code ISSCAAP	Division ISSCAAP	Nombre d'espèces
31	Flounders, halibuts, soles	8
32	Cods, hakes, haddocks	9
33	Miscellaneous coastal fishes	67
34	Miscellaneous demersal fishes	25
35	Herrings, sardines, anchovies	7
37	Miscellaneous pelagic fishes	29
38	Sharks, rays, chimaeras	20
39	Marine fishes not identified	1
42	Crabs, sea-spiders	3
43	Lobsters, spiny-rock lobsters	4
45	Shrimps, prawns	8
47	Miscellaneous marine crustaceans	1
52	Abalones, winkles, conchs	4
57	Squids, cuttlefishes, octopuses	7
58	Miscellaneous marine molluscs	1

Trois bases de données supplémentaires ont été exploitées: (i) les statistiques de captures par pays extraites du site web Infosamak, qui s'appuient également sur les données collectées par la FAO; (ii) la base de données de captures FAO, revisitée par l'équipe du Projet Sea Around Us ; et (iii) la base de données FishBase <<http://www.fishbase.org>> Froese et Pauly, 2005) qui a servi à l'attribution de niveaux trophiques aux captures par taxon.

Des données environnementales biotiques portant sur les estimations de production primaire relatives aux différentes parties de l'écosystème des Canaries sont obtenues à partir du site web du Projet Sea Around Us <<http://www.seaaroundus.org>>. Les séries de données relatives à la température de surface et aux paramètres du vent à différentes latitudes de la zone ainsi que des variables climatiques à grande échelle comme les indices d'oscillation nord atlantique (NAO) et d'oscillation atlantique multi-décennale (AMO), ont été extraites du site web de la NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA <<http://www.cdc.noaa.gov/>>. D'autres jeu de données climatiques ont également servi dans le cadre de cette analyse, comme l'indice pluviométrique du Sahel fournit par le site web de University of Washington Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean <http://jisao.washington.edu/data_sets/sahel/>, l'indice de circulation atmosphérique (ACI) ainsi qu'un autre indice de circulation zonale calculé pour la région nord-ouest africaine ont été communiqués par G. Chernega de l'Institut russe AtlantNIRO.

2.3 Estimation du niveau trophique moyen des captures

Le niveau trophique moyen des captures représente un des indicateurs trophodynamiques pouvant refléter l'évolution de l'état des écosystèmes marins sous-jacents (Pauly *et al.*, 1998 a, b) mais également les changements de stratégie des pêcheries en termes de

prélèvements sélectifs des différentes composantes du réseau trophique (Essington *et al.*, 2006). Cet indicateur peut être aisément calculé à partir des simples données de pêche selon la formule suivante (Pauly *et al.*, 1998 a):

$$NT_j = \frac{\sum_i (NT_i \cdot C_{ij})}{\sum_i C_{ij}}$$

C_{ij} étant la capture de l'espèce i au cours de l'année j , et NT_i correspond au niveau trophique de l'espèce i . NT_j correspond au niveau trophique moyen des espèces composant les captures au cours de l'année j .

2.4 Estimation de la production primaire requise pour soutenir les pêcheries

La méthode adoptée pour quantifier la production primaire requise pour soutenir les captures se base sur l'approche développée par Pauly et Christensen (1995). Elle est estimée à partir des captures spécifiques, de leurs niveaux trophiques et du taux d'efficacité du transfert d'énergie entre niveaux trophiques selon la formule suivante:

$$PPR = a \cdot \sum_i (C_i \times ET^{(NT_i-1)})$$

' C_i ' représente la capture en tonnes par km^2 pour l'espèce ' i ', ' NT_i ', le niveau trophique de l'espèce ' i ' et ' ET ', l'efficacité moyenne de transfert d'énergie entre deux niveaux trophiques successifs. La PPR a été convertie à partir du poids vif en équivalent de carbone par un facteur de conversion ' α ' égal à 1:9 (Pauly et Christensen, 1995). La PPR est exprimée en $\text{tC}/\text{km}^2/\text{an}$. Dans les écosystèmes marins, l'efficacité globale moyenne de transfert d'énergie d'un niveau trophique au niveau supérieur est généralement considérée comme étant égale 10 pour cent (Pauly et Christensen, 1995).

2.5 Estimation de la PPR relative

La PPR relative, utilisée comme un indicateur du taux d'exploitation de l'écosystème, représente le ratio de production primaire requise pour soutenir les captures par rapport à la production primaire nette du système. C'est la proportion de la production primaire totale qui est prélevée par la pêche

L'estimation de la PPR relative au cours du temps dépend d'une quantification raisonnable de la production primaire moyenne au moment de l'exploitation ou durant la période immédiatement antérieure. Ceci est rendu difficile par l'absence d'une série chronologique d'observations de la production primaire. S'ajoute à cette contrainte une autre découlant cette fois-ci de la variabilité de la production primaire dans l'espace (Carr, 2002; Carr et Kearns, 2003). Toutefois nonobstant ces limites, une estimation de la production primaire globale engendrée en moyenne par le système est établie sur la base des quantifications réalisées dans le cadre du Projet Sea Around Us. Les valeurs sont rapportées à l'ensemble de la zone considérée et converties, en même temps que les tonnages capturés, en équivalent de carbone (tableau 3).

Il faut souligner, cependant, que seule une fraction de la production primaire est réellement convoyée par le système vers les maillons supérieurs. Une part importante va être exportée vers le large ou sédimenter avant que le zooplancton herbivore ne puisse avoir le temps de se développer suffisamment, pour la consommer entièrement (Herbland, 1974; Binet, 1988; Binet *et al.*, 1998; Hutchings, 1992, Micheli, 1999; Bakun et Weeks, 2004). Une estimation d'Alvarez-Salgado *et al.* (2007), situe la quantité de production primaire brute exportée vers le large dans le système des Canaries entre 20 et 60 pour cent de la production totale. La diversité maximale de phytoplancton est par ailleurs obtenue pour des biomasses intermédiaires, alors qu'elle

est particulièrement faible durant les blooms massifs de phytoplancton (Irigoin *et al.*, 2005). Le taux de sédimentation dépend d'autre part de l'importance de la biomasse formée par les producteurs primaires et il est de ce fait inversement relié à la diversité du phytoplancton (Pitcher *et al.*, 1989; Irigoien *et al.*, 2005). D'autre part, seule une portion de la production primaire restante est propre à la consommation par les herbivores (Binet, 1988). Shannon et Field (1985) évaluent à 20 pour cent le taux de production primaire consommé par le zooplancton dans le système d'upwelling du courant du Benguela. Pauly et Christensen (1995) donnent une estimation de la portion de production zooplanctonique transférée vers les maillons supérieurs de 20 à 25 pour cent. Par analogie, pour les besoins de cette étude, compte tenu des pertes dues à la présence de nombreux filaments dans le système et du couplage, une valeur équivalente à 50 pour cent de la production primaire a été arbitrairement appliquée comme taux approximatif des quantités transférées vers les maillons supérieurs.

TABLEAU 3
Valeurs estimées pour la production primaire générée en moyenne par le système

Surface de la zone (km ²)	Prod. Prim. journalière (g C/m ² /j)	Prod. Prim. Net (Gtons C/an)	Prod. Prim. Net (t C/km ² /an)
1 525 455	1,18	0,66	431,88

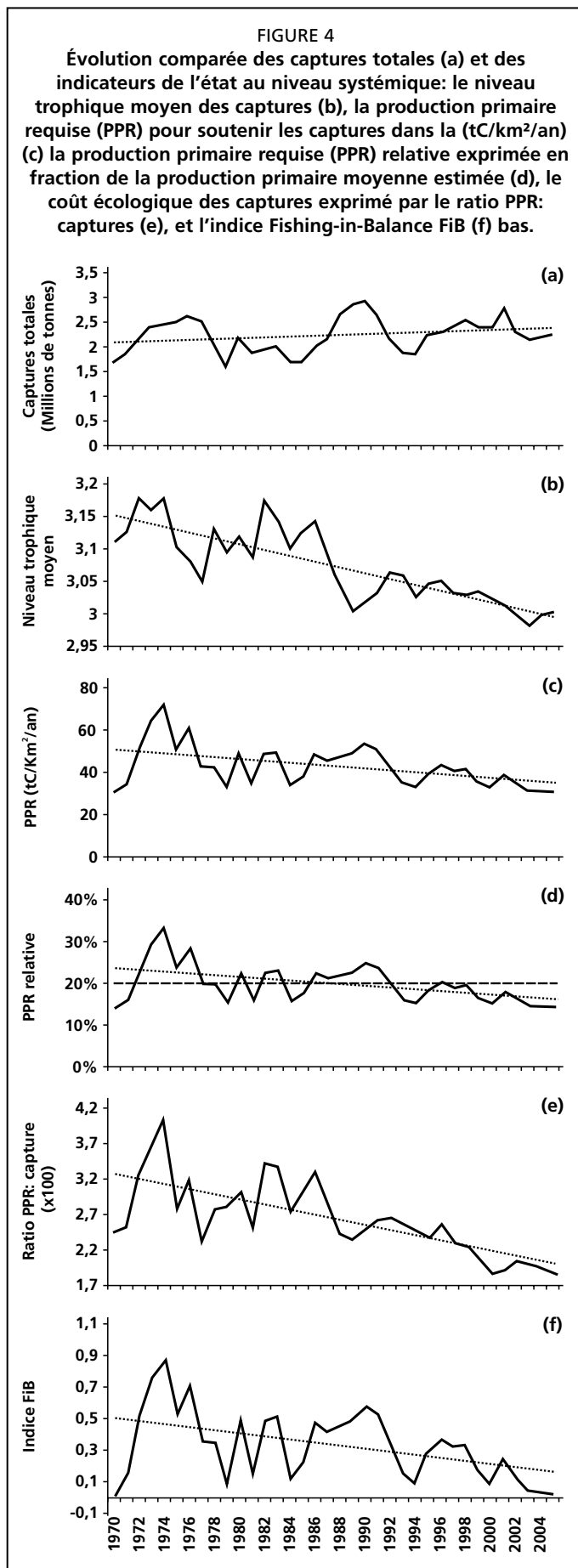
2.6 Estimation de l'indice FiB

L'indice FiB (Fishing in Balance) se basant sur le calcul de la PPR est un des indicateurs proposés par Pauly *et al.* (2000), en appoint au niveau trophique moyen des captures pour tenter de saisir l'effet des changements de stratégie de la pêche sur le réseau trophique de l'écosystème. La rationalité repose sur le fait que la production biologique est amplifiée par un facteur de 1/ET (où ET, représentant l'efficacité trophique, considérée comme étant égale à 10 pour cent) quand on descend d'un niveau trophique dans le réseau. Si la pêche réduit volontairement le niveau trophique moyen de ses captures d'un niveau, on peut s'attendre à ce que ceci produise, en conséquence, une augmentation des captures de 1/ET. Une élévation de l'indice FiB indique une expansion de l'exploitation contenue dans les limites de la capacité biotique de l'écosystème, correspondant à des situations de développement de l'exploitation sur des stocks inexploités ou faiblement exploités jusque là et/ou d'accroissement de la capacité de charge du système par le biais des effets ascendants (bottom-up). Une diminution de l'indice FiB se produit, en revanche, quand la descente de la pêche dans les niveaux trophiques n'est pas écologiquement contrebalancée par une augmentation proportionnelle du volume de captures et suggère une rétraction des pêcheries ou une altération du fonctionnement d'écosystème sous l'effet de la pêche. L'indice FiB restera constant si une diminution du niveau trophique moyen dans les captures est assortie d'une augmentation correspondante des captures, traduisant un écosystème en état d'équilibre.

Le calcul de cet indice se base sur une comparaison de la PPR d'une année donnée par rapport à celle d'une année de référence selon la formule:

$$FiB = \log \left[\sum C_{ik} \cdot \left(\frac{1}{ET} \right)^{NT_i} \right] - \log \left[\sum C_{i0} \cdot \left(\frac{1}{ET} \right)^{NT_i} \right]$$

C_{ik} et C_{i0} représentent la capture de l'espèce i respectivement durant l'année k et de l'année 0, NT_i étant le niveau trophique de l'espèce i , et ET étant l'efficacité moyenne de transfert d'énergie entre les niveaux trophiques. L'année 1970 est prise comme année de référence dans le cas de la présente analyse.



3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

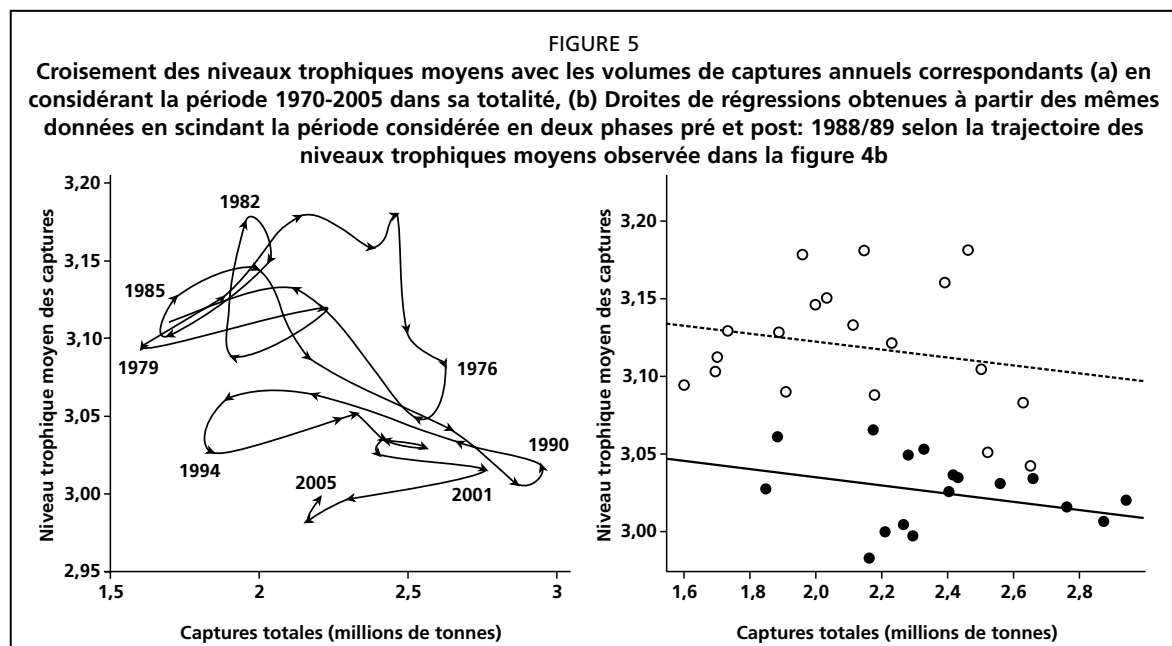
3.1 Analyse des tendances

La figure 4 présente le comportement des différents indicateurs considérés pour analyser l'impact de la pêche sur la trajectoire de l'écosystème du courant des Canaries au cours de la période 1970-2005. On constate à travers cette figure que les captures totales (figure 4a), marquées par des oscillations interannuelles, montrent une très légère tendance à l'augmentation, voire à la stagnation si on considère la période antérieure aux années 1970 (figure 1), alors que l'ensemble des autres indicateurs montrent des tendances clairement décroissantes. Le niveau trophique moyen des captures (NT) baisse d'environ 0,12 entre les décennies 1970 et 2000 (figure 4b), de même que la quantité de production primaire qu'il faudrait pour soutenir les captures (figure 4c). Cette dernière décroît de 5 tC/km²/an en moyenne représentant en fin de période environ 50 pour cent seulement du maximum observé dans les années 1970. Les pêcheries s'approprient globalement environ 20 pour cent de la production primaire moyenne générée par cet écosystème (figure 4d). Cette estimation n'est pas loin de celles obtenues par Pauly et Christensen (1995) qui indiquent que nonobstant les fortes productivités des écosystèmes d'upwelling côtier, les exploitations halieutiques s'y arrogent 25 à 35 pour cent de la production primaire. Ces chiffres traduisent un niveau d'exploitation relativement élevé, dans la mesure où seulement un tiers de la production primaire produite dans les océans peut être utilisée par la pêche (Christensen, 1998). Ce pourcentage décroît de 22 pour cent en moyenne dans les années 1970 à seulement 15 pour cent en moyenne en ce qui concerne la dernière décennie. La diminution des besoins en production primaire pour soutenir les pêcheries suggérerait une réduction de l'impact de la pêche en termes de ponction sur cet écosystème au cours du temps. Cependant le ratio

de la production primaire requise pour soutenir les pêches à la quantité de matière organique extraite par la pêche (indicateur du coût énergétique de la production halieutique) (figure 4e) montre une tendance à la baisse indiquant qu'au cours du temps les prélèvements se situent à des niveaux trophiques de plus en plus bas et donc moins coûteux sur un plan énergétique. En effet, les besoins en production primaire pour soutenir les niveaux trophiques supérieurs sont en effet plus importants en raison de la dissipation d'énergie au cours de son transfert d'un maillon à l'autre de la chaîne trophique.

L'ensemble des tendances décrites plus haut converge vers un scénario montrant une hausse toute relative de la production halieutique globale avec des modifications dans sa composition qui tendrait à comprendre davantage d'espèces des bas niveaux trophiques. Un examen visuel de la figure 4b, montre par ailleurs que le niveau trophique moyen des captures présente également une rupture assez nette vers 1988/89, entre un palier de niveaux trophiques relativement élevés avant 1988 et un autre avec des niveaux relativement bas après cette période. De leur côté, les captures globales, hormis des fluctuations importantes à l'échelle interannuelle, ne montrent pas de rupture (figure 4a). Les régressions linéaires réalisées à partir des niveaux trophiques moyens pré et post 1988/89 en fonction des captures globales pendant ces deux périodes sont illustrées par la figure 5b. L'analyse des deux modèles de régression linéaire à l'aide d'une analyse de covariance (ANCOVA; Verzani, 2005), révèle que les deux modèles expliquent 66 pour cent de la variabilité totale avec une différence hautement significative des ordonnées à l'origine ($p < 2e-16$) et des pentes de valeurs similaires ($p=0,77$). Ces droites parallèles, correspondent à deux paliers différents de niveaux trophiques, l'un élevé et l'autre cependant situés à peu près aux mêmes niveaux de captures et qui suggèrent, un changement assez net dans la trajectoire du système d'exploitation, ou de l'écosystème dans son ensemble.

L'indice FiB (figure 4f) montrant également une décroissance assez nette semble confirmer une tendance à la descente des captures dans le réseau trophique qui ne serait pas tout à fait contrebalancée par l'accroissement attendu des captures. La production biologique au niveau des différents maillons augmentant en effet d'un facteur inversement proportionnel à l'efficacité de transfert au fur et à mesure qu'on s'oriente vers la base du réseau trophique, l'accroissement, d'une manière délibérée ou non, des ponctions sur les niveaux trophiques inférieurs devrait en principe s'accompagner d'une augmentation proportionnelle des captures. Ceci, si les pêcheries sont toutefois



en mesure de réaliser ces captures et que la capacité biotique du système n'a pas changé (Pauly, Christensen and Walters, 2000).

Ces tendances, relevées à partir d'indicateurs basés sur les captures, peuvent-elles être interprétées comme une traduction des modifications du réseau trophique au niveau de l'écosystème? Relèvent-elles, comme on peut le supposer, d'un processus de surexploitation séquentielle descendante de la chaîne alimentaire (*fishing down the food web*, *sensu* Pauly *et al.*, 1998, Pauly, Froese and Christensen 1998), ou des mutations des stratégies d'exploitation et des politiques de pêche qui influenceraient la composition et les volumes des captures (*fishing through the food web*, *sensu* Essington *et al.*, 2006)? La question est également de savoir dans quelle mesure les effets environnementaux, en amplifiant ou réduisant peut être la productivité des maillons trophiques inférieurs, peuvent avoir également influencé le profil des captures?

3.2 Hypothèses sur les mécanismes sous-jacents

i. Surexploitation séquentielle des niveaux trophiques et/ou changement des stratégies d'exploitation?

Comme pour beaucoup d'écosystèmes marins où la disponibilité de ressources, la situation de libre accès ou les déficiences du contrôle peuvent constituer les ingrédients d'une surexploitation. La baisse du niveau trophique des captures dans l'écosystème des Canaries pourrait à priori appuyer l'hypothèse d'un processus de surexploitation séquentielle descendante du réseau trophique. En effet, après avoir subi, pendant plusieurs décennies, une exploitation modérée mais ciblant tout de même intensément des prédateurs supérieurs comme les serranidés, scianidés, haemulidés et quelques grands sparidés (Chauveau, 1989; Balguerias *et al.*, 2000; Caddy et Garibaldi, 2000), la région nord-ouest africaine a par la suite connu une forte intensification de la pêche à partir des années 1970 accompagnée d'une nette diversification des techniques de pêche et des captures spécifiques (Gulland et Garcia, 1984; Guénette *et al.*, 2001). La possibilité que la baisse du niveau trophique moyen des captures soit davantage associée à une modification de la stratégie d'exploitation n'est donc pas à exclure (Gulland et Garcia, 1984; Caddy *et al.*, 1998; Caddy et Garibaldi, 2000). Essington *et al.* (2006) proposent dans ce sens un point de vue alternatif à la théorie de Pauly *et al.* (1998), Pauly, Froese and Christensen (1998) selon lequel la baisse du niveau trophique moyen des captures pourrait indiquer un processus d'addition séquentielle des bas niveaux trophiques aux captures "*fishing through the food web*" par une pêche qui «colonise» progressivement l'ensemble de la ressource par le biais de changements de stratégies d'exploitation. En envisageant cette hypothèse, on peut en effet dire que les flottes de pas moins d'une quarantaine de pays pêcheurs ont participé à l'exploitation des différentes parties du plateau continental de la région nord-ouest africaine durant les trois dernières décennies. La durée et la régularité de leur présence dans la zone et dans ses différentes ZEE dépendaient entre autres d'objectifs propres des armements, des mutations géopolitiques et des changements de règles d'accès. Ces facteurs qui entraînaient parfois une redistribution géographique et/ou spécifique de leur effort de pêche (Gulland et Garcia, 1984; Guénette *et al.*, 2001) voire la cessation de leur activité dans la zone.

Si elle n'exclue pas forcément un processus de surexploitation des maillons trophiques supérieurs, l'expansion des captures de petits pélagiques depuis les années 1970 pourrait donc de ce fait également résulter de l'introduction de nouvelles technologies (tels que le sonar et le power block hydraulique) ou l'ouverture de nouveaux marchés nationaux (dans les pays nouvellement indépendants) et internationaux (dans les pays de l'Est) et s'inscrire pour une large part dans le cadre de politiques intentionnelles d'accroître les productions halieutiques nationales (Everett et Roest, 1983; Weigel, 1999). L'accroissement substantiel des captures globales, notamment durant les années

1970 et 1980, est le fait, dans une large mesure, des flottes industrielles des pays du Bloc de l'Est dont les activités, souvent circonscrites dans le secteur le plus productif de la région, concernaient essentiellement les petits pélagiques. Les captures de ces flottes expliquaient en effet près 96 pour cent de la variabilité des captures totales annuelles réalisées de 1970 à 1990. Leur variabilité résultait aussi bien des fluctuations interannuelles des ressources que des règles d'accès (Everett et Roest, 1983; Belvèze, 1984; Boukatine *et al.* à paraître). L'effondrement de l'ex URSS a par la suite modifié la donne dans le sens d'une nette réduction de la contribution des captures des pays de l'Est aux captures totales. Ce fait pourrait conforter la thèse d'une contraction des pêcheries, qui expliquerait la tendance à la baisse de l'indice FiB, si la participation croissante des États côtiers aux captures globales, notamment à travers les petits pélagiques, n'avait nettement augmenté dans les différentes ZEE jusqu'à contrebalancer la diminution des captures des flottes du bloc soviétique (Weigel, 1999).

Une synthèse de l'état des stocks exploités dans le système des Canaries, établi par Heileman et Tandstad (2008) fait ressortir un état marqué, à la moitié des années, 2000, par une situation d'effondrement plus ou moins avancé concernant 40 pour cent des stocks commerciaux. Le reste des principaux stocks, fournissant actuellement plus de 90 pour cent des captures, en grande partie constituées de petits pélagiques, sont quant à eux pleinement exploités ou surexploités. Ce constat est établi sur la base d'une évaluation stock par stock de leur niveau d'exploitation par rapport à leur maximum de production soutenable, approche servant par ailleurs de base aux systèmes de gestion des ressources dans la région. La plupart des espèces considérées dans le diagnostic sont cependant capturées dans le cadre de pêcheries multi spécifiques. Dans ce type de pêcheries, comme le souligne Larkin (1977), les espèces présentant une faible productivité ont probablement été progressivement réduites pendant que la pêche capture les espèces les plus productives au niveau de leurs maxima de production soutenable. Ceci pourrait avoir engendré, sur le long terme, une restriction des communautés aux composantes les plus résistantes alors qu'est poursuivi l'objectif de capture des plus productives à leurs taux de production maximum soutenable. Les espèces à fort taux de renouvellement comme le poulpe se trouvent, dans ces conditions, favorisées par rapport aux autres espèces démersales moins productives subissant également la même pression de pêche (Caddy et Rodhouse, 1998; Planque *et al.*, 2009). Une analyse de l'état des ressources réalisées par Gascuel *et al.* (2007), à partir de données de campagnes scientifiques indépendantes des statistiques pêche commerciales, met en évidence une perte de 75 pour cent des biomasses globales démersales dans les eaux mauritaniennes au cours des trois dernières décennies. Cette baisse s'opérant à raison de 22 000 tonnes par an, s'accompagne par ailleurs d'une décroissance du niveau trophique moyen des espèces formant la communauté démersale au rythme de 0,012 chaque année. Des conclusions similaires sont tirées par ces auteurs en ce qui concerne ce même type de ressources sur le plateau continental sénégalais. Une étude de la composition alimentaire des espèces du peuplement de fond réalisée à partir d'échantillons collectés lors de campagnes scientifique récentes au large du Sahara (Abdellaoui, 2008), met quant à elle en évidence une dominance des benthivores par rapport aux autres espèces de fond dans cette région. Le groupe des poissons piscivores, devenus minoritaires, n'est plus composé que d'espèces de petites tailles ou de juvéniles d'espèces se présentant habituellement aussi en grandes tailles. On peut également au passage s'interroger, comme Balguerías *et al.* (2000), sur le rôle des rejets dans la modification des flux trophodynamiques en faveur des benthivores. Les taux de matière organique rejetée à la mer atteindraient en effet jusqu'à 75 pour cent des captures selon les pêcheries (Gulland et Garcia, 1984; Balguerías, 1997; Kelleher, 2005).

Quelles que soient donc les motivations et contraintes des exploitations halieutiques, depuis plus de trois décennies, la pêche prélève en moyenne 40 tC/km²/an de matière vivante de ce système qui, sur le long terme, se situent de plus en plus bas dans le

réseau trophique. Les prélèvements par la pêche représentant en effet une exportation nette de matière organique et d'énergie qui ne peut plus être employée par les niveaux trophiques supérieurs à ceux pêchés (Coll *et al.*, 2008), le résultat semble bien être une surexploitation des maillons trophiques supérieurs. Les prélèvements sur les maillons trophiques inférieurs semblent quant à eux de moins en moins compenser la baisse du niveau trophique. Ceci semble donc traduire une surexploitation des flux d'énergie de l'écosystème résultant peut-être du seul effet d'une pêche excessive mais qui pourrait également découler des impacts combinés de la pêche et d'une modification environnementale se répercutant sur l'abondance du maillon trophique intermédiaire et/ou sur la production primaire (modifiant ainsi les ressources du système) (Cury *et al.*, 2003).

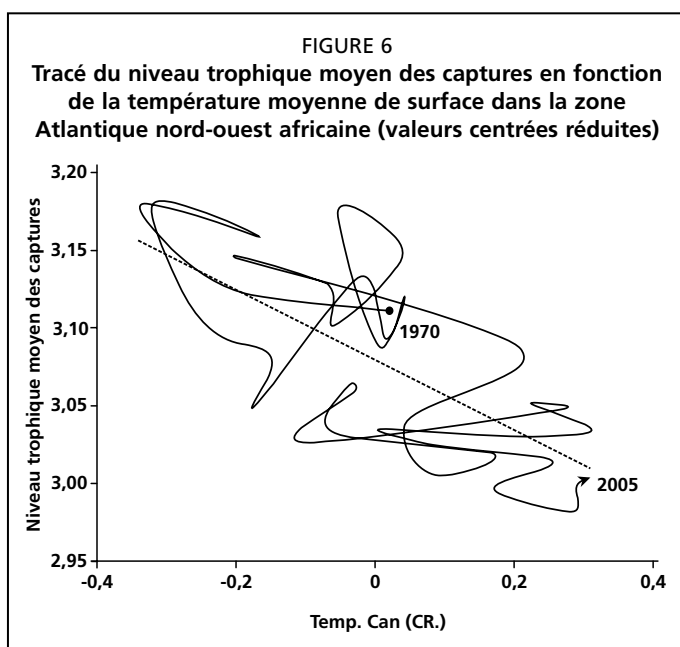
ii. Impact climatique ou combinaison des trois mécanismes?

L'indice de PPR relative indique que 20 pour cent de la production primaire annuelle potentiellement accessible dans cet écosystème est en moyenne utilisée par la pêche, au cours de la période considérée. Ce pourcentage ne prend toutefois pas en compte la variabilité de la production primaire dans le temps qui est loin d'être stable dans ce système comme dans les écosystèmes d'upwelling similaires où elle est fortement forcée par le climat à différentes échelles.

Aucune série de mesures instrumentales de la production primaire couvrant l'ensemble de la période considérée n'est malheureusement disponible, sauf en ce qui concerne la dernière décennie pour laquelle des mesures satellitaires en continu existent. Ces mesures révèlent en fait une tendance décroissante de la production primaire au cours de la période d'observation (Sherman *et al.*, 2007). Cette tendance semble par ailleurs aller de pair avec un net réchauffement du système (Sherman *et al.*, 2007) et une baisse de l'activité de l'upwelling et du transport d'Ekman dans la région (Gómez-Gesteira *et al.*, sous presse). Semionova et Kudersky (2006) et Semionova

et Kudersky (à paraître) ont relevé, à partir d'observations de campagnes océanographiques réalisées dans la région, au nord du 16°N durant les années 1990, une réduction de l'abondance du phytoplancton et des diatomées et une augmentation des flagellés pendant les années chaudes. Sedykh (1978) confirme cette observation au niveau saisonnier. Ce réchauffement pourrait donc être défavorable pour les ressources exploitables (Greve et Parsons, 1977; Verity *et al.*, 2002)¹.

Le tracé du niveau trophique moyen des captures en fonction des températures moyennes de surface dans la région, prises comme proxy de la productivité primaire du système (figure 6), montre que le niveau trophique

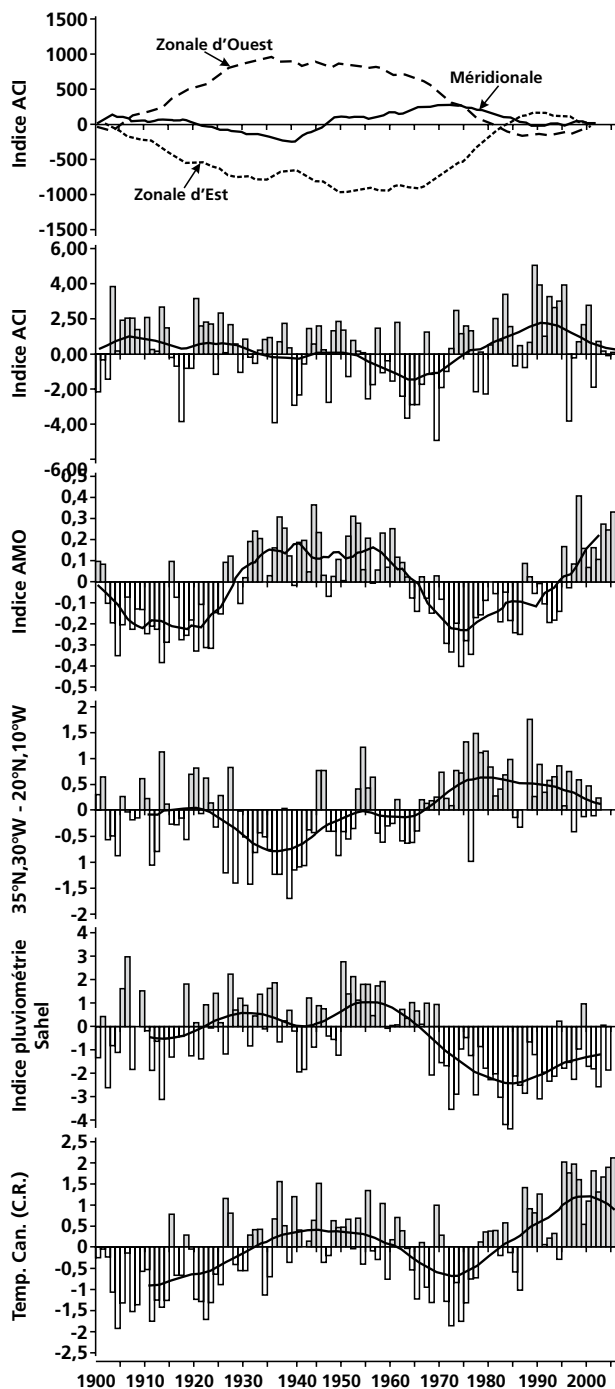


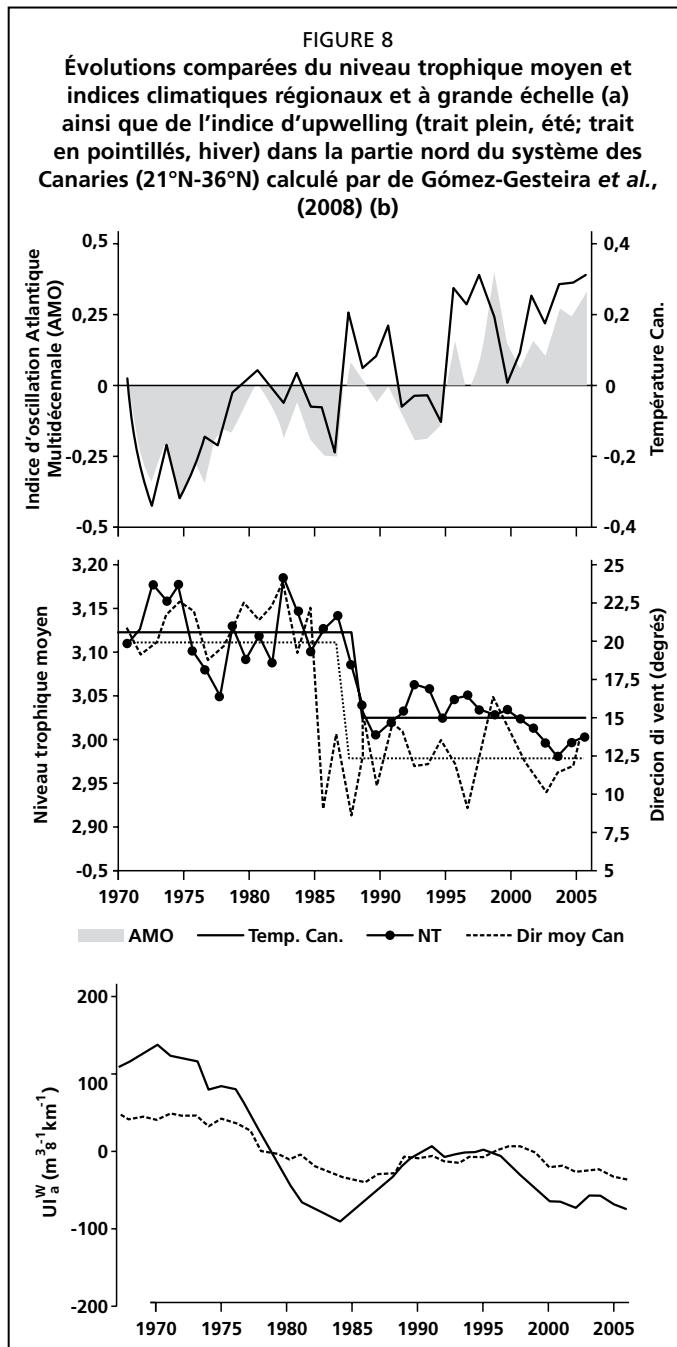
¹ L'abondance des ressources exploitables par la pêche dans un écosystème dépend de la longueur de la chaîne trophique, elle-même déterminée par le rapport diatomées/flagellés au sein de communauté phytoplanctonique (Ryther, 1969; Verity *et al.*, 2002). Une dominance des flagellés rallonge la chaîne trophique et réduit le transfert vers les espèces exploitables alors que se développent des espèces peu utiles telles que les cténophores et les méduses (Greve et Parsons, 1977; Verity *et al.*, 2002). A l'inverse, une dominance des diatomées permet une production plus importante de ressources exploitables (Verity *et al.*, 2002).

moyen des captures décroît avec l'augmentation des températures. Si les températures sont un bon proxy de la productivité primaire du système et le niveau trophique moyen des captures un bon indicateur des niveaux trophiques du système, la relation obtenue plus haut laisserait supposer une limitation des ressources de base du système qui exercerait un impact ascendant sur l'ensemble des maillons situés au delà des producteurs primaires (effet bottom-up). Une production primaire élevée permettrait donc une augmentation des biomasses des espèces fourrages constituées en grande partie de petits pélagiques et donc de l'énergie primaire rendue disponible aux maillons supérieurs. L'énergie transmise par les producteurs primaires étant naturellement dissipée au fur et à mesure de son assimilation par les maillons trophiques suivants, une variation à la baisse de la productivité primaire, restreindra en revanche les flux en direction des maillons supérieurs limitant ainsi leur capacité biotique. En s'appropriant, par ailleurs, une partie des biomasses produites par les espèces fourrages dans ce système, la pêche a probablement contribué à restreindre davantage les flux en direction des niveaux trophiques supérieurs (aggravant l'effet du réchauffement), menant à une situation où la structure trophique de l'écosystème est de plus en plus perturbée avec une possibilité de propagation des effets de la pêche aux maillons inférieurs également (retro-effet).

Le réchauffement relevé au cours de la dernière décennie, pendant laquelle on observe une baisse de la production primaire (Sherman *et al.*, 2007), s'inscrit en fait dans la continuité d'un patron de variabilité à long terme des températures de surface dans la région, montrant des oscillations quasi-cycliques à l'échelle inter-décennale en phase ou en contraste de phase avec des fluctuations survenant à une échelle géographique encore plus vaste (figure 7). En considérant uniquement

FIGURE 7
 Variabilité multidécennale (moyenne mobile 11 ans) et synchronisme entre plusieurs variables climatiques agissant à grande échelle ou à l'échelle régionale. Il s'agit de l'indice de circulation atmosphérique (ACI) tel que calculé par Klyashtorin (1999) indiquant la fréquence relative des vents zonaux d'ouest, d'est et des vents méridionaux; des indices d'oscillation nord atlantique (NAO) et d'oscillation atlantique multidécennale (AMO), d'un indice représentant l'intensité des alizés calculé à partir de la différence de pression atmosphérique entre l'anticyclone des Açores et la dépression saharienne; l'indice du régime pluviométrique du Sahel et les températures de surfaces de la mer en face des côtes NO-africaines entre 10°N et 36°N (valeurs centrées et réduites).





les six dernières décennies, on observe que le système nord-ouest africain passe par une phase chaude durant les décennies 1930-1960 (centrée sur les années 1940-1950) puis une phase froide de 1960 à 1980 (centrée sur 1970) suivie d'un nouveau réchauffement qui continue jusqu'aux années 2000 (figure 7, dernier graphique).

Rappelons que des études antérieures (Domanevsky et Barkova, 1978; Caverivière, 1982; Belvèze, 1984; Gulland et Garcia, 1984; Binet, 1988 entre autres) relevaient un ensemble d'évidences suggérant ce qui s'apparenterait à un changement de régime à la fois climatique et écologique au niveau de l'écosystème du courant des Canaries vers la fin des années 1960-début 1970 (période de refroidissement intense, figure 7). Cette période de transition a vu changer l'abondance et les limites de distribution d'un certain nombre d'espèces. La sardine, la sardinelle, le baliste ou encore la bécasse de mer constituent les exemples les plus fréquemment documentés dans la littérature de l'époque. Les travaux qui ont abordés ces changements mettaient en avant des facteurs comme une intensification des alizés et des upwellings sur leur bordure méridionale, un renforcement du courant géostrophique portant les eaux centrales nord atlantiques vers le sud, les modifications du régime pluviométrique au sahel et des modifications des conditions de salinité liées au déficit hydrique engendré par la

sécheresse au Sahel comme autant de causes à l'origine des modifications biologiques observées au niveau de la région.

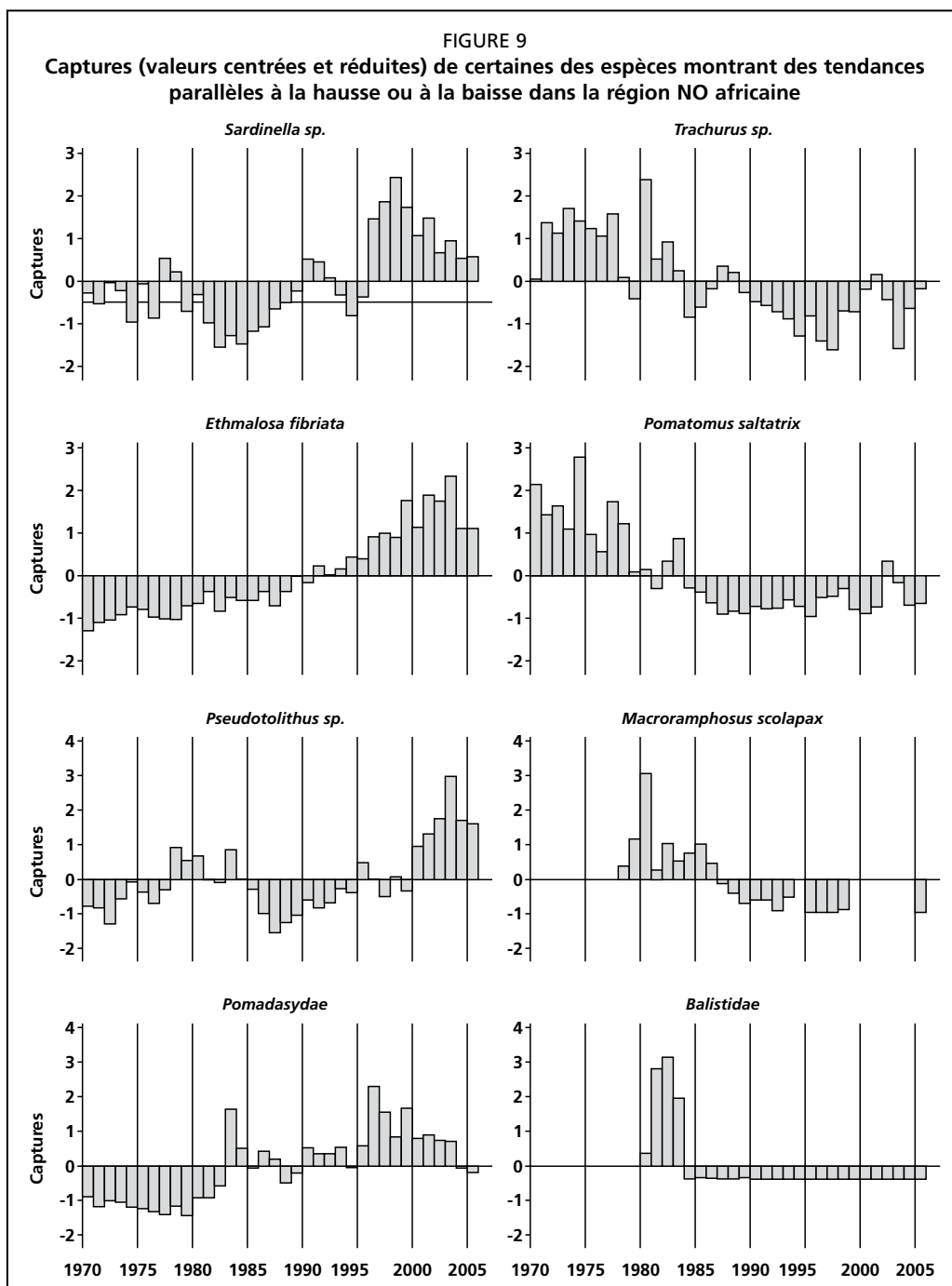
Il est également intéressant de relever une nette concordance dans les évolutions du niveau trophique moyen et de certaines variables climatiques régionales et à grande échelle (figures 8a et 8b). Des corrélations négatives fortes existe ainsi entre le niveau trophique moyen des captures et les températures moyennes de surface de la mer comme on l'a vu plus haut ($r = -0,71$; $p < 0,001$), mais aussi entre cet indicateur et l'indice AMO ($r = -0,70$; $p < 0,001$). Le niveau trophique moyen est par ailleurs positivement corrélé avec l'orientation moyenne des vents ($r = 0,66$; $p < 0,001$) ainsi qu'avec un indice représentant la circulation zonale d'Est dans la région, calculé à partir de la différence de pression atmosphérique entre l'anticyclone des Açores et la dépression du Sahara ($r = 0,42$; $p = 0,01$). Les figures 8a et 8b montrent aussi que le niveau trophique moyen présente une trajectoire également comparable à celles de l'indice d'upwelling calculé par Gómez-Gesteira *et al.*, (2008) et que l'ensemble des variables représentées sur ces

deux figures subit un net changement d'état entre 1985 et 1990. Ce qui laisse supposer un changement de régime écosystémique induit par un forçage climatique à grande échelle, faisant basculer le système après la période charnière de la fin des années 1980 vers un niveau de productivité moindre, qui semble se répercuter sur le niveau des captures globales, si on en juge par les tracés obtenus dans la figure 5.

Des changements de régime écologique sont en effet rapportés dans plusieurs grands écosystèmes marins dans le monde et correspondent à un changement d'état de l'écosystème qui comprendrait des mutations abruptes, profondes et persistantes, à l'échelle décennale, dans la structure des communautés (induites par des modifications de l'abondance et de la répartition géographique des espèces exploitées comme inexploitées) et dans les rapports trophodynamiques (Bakun, 2005; Polovina, 2005; de Young *et al.*, 2008). Des écosystèmes limitrophes mais aussi quelquefois plus éloignés, montrent parfois des synchronismes de changements de régimes, suggérant une réponse commune aux changements de régimes climatiques à grande échelle (Mackas *et al.*, 2006, Tourre *et al.*, 2007). Une concordance des changements brusques qui ont affecté plusieurs écosystèmes dans le monde au cours de la seconde moitié des années 1980 était rapportée par Bakun (1995). Il est de ce point de vue intéressant de noter la coïncidence de chronologie entre le changement d'état du système des Canaries et celui observé dans le Golfe de Guinée (Bakun, 1995) et dans l'Atlantique Nord par Reid *et al.* (2001), Alheit *et al.* (2005) et Brunel et Boucher (2007).

Les changements climatiques à grande échelle abordés plus haut, intéressent en effet l'ensemble du bassin Atlantique et se manifestent entre autres par un net réchauffement de l'Atlantique au nord de l'équateur semblant engendrer des modifications biogéographiques majeures dans l'Atlantique NE touchant à la fois la productivité (Brunel et Boucher, 2007) et les limites septentrionales de répartition d'un certain nombre d'espèces (Beare *et al.*, 2004a, 2004b; Poulard et Blanchard, 2005), dont plusieurs font également partie de l'assemblage faunistique du système des Canaries (figure 9). Une diminution des espèces d'affinité boréale (et à l'inverse, une augmentation des espèces subtropicales) est ainsi observées depuis la fin des années 1980 dans le Golfe de Gascogne et l'Atlantique ibérique (Quéro *et al.*, 1998; Borges *et al.*, 2004; Poulard et Blanchard, 2005). On relève également au niveau des hautes latitudes une augmentation de l'abondance d'espèces des eaux tempérées comme le chinchard européen (*Trachurus trachurus*) (Reid *et al.*, 2001) ou encore la sardine et l'anchois (Beare *et al.*, 2004a, 2004b). Les prises du chinchard européen ont commencé à augmenter en Mer du Nord après 1987, reflétant selon Reid *et al.* (2001), une expansion du stock nordique de cette espèce le long du talus continental du golfe de Gascogne à la mer du Nord, alors que le recrutement cette espèce déclinait au même moment en face de la péninsule ibérique (Lavin *et al.*, 2007). On constate également que les captures des chinchards connaissent une baisse à partir de la fin des années 1980 au niveau des côtes nord-ouest africaines (figure 9). La réapparition de la sardine et de l'anchois en mer du Nord coïncide avec des incursions de plus en plus fréquentes des sardinelles au nord du cap Blanc (FAO, 1995; Zeeberg *et al.*, 2007) – secteur plus ou moins déserté par ces espèces après la seconde moitié des années 1970. À partir de 1988, le baliste revient à sa condition des années 1960, après une forte prolifération durant la période intermédiaire (Caverivière, 1995). La bécasse de mer, espèce qui a également connu une explosion dramatique en face du Maroc durant les années 1970 (Belvèze et Bravo de Laguna, 1980), a quasiment disparu des captures après les années 1980.

La compréhension actuelle des effets à long terme du transfert de biomasses importantes hors des écosystèmes marins, notamment dans un contexte fortement forcé par le climat, est encore limitée. Cette analyse n'en constituant qu'une ébauche, mais si toutefois l'hypothèse d'un changement de régime écosystémique émise dans le cadre de cette étude se vérifiait, cela pousserait à penser qu'un régime de productivité moindre conjugué à une pression de pêche de plus en plus dirigée sur les petits



pélagiques, combien même celle-ci serait contenue dans des limites jugées peut-être jusqu'alors acceptables par l'approche monospécifique, pourrait devenir problématique (figure 10). Un accroissement de la pression de pêche sur les petits pélagiques, qui du reste est actuellement bien souvent perçue comme l'une des rares «opportunités de développement» pour le secteur halieutique dans les pays de la région, risque à termes d'aggraver la surexploitation de l'ensemble du réseau trophique. L'exemple de l'écosystème d'upwelling du nord Benguela, où un changement de régime dans l'écosystème à la fin des années 1960, conjugués à la surpêche a entraîné l'effondrement des importants stocks de sardine et d'anchois dans les années 1970 menant à l'effondrement de l'ensemble de l'écosystème (Heymans *et al.*, 2004; Cury et Shannon, 2004; Van der Lingen *et al.*, 2008), est à ce titre assez édifiant. Une partie de la production primaire précédemment consommée par les biomasses élevées de sardine dans cet écosystème est maintenant sous-utilisée et se retrouve en grande partie responsable de l'aggravation

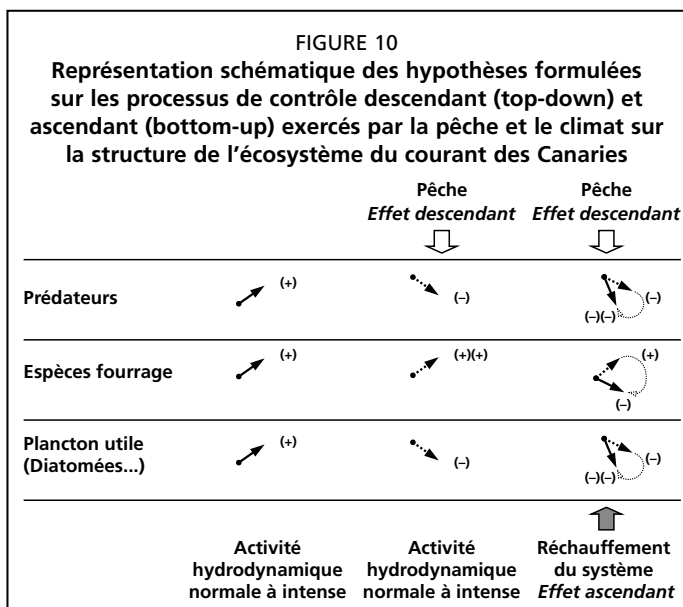
des conditions anoxiques que connaît ce système (Boyer et Hampton, 2001; Boyer *et al.*, 2001; Bakun et Weeks, 2004) accentuant davantage son état d'effondrement en dépit des mesures de gestion instaurées pour le restaurer (Willemse et Pauly, 2004a, 2004b).

La plupart des espèces de petits pélagiques du courant des Canaries s'étendent sur plusieurs ZEE où elles font souvent l'objet d'une exploitation séquentielle à l'échelle saisonnière. Leur disponibilité dans les différentes ZEE dépend à la fois de leurs schémas migratoires et de leur abondance, étroitement liés à la variabilité des facteurs abiotiques. Ces ressources sont à la base d'une industrie de pêche d'une

importance socio-économique élevée pour les pays riverains (Weigel, 1999). La demande est donc susceptible de croître, compte tenu également des tendances de la demande internationale et de la pression démographique dans les pays côtiers. Une dépendance accrue des États nord ouest africains envers l'exploitation de ces ressources ne peut, dans ce contexte, qu'exacerber l'incertitude quant aux bénéfices escomptés de leur pêche sur le long terme.

4. CONCLUSION

Qu'il relève d'une érosion de la structure trophique de l'écosystème par le haut (par une pêche trop importante), d'une politique délibérée visant un accroissement des captures (par une extension progressive de la gamme des espèces cibles), ou des effets forçages climatiques (affectant directement l'abondance et la productivité des ressources), la baisse du niveau trophique moyen des captures dans la région nord-ouest africaine ne manque pas de susciter des questionnements quant aux conséquences potentielles de la pêche sur la circulation des flux énergétiques dans l'écosystème. Cela pose bien évidemment le problème de la durabilité de l'exploitation mais aussi des conditions pour maintenir l'intégrité des structures et du fonctionnement de l'écosystème qui la supporte, en particulier quand le système naturel est soumis à de fortes fluctuations. La gestion des pêcheries dans la région s'est faite jusqu'à présent en considérant les stocks indépendamment les uns des autres, voire même indépendamment de ce qui se passe dans les différentes ZEE, or il existe, dans les écosystèmes, des interactions fortes qu'il faut également prendre en compte car elles conditionnent les performances de la gestion et des investissements. De ce fait, la question de l'évaluation et de la gestion des pêcheries de la région nord-ouest africaine par l'approche mono spécifique, telle qu'elle est actuellement appliquée, se double de celle de l'évaluation de l'état des structures de cet écosystème, des interactions en jeu et donc de l'état d'exploitation du système de production dans son ensemble. Les changements environnementaux exercent par ailleurs une influence fondamentale sur la stabilité et la résilience des écosystèmes marins et leurs populations, *a fortiori* celles des petits pélagiques. Par conséquent, et bien qu'ils ne puissent pas être contrôlés directement, leurs effets à plus ou moins long terme, doivent être pris en considération par les processus d'aménagement, ce qui pose le problème des capacités de la recherche nécessaires pour accroître le niveau de précision des analyses de leurs effets.



5. RÉFÉRENCES

- Abdellaoui, S. 2008. *Étude du régime alimentaire et des interactions trophiques au sein de la communauté de fond (Mégafaune) du plateau continental de l'Atlantique sud du Maroc (20°50'-26°N)*. Mémoire de Master, Université Hassan II, 111 pp.
- Ait Ouaraab, H. & Yaalaoui, K. 2007. *Réponse de la circulation océanique dans l'océan Atlantique marocain au forçage climatique de type oscillation nord Atlantique (NAO)*. Mémoire de fin d'études École Hassania des Travaux publics.
- Alheit, J., Roy, C. & Kifani, S. 2009. Interdecadal variability in populations of small, pelagic fish. In D. Checkley, J. Alheit, Y. Oozeki & C. Roy. *Climate Change and Small Pelagic Fish*. Cambridge University Press (sous presse).
- Alheit, J., Moellmann, C., Dutz, J., Loewe, P., Mohrholtz, V. & Wasmund, N. 2005. Synchronous ecological regime shifts in the Central Baltic and the North Sea in the late 1980s. *ICES Journal of Marine Science*. 62: 1205-1215.
- Arístegui, J., Álvarez-Salgado, X.A., Barton, E.D., Figueiras, F.G., Hernández-León, S., Roy, C. & Santos, A.M.P. 2004. Oceanography and fisheries of the Canary Current Iberian region of the Eastern North Atlantic. p. 877-931. In A.R. Robinson & K. Brink, eds. *The global coastal ocean: interdisciplinary regional studies and syntheses*. Harvard University Press.
- Álvarez-Salgado, X.A., Arístegui, J., Barton, E.D., Hansell, D.A. & Sanders R. 2007. Contributions of upwelling filaments to net heterotrophic systems in the ocean carbon cycle. *Limnology and Oceanography*, 52(3): 1287-1292
- Bakun, A. 1995. Global climate variations and potential impacts on the Gulf of Guinea sardinella fishery. pp. 60-84. In F.X. Bard & K.A. Korentang, eds. *Dynamics and Use of Sardinella Resources from Upwelling off Ghana and Ivory Coast*. ORSTOM Editions. Paris. 438 pp.
- Bakun, A. 2005. Regime Shifts. In A.R. Robinson & K. Brink, eds. *In The Sea*, Vol.13. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. Ch. 25: 971-1026.
- Bakun, A. & Weeks, S.J. 2004. Greenhouse gas buildup, sardines, submarine eruptions, and the possibility of abrupt degradation of intense marine upwelling ecosystems. *Ecology Letters* 7: 1015-1023.
- Balguerías, E. 1997. Discards in fisheries from the Eastern Central Atlantic (CECAF Region). In I.J. Clucas & D.G. James, eds. *Papers presented at the Technical Consultation on Reduction of Wastage in Fisheries*. Tokyo. FAO Fisheries Report No. 547 (Suppl.). Rome, FAO.
- Balguerías, E., Quintero, M.E., & Hernandez-Gonzalez, C.L. 2000. The origin of the Saharan Bank cephalopod fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 15-23.
- Beare, D., Burns, F., Jones, E., Peach, K., Portilla, E., Greig, T., McKenzie, E. & Reid, D. 2004a. An increase in the abundance of anchovies and sardines in the north-western North Sea since 1995. *Global Change Biology*. 10 (7):1209-1213.
- Beare, D. J., Burns, F., Greig, A., Jones, E.G., Peach, K., Kienzie, M., McKenzie, E. Reid, D.G. 2004b. *Long-term increases in prevalence of North Sea fishes having southern biogeographic affinities*. Marine Ecology Progress Series. 284: 269-278.
- Belvèze, H. 1984. *Biologie et dynamique des populations de sardine (Sardina pilchardus Walbaum) peuplant les cotes atlantiques du Maroc*. Propositions pour un aménagement des pêcheries. Thèse Doctorat Etat, UBO France.
- Belvèze, H. & Bravo De Laguna, J. 1980. *Les ressources halieutiques de l'Atlantique Centre-Est. Deuxième partie: Les ressources de la cote Ouest africaine entre 24°N et le détroit de Gibraltar*. FAO Document technique sur les pêches (186.2): 64 pp.
- Binet, D. 1988. Rôle possible d'une intensification des alizés sur le changement de répartition des sardines et sardinelles le long de la côte ouest africaine. *Aquatic Living Resources*: 1, 115-132.

- Binet, D., Samb, B., Sidi, M.T., Levenez, J.J. & Servain, J. 1998. Sardine and other pelagic fisheries changes associated with multi-year trade wind increases in the southern Canary current. In M.H. Durand, P. Cury, R. Mendelssohn, C. Roy, A. Bakun & D. Pauly, eds. *Global versus local changes in upwelling systems*, ORSTOM Editions, Paris: 211-233
- Borges, M.F., Hill, L., Mendes, H., Santos, A.M. & Salgado, M. 2004. *Regime shift effects on fish community metrics measured in the West Portugal upwelling area*. ICES C.M. 2004/M:11. (available at www.ices.dk/products/CMdocs/2004/M/M1104.pdf)
- Boukatine, P.A., Domanevsky, L.N., Lukatsky, V.B., Milnikov, N.I., Moustahfid, H. In prep. Biologie et pêche des poissons pélagique dans l'Atlantique Centre-Est (Région Sud du Maroc). In K.G. Koukhorenko & A. Berraho, eds. *Étude de l'écosystème pélagique de la côte atlantique marocaine*.
- Boyer, D.C., & Hampton, I. 2001. An overview of the living marine resources of Namibia. In A.I.L. Payne, S.C. Pillar, & R.J.M. Crawford, eds. *A decade of Namibian fisheries science*. South African Journal of Marine Sciences: 23. pp. 5–35.
- Boyer, D.C., Boyer, H.J., Fossen, I. & Kreiner, A. 2001. Changes in abundance of the northern Benguela sardine stock during the decade 1990–2000, with comments on the relative importance of fishing and the environment. In A.I.L. Payne, S.C. Pillar, & R.J.M. Crawford, eds. *A decade of Namibian fisheries science*. South African Journal of Marine Sciences: 23. pp. 67–84.
- Brunel, T. & Boucher, J. 2007. Long-term trends in fish recruitment in the north-east Atlantic related to climate change. *Fisheries Oceanography*, Volume 16, Number 4: 336–349.
- Caddy, J.F., & Rodhouse, P.G. 1998, Cephalopod and groundfish landings: evidence for ecological change in global fisheries? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 8: 431–444
- Caddy, J.F. & Garibaldi, L. 2000. *Apparent changes in the trophic composition of world marine harvests: the perspective from the FAO capture database*. Ocean and Coastal Management 43: 615–655.
- Caddy, J.F. Csirke, J., Garcia, S.M., & Grainger, R.J.R. 1998. How Pervasive Is “Fishing Down Marine Food Webs”? *Science*. Vol. 282. No. 5393, 1383 pp.
- Carr, M.E. 2002. *Estimation of potential productivity in Eastern Boundary Currents using remote sensing*. Deep-Sea Research II., 49: 59–80.
- Carr, M.E., & Kearns, E.J., 2003. *Production regimes in four Eastern Boundary Current systems*. Deep-Sea Research II 50: 3199–3221.
- Caverivière, A. 1982. *Le baliste des côtes africaines, (Balistes carolinensis)*. Biologie, prolifération et possibilités d'exploitation. Oceanologica Acta., Vol. 5: 4. 453–459.
- Caverivière, A. 1995. Les fluctuations d'abondance du baliste (*B. carolinensis*). In *L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise*. M. Barry-Gérard, T. Diouf & A. Fonteneau, eds. ORSTOM éditions, Paris, Colloques et séminaires, Tome 2, pp. 257–264
- Chauveau, J.P. 1989. Histoire de la pêche industrielle au Sénégal et politiques d'industrialisation. 1er partie: Cinq siècles de pêche européenne (du xv siècle au milieu des années 1950). *Cahiers des Sciences Humaines*. 25 (1-2) 1989: 237–258.
- Coll, M., Libralato, S., Tudela, S., Palomera, I., Pranovi, F. 2008. *Ecosystem overfishing in the ocean*. PLoS ONE 3(12) (also available at www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=2587707&blobtype=pdf)
- Cury, P. & Shannon, L.J. 2004. Regime shifts in upwelling ecosystems: observed changes and possible mechanisms in the northern and southern Benguela. *Progress in Oceanography* 60: 223–243.

- Cury, P., Shannon, L.J. & Shin, Y.J. 2003. The functioning of marine ecosystems: a fisheries perspective. In *Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem*, pp. 103-123. Ed. by M. Sinclair, and G. Valdimarsson. CAB International, Wallingford.
- Cury, P., Bakun, A., Crawford, R.J.M., Jarre, A., Quinones, R.A., Shannon, L.J. & Verheye, M.H. 2000. Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in "wasp-waist" ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 603-618.
- Cury, P.M., Shannon, L.J., Roux, J-P., Daskalov, G.M., Jarre, A., Moloney, C.L. & Pauly, D. 2005. Trophodynamic indicators for an ecosystem approach to fisheries. *ICES Journal of Marine Science*: 62(3): 430-442.
- Cushing, D.H. 1969. *Upwelling and fish production*. FAO Fisheries Technical Paper 84. 40 pp.
- De Young, B., Barange, M., Beaugrand, G., Harris, H., Perry, R.I., Scheffer, M. & Werner, F. 2008. *Regime shifts in marine ecosystems: detection, prediction and management*. Trends in Ecology and Evolution. 23 (7): 402-409.
- Domanevsky, L.N. & Barkova, N.A. 1978. *Particularités de la répartition et état des stocks de sardine (Sardina pilchardus) au large de l'Afrique nord occidentale*. Report of the Ad Hoc Working Group on West African Coastal Pelagic Fish from Mauritania to Liberia (26°N to 5°N). Dakar, 19-24 June 1978. CECAF/ECAF Series/78/10.
- Essington, T.E., Beaudreau, A.H. & Wiedenmann, J. 2006. *Fishing through marine food webs*. PNAS 2006 103:3171-3175.
- Everett, G.V. & Roest, F.C. 1983. The industrial fishery for coastal pelagics off NW Africa. In Rapport CECAF/ECAF Series 83/27. *Groupe de Travail Ad Hoc sur les Chinchards et les Maquereaux de la Zone Nord du COPACE, Nouadhibou (Mauritanie)*: 135-188.
- FAO. 1995. *Rapport de campagne N/R Dr Fridtjof Nansen. Campagne acoustique sur les ressources pélagiques de l'Afrique du Nord-ouest*. NORAD/FAO/PNUD – GLO92/013. (available at <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai109f/ai109f00.pdf>)
- FAO. 2006. *Report of the FAO/CECAF Working Group on the Assessment of Demersal Resources, Subgroup North.: Saly, Senegal, 14-23 September 2004*. CECAF/ECAF Series (FAO), No. 06/68.
- FAO. 2007. *Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. Agadir, Morocco, 17-26 April 2007*. FAO Fisheries Report. No. 849. Rome, FAO. 2007. 238 p.
- Froese, R. & D. Pauly (Editors) 2005. *FishBase*. (available at www.fishbase.org).
- Gascuel, D. 2004. 50 ans d'évolution des captures et biomasses dans l'Atlantique Centre-Est: analyse par les spectres trophiques de captures et de biomasses, In *Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest: un demi-siècle de changement*. Actes du symposium international, Dakar, Sénégal, 24-28 juin 2002. Office des publications officielles des Communautés européennes, XXXVI-532-XIV p. (coll. Rapports de recherche halieutique A, C). Bruxelles pp. 415-420.
- Gascuel, D., Labrosse, P., Meissa, B., Taleb Sidi, M.O. & Guenette, S. 2007. The decline of demersal resources in North-West Africa: an analysis of Mauritanian trawl survey data over the last 25 years. *African Journal of Marine Sciences* 29, 331-345.
- Gómez-Gesteira, M., de Castro, M., Álvarez, I., Lorenzo, M. N, Gesteira, J.L.G. & Crespo, A.J.C 2008. *Spatio-temporal upwelling trends along the Canary Upwelling System (1967-2006)*. Annals of the New York Academy of Sciences. 1146: 320-37.

- Greve, W. & Parsons, T. R. 1977. *Photosynthesis and fish production: Hypothetical effects of climatic change and pollution*. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 30: 66-72.
- Guénette, S., Balguerías, E. & Santamaría, M.T.G. 2001. Spanish fishing activities along the Saharan and Moroccan coasts. In D. Zeller, R. Watson & D. Pauly, eds. *Fisheries Impacts on North Atlantic Ecosystems: Catch, Effort and National/Regional Data Sets*. FCRR 9(3), pp. 206-213
- Gulland, J.A. & Garcia, S. 1984. Observed patterns in multispecies fisheries. In *Exploitation of marine communities*. R.M. May, eds, Dahlem Konferenzen. Berlin, Heidelberg, New-York, Tokyo. Springer-Verlag. pp. 155-190.
- Heilemen, S. & Tandstad, M. 2008. *Canary current LME 27*. (also available at www.lme.noaa.gov/Portal/LME_Report/lme_27.pdf)
- Herbland, A. 1974. *Activité bactérienne dans l'upwelling Mauritanien: relation avec l'oxygène et la matière organique*. *TETHYS*, 6 (1-2): 203-212.
- Heymans, J.J., Shannon, L.J. & Jarre, A. 2004. *Changes in the northern Benguela ecosystem over three decades: 1970s, 1980s and 1990s*. *Ecol. Mod.*, 172: 175-195.
- Hurrell, J.W. 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*: 269:676-679.
- Hurrell, J.W., Visbeck, M., Busalacchi, A., Clarke, R.A., Delworth, T.L., Dickson, R.R., Johns, W.E., Koltermann, K.P., Kushnir, Y., Marshall, D., Mauritzen, C., McCartney, M.S., Piola, A., Reason, C., Reverdin, G., Schott, F., Sutton, R., Wainer, I. & Wright, D. 2006. Atlantic Climate Variability and Predictability: A CLIVAR perspective. *Journal of Climate* 19, 5100-5121.
- Hutchings, L. 1992. Fish harvesting in a variable, productive environment – Searching for rules or searching for exceptions? *South African Journal of Marine Science* 12: 297-318.
- Irigoin, X., Flynn, K.J. & Harris, R.P. 2005. Phytoplankton blooms: a 'loophole' in microzooplankton grazing impact? *Journal of Plankton Research*. 27(4):313-321.
- Kelleher, K. 2005. *Discards in the world's marine fisheries. An update*. FAO Fisheries Technical Paper 470, 131 pp.
- Kerr, R.A. 2000. A North Atlantic Climate Pacemaker for the Centuries. *Science magazine*. No. 288.
- Kifani, S., Masski, H. & Faraj, A. 2008. The need of an ecosystem approach to fisheries: The Moroccan upwelling-related resources case. *Fisheries Research*. Volume 94, Issue 1, October 2008, pages 36-42.
- Kim, J.H., Meggers, H., Rimbu, N., Lohmann, G., Freudental, T., Müller, P.J., Schneider, R.R. 2007. *Impacts of the North Atlantic gyre circulation on Holocene climate off Northwest Africa*. *Geology* 35, 387-390.
- Klyashtorin, L.B. 1998. Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. *Fisheries Research* 37:115-25.
- Knight, J.R., Allan, R.J., Folland, C.K., Vellinga, M. & Mann, M.E. 2005. A signature of persistent natural thermohaline circulation cycles in observed climate. *Geophysical Research Letters* 32(20):L20708.
- Lamb, P.J., & Peppler, R.A. 1992. Further case studies of tropical Atlantic surface atmospheric and oceanic patterns associated with sub-Saharan drought. *Journal of Climate* 5:476-488.
- Larkin, P.A. 1977. An epitaph for the concept of maximum sustained yield. *Transactions of the American Fisheries Society*, 106: 1-11.
- Latif, M., Böning, C., Willebrand, J., Biastoch, A., Dengg, J., Keenlyside, N., Schweckendiek, U. & Madec, G. 2006. Is the thermohaline circulation changing? *Journal of Climate*, 19, (18): 4631-4637.

- Laurans, M., Gascuel, D., Chassot, E. & Thiam, D. 2004. Changes in the trophic structure of fish demersal communities in West Africa in the three last decades. *Aquatic Living Resources* 17, 163–173.
- Lavin, A., Moreno-Ventas, X., Ortiz de Zarate, V., Abaunza, P., & Cabanas, J.M. 2007. Environmental variability in the North Atlantic and Iberian waters and its influence on horse mackerel (*Trachurus trachurus*) and albacore (*Thunnus alalunga*) dynamics. – *ICES Journal of Marine Science*, 64: 425–438.
- Mackas, D., Strub, P.T. Thomas, A.C. & Montecino, V. 2006. Eastern Ocean Boundaries Pan-Regional View, In *The Sea*. A.R. Robinson and K.H. Brink, Editors. Harvard Press Ltd.
- Marshall, J., Kushnir, Y., Battisti, D., Chang, C., Czaja, A., Dickson, B., Hurrell, J., McCartney, M., Saravanan, R., & Visbeck, M. 2001. North Atlantic climate variability: phenomena, Impacts and mechanisms. *International Journal of Climatology* 21: 1863–1898
- Micheli, F. 1999. Eutrophication, fisheries, and consumer-resource dynamics in marine pelagic ecosystems. *Science*, 285: 1396–1398.
- Pauly, D., & Christensen, V. 1995. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, 374: 255–257.
- Pauly, D. & Watson, R. 2005. Background and interpretation of the ‘MarineTrophic Index’ as a measure of biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 360: 415–423.
- Pauly, D., Froese, R., & Christensen, V. 1998. How pervasive is “Fishing down marine food webs”? response to Caddy *et al.* *Science*, 282: 183.
- Pauly, D., Christensen, V. & Walters, C. 2000. Ecopath, Ecosim and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 57: 697–706
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., & Torres, F.C. Jr 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, 279: 860–863.
- Pitcher, G.C., Walker, D.R. & Mitchell-Innes, B.A. 1989. Phytoplankton sinking rate dynamics in the southern Benguela upwelling system. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 55: 261–269.
- Planque, B., Fromentin, J.M., Cury, P., Drinkwater, K., Jennings, S. Perry I. & Kifani, S. 2009. How does fishing alter marine populations and ecosystems sensitivity to climate? *Journal of Marine Systems*. Sous presse.
- Polovina, J.J. 2005. *Climate variation, regime shifts, and implications for sustainable fisheries*. Bulletin of Marine Science (Miami, Florida: Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami) 76 (2): 233–244.
- Poulard, J.C. & Blanchard, F. 2005. Impact of climate change on the fish community structure of the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science* 62, 1436–1443.
- Quéro, J.C., Du Buit, M.H. & Vayne, J.J., 1998. Les observations de poissons tropicaux et le réchauffement des eaux dans l’Atlantique européen. *Oceanologica Acta*, 21(2): 345–351.
- Reid, P.C, Borges, M.F. & Svendsen, E. 2001. A regime shift in the North Sea circa 1988 linked to changes in the North Sea horse mackerel fishery. *Fisheries Research*. 50, (1–2):163–171.
- Ryther, J.H. 1969. *Photosynthesis and fish production in the sea*. *Science* 166: 72–76.
- Sedykh, K.A. 1978. Étude de l’upwelling près de la cote de l’Afrique nord-occidentale par l’Institut atlantique de recherches scientifiques de l’industrie de la pêche et de l’océanographie. In *Rapport du groupe de travail ad hoc sur les poissons pélagiques côtiers ouest-africains de la Mauritanie au Libéria (26°N à 5°N). Dakar-Sénégal (19–24 juin 1978)*. COPACE/PACE Series/78/10 (f). Annexe 10.

- Semionova, S.N. & Kudersky, S.K. 2006. *Interannual phytoplankton fluctuations under the impact of upwelling development off Northwest Africa from 16°00'N to 20°30'N in the warm seasons of 1997-2000*. IX^o congress of Hydrobiology Society of RAS: Abstracts of reports of Scientific Conference. Toljatti, September, 18-22, 2006. Toljatti, 2006. p. 150.
- Semionova, S.N. & Kudersky, S.K. (À paraître). Caractéristique de l'état du phytocène au large des côtes atlantiques du royaume du Maroc. In K.G. Koukhorenko & A. Berraho, eds. *Étude de l'écosystème pélagique de la côte atlantique marocaine*.
- Shannon, L.V., & Field, J.G. 1985. *Are fish stocks food-limited in the southern Benguela pelagic ecosystem?* Marine Ecology Progress Series 22, 7–19.
- Tourre, Y. M., Rajagopalan, B. & Kushnir, Y. 1999: Dominant patterns of climate variability in the Atlantic Ocean during the last 136 years. *Journal of Climate*, 12(8): 2285-2299.
- Tourre, Y.M, Lluch-Cota, S.E & White, W.B. 2007. *Global multi-decadal ocean climate and small-pelagic fish population*. Environmental Research Letters 2. (2007) 034005 (9pp). Online at <http://stacks.iop.org/ERL/2/034005>.
- Van der Lingen, C., Roux, J.P. & Shannon, L. 2008. *The role of small pelagic fish in the ecology of eastern boundary upwelling systems*. Communication at the symposium Eastern Boundary Upwelling Ecosystems. Las Palmas, 2-6 June 2008.
- Verity, P.G., Smetacek, V. & Smayda, T.J. 2002. Status, trends and the future of the marine pelagic ecosystem. *Environmental Conservation* 29 (2): 207–237.
- Verzani J., 2005. *Using R for Introductory Statistics*. Chapman&Hall/CRC Press, pp 414.
- Visbeck, M., Chassignet, E., Curry, R., Delworth, T., Dickson, B. & Krahmann, G. 2003. The Ocean's Response to North Atlantic Oscillation Variability. In J. Hurrell, Y. Kushnir, G. Ottersen & M. Visbeck, eds. *The North Atlantic Oscillation*. AGU monograph, Washington, pp. 113-146.
- Weigel, J.Y. 1999. *Dynamiques d'exploitation et de valorisation des petits pélagiques marins en Afrique de l'Ouest*. FAO Document technique sur les pêches. No. 390. FAO, Rome. 1999. 59p.
- Willemse, N.E. & Pauly, D. 2004a. Reconstruction and interpretation of marine fisheries catches from Namibian waters, 1950 to 2000. In U.R. Sumaila, D. Boyer, M.D. Skogen & S.I. Steinshamm, eds. *Namibia's fisheries: ecological, economic and social aspects*. pp. 99-112. Eburon Academic Publishers, Amsterdam.
- Willemse, N.E. & Pauly, D. 2004b. Ecosystem overfishing: a Namibian case study. In P. Chavance, M. Ba, D. Gascuel, M. Vakily & D. Pauly, eds. *Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'ouest: un demi-siècle de changement. Actes du symposium international, Dakar, Sénégal, 24-28 juin 2002*. pp. 253-260. Collection des rapports de recherche halieutique A.C.P. - U.E. Numéro 15, Bruxelles.
- Zeeberg, J., Corten, A., Tjoe-Awie, P., Coca, J. & Hamady, B. 2007. Climate modulates the effect of *Sardinella aurita* fisheries off Northwest Africa. *Fisheries Research*. 89, (1): 65-75.

Variabilité climatique au niveau de l'écosystème du courant des Canaries (10°N-36°N) à l'échelle interdécennale

Climatic variability of Canary current ecosystem (10°N–36°N) at interdecadal scale

(French only/En français seulement)

K. Hilmi¹, S. Kifani, A. Orbi, A. Makaoui, A. Benazzouz et I. Tai

¹ Institut National de Recherche Halieutique (INRH)

2, rue Tiznit, 20000 Casablanca, Maroc

<hilmi@inrh.org.ma>

Hilmi, K., Kifani, S., Orbi, A., Makaoui, A. Benazzouz, A. et Tai, I. 2011. Variabilité climatique au niveau de l'écosystème du courant des Canaries (10°N-36°N) à l'échelle interdécennale. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

L'étude menée sur la zone du courant des Canaries (10°–36°N; -30°W–6°W), à partir de la base de données ICOADS sur la période 1946-2005, montre que les paramètres étudiés (SST, intensité du vent, Indice NAO) présentent des fluctuations à l'échelle interdécennale. La période 1970-80 est généralement «froide» et on note une nette tendance vers la hausse des températures à partir des années 1990. L'analyse en ondelettes montre différentes réponses, dans les basses et hautes fréquences de la SST face au forçage de la NAO, aussi bien dans la zone du Courant des Canaries dans son ensemble que dans les sous-zones (10°–14°N; 16°–20°N; 22°–28°N et 32°–36°N). Ces réponses sont particulièrement marquées pendant les années 1955-1960 et 1980-1990 dans les basses et hautes fréquences.

ABSTRACT

The study undertaken in the Canary current area (10°–36°N; 30°–6°W) using the International Comprehensive Ocean–Atmosphere Data Set (ICOADS) for the period 1946–2005 shows that the studied parameters (SST, wind intensity, NAO index) shows fluctuations at interdecadal scale. The period 1970–1980 is generally “cold” and a net trend towards warmer temperatures is observed starting

in the 1990s. Wavelet analysis shows different responses (in the lower and higher frequencies) of SST to NAO forcing at the whole Canary current area level as well as in sub-areas 10° – 14° N; 16° – 20° N; 22° – 28° N and 32° – 36° N. These responses are particularly noticeable during the periods 1955–1960 and 1980–1990 in low and high frequencies.

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du suivi de l'écosystème pélagique de la côte atlantique marocaine, la réalisation de campagnes océanographiques saisonnières régulières depuis la dernière décennie a permis d'observer une anomalie saisonnière de la température de surface, particulièrement dans la zone Sud du Maroc (Hilmi *et al.*, 2000).

Cette anomalie a été particulièrement observée entre les années 1995 et 1997 et s'est répercutée de manière négative sur la disponibilité et l'abondance des petits pélagiques (FAO, 2007 et Strømme *et al.*, 2011, ce volume). S'agit-il d'une «anomalie» localisée et observée au niveau de la région du Sud du Maroc ou généralisée au niveau de la zone du Courant des Canaries?

De manière à répondre à cette question, la variabilité climatique dans la zone du Courant des Canaries a été étudiée et appréhendée à partir de la base de données ICOADS (<http://www.cdc.noaa.gov/>) de 1946 à 2005.

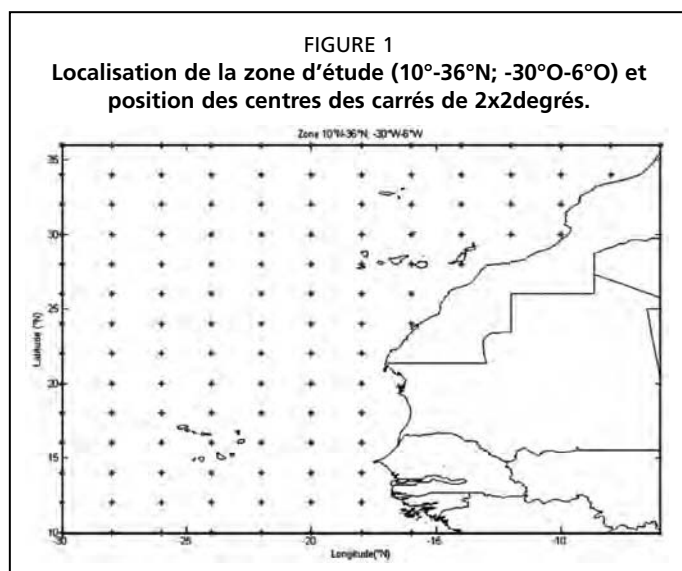
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le choix de cette base de données se justifie par le fait qu'elle a été antécédemment utilisée pour analyser la variabilité climatique des zones d'upwelling mondiales au cours des quarante dernières années (Roy et Mendelssohn, 1998). Cette base de données rassemble 100 millions d'observations météorologiques de surface collectées par les navires marchands et d'autres plateformes sur les océans du monde entier. La couverture est mondiale et les premières données remontent à 1854.

Un premier travail effectué par ces auteurs sur la variabilité climatique fut réalisé en utilisant une version réduite d'ICOADS (moyennes mensuelles par carrés de 2° de côté). Il est apparu que les données contenues dans ces fichiers sont affectées par de nombreux biais qui rendent hasardeuse leur utilisation pour l'étude de la variabilité climatique sur le long terme (Roy et Mendelssohn, 1998).

Ainsi, selon ces auteurs, les changements des méthodes de mesure au cours du temps

sont à l'origine d'erreurs. Les variables concernées sont plus particulièrement la température de surface de la mer et le vent. Des modifications des modes de prélèvement et l'introduction de nouveaux instruments de mesure à la fin de la Seconde Guerre Mondiale sont à l'origine d'un changement abrupt dans les séries de température de surface de la mer à la fin des années 40. Les données concernant le vent, récoltées par les navires marchands, sont de deux types: (i) «estimées» visuellement à partir de l'état de la mer ou (ii) «mesurées» à l'aide d'un anémomètre. Jusqu'aux années 1950, l'essentiel des données de vent était du type «estimées», aujourd'hui



les données «mesurées» à l'aide d'un anémomètre sont prédominantes» (Roy et Mendelsohn, 1998).

Compte tenu de ces différentes contraintes dues aux mesures et aux biais observés, nous nous sommes limités à la zone du Courant des Canaries (10° - 36° N; -30° O- 6° O) (figure 1) pendant la période 1946-2005 durant laquelle les paramètres suivants ont été observés:

- la température de surface (ou SST);
- l'intensité du vent élaborée à partir des composantes zonale et méridionale.

L'étude de ces paramètres sur cette période d'observation a aussi été reliée à l'Oscillation nord-atlantique (NAO) qui est le principal mode dominant du climat en Atlantique Nord et en Europe (Hurrell, 1995; 2001). De manière à étudier les périodes dominantes dans chacune des séries temporelles, ces dernières furent soumises à l'analyse en ondelettes continues (ou «wavelet analysis») (Torrence and Compo, 1998). La relation de cause à effet entre l'Oscillation nord-atlantique (NAO) et la température de surface (SST) est également analysée par analyse croisée (Grinsted *et al.*, 2004) dans la zone globale des Canaries (10° - 36° N) et dans quatre de ses sous-zones: 10° - 14° N (zone 1); 16° - 20° N (zone 2); 22° - 28° N (zone 3); 32° - 36° N (zone 4).

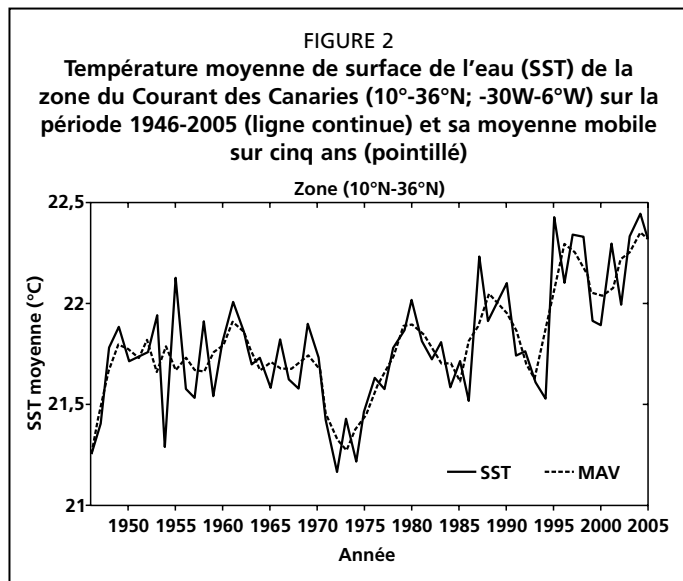
3. RÉSULTATS

3.1 Variabilité interdécennale des paramètres étudiés

3.1.1 Température de surface de l'eau (SST)

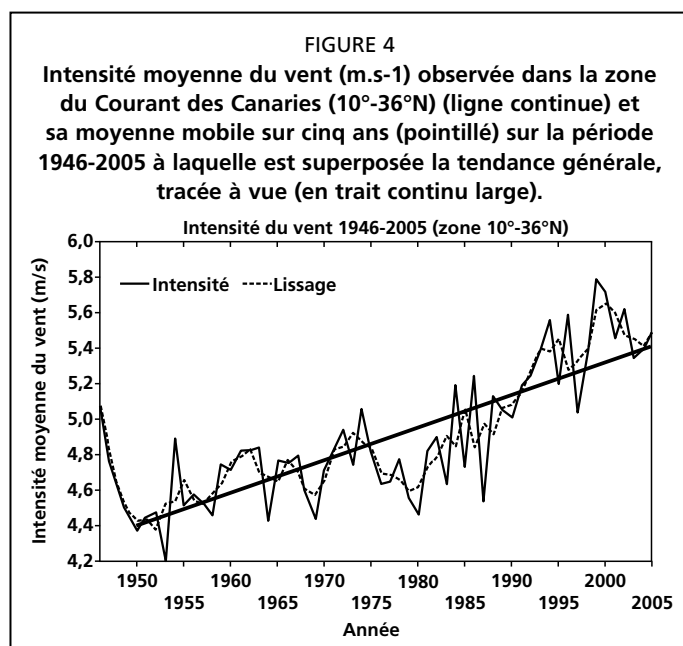
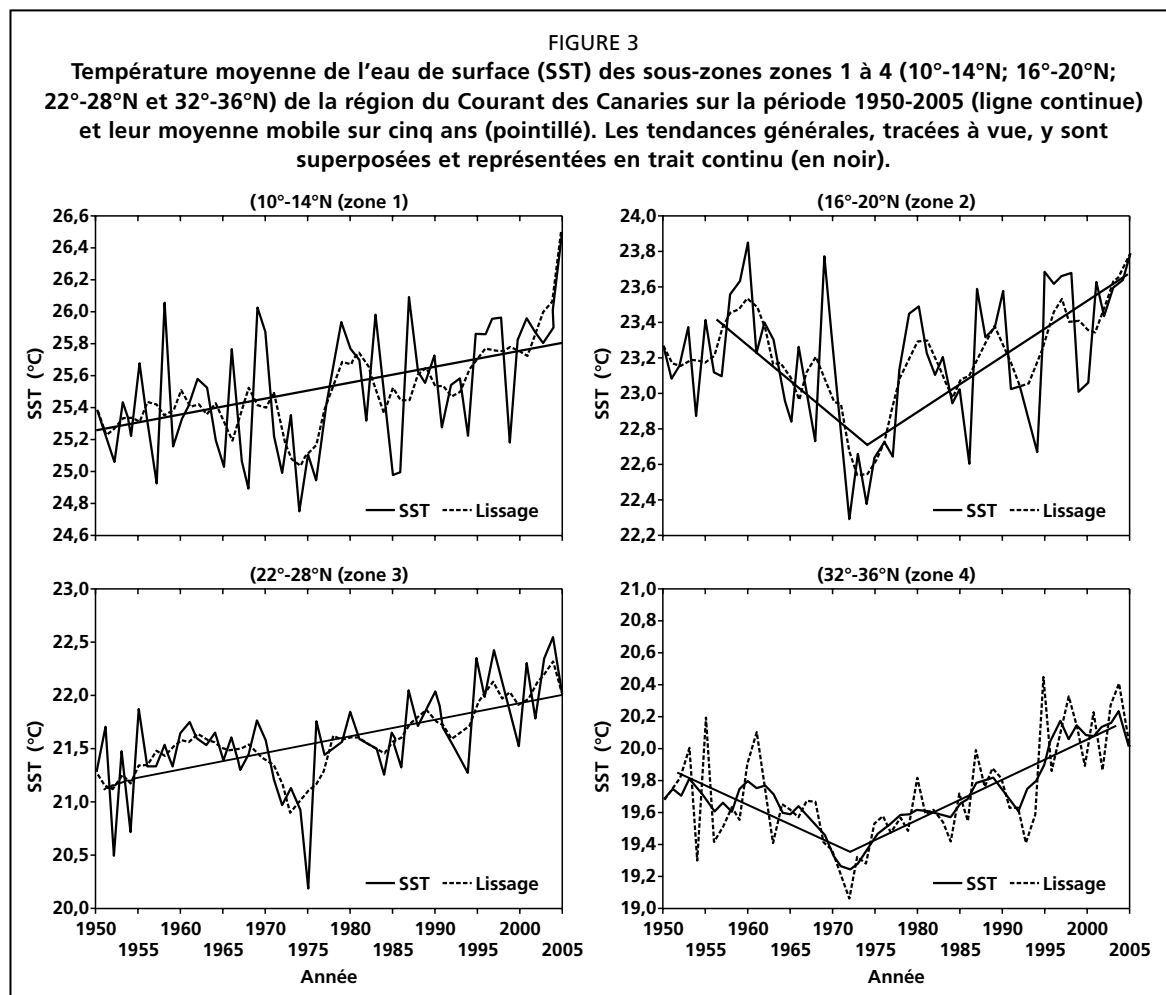
La figure 2 représente la température moyenne de surface de l'eau (SST) de la zone du Courant des Canaries (10° - 36° N; -30° W- 6° W) sur la période 1950-2005, sur laquelle est superposée une moyenne mobile sur cinq ans. De manière générale, on note que la température de surface de l'eau (SST) présente une moyenne approximativement stable de 1946 à 1970, une forte tendance vers la baisse entre 1970-1975 puis des fluctuations en «dents de scie» montrant une forte tendance vers la hausse à partir de 1975.

De manière à identifier si de telles tendances existent au niveau des sous-zones de la région du Courant des Canaries, les températures de l'eau de surface ont été ainsi élaborées sur les quatre sous-zones: 10° - 14° N (zone 1), 16° - 20° N (zone 2), 22° - 28° N (zone 3), 32° - 36° N (zone 4) (figure 3). D'après cette dernière figure, on constate que les quatre sous-zones présentent des patrons différents de ceux observés dans la zone globale (figure 2). Les zones 1 et 3 présentent des tendances globales vers la hausse observées entre 1950 et 2005. Les zones 2 et 4 présentent, quant à elles, des tendances vers la baisse entre 1950 et 1975 puis vers la hausse à partir de 1975 (figure 3). Une nette baisse de la température de surface est notée au niveau de toutes ces zones (figures 2 et 3) et, selon plusieurs auteurs cités par Lluch-Cota *et al.* (1997), un «shift» climatique s'est produit à l'échelle du globe pour les années 1975-77. D'origine controversée, d'autres auteurs pensent que cet événement climatique ne doit pas être considéré comme isolé mais plutôt comme une phase extrême d'oscillations naturelles du climat dont les périodes sont comprises entre 16 et 24 ans (Lluch-Cota *et al.*, 1997).



3.1.2 Paramètre du vent

Concernant le paramètre du vent, la figure 4 présente l'intensité moyenne du vent observée dans la zone du Courant des Canaries (10° – 36° N) et sa moyenne mobile sur cinq ans sur la période 1946-2005. Les fluctuations varient d'année en année,



marquées tantôt par un renforcement ou affaiblissement de l'intensité du vent mais on note une nette tendance de cette intensité vers la hausse sur la période observée, particulièrement marquée à partir des années 1990 (figure 4). Sur cette période, il faut noter la baisse de l'intensité du vent entre 1995 et 1997 (figure 4) qui pourrait coïncider avec l'«anomalie» de température de surface observée dans la zone Sud du Maroc (Hilmi *et al.*, 2000) sur cette période d'observation et l'une des hypothèses avancée par ces auteurs, est la «relaxation» des vents alizés sur cette période d'observation.

3.2 L'Oscillation nord-atlantique

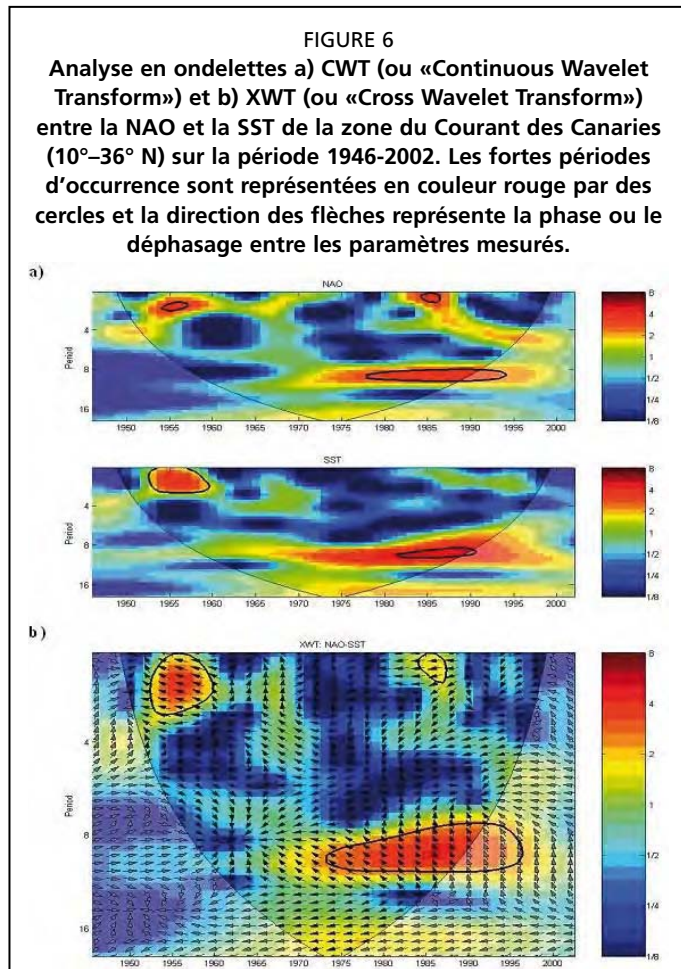
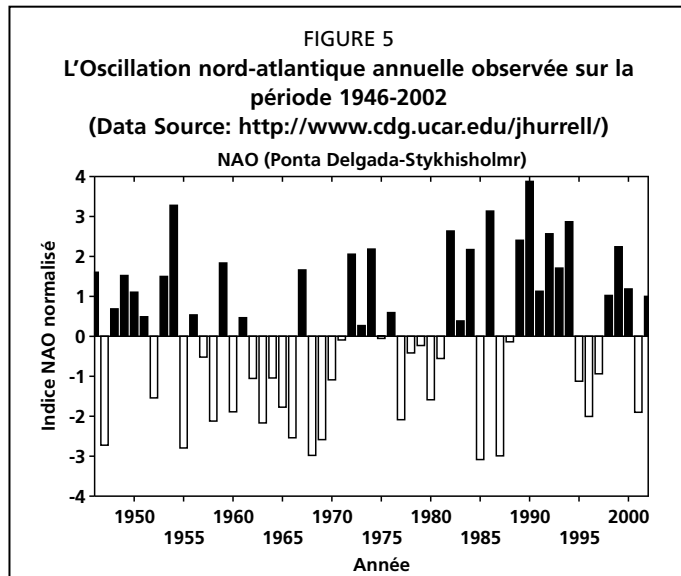
L'Oscillation nord-atlantique (NAO) est un mode dominant du climat en Atlantique Nord et en Europe (Hurrell, 1995; 2001). A l'instar de l'oscillation australe liée au phénomène d'El Niño (ENSO) dans l'hémisphère Sud, l'Oscillation nord-atlantique affecte la distribution du champ de pression sur l'Atlantique Nord et se traduit généralement par des anomalies de pression entre les Iles Açores et l'Islande. Un indice caractérisant cette oscillation est élaboré en utilisant la différence de pression normalisée enregistrée aux stations de mesures de Ponta Delgada (Iles Açores) et Stykhisholmr (Islande) (figure 5).

D'une manière générale, lorsque cet indice est positif (en couleur rouge sur la figure 5), il représente une pression supérieure à la moyenne sur les Açores se traduisant par un renforcement de l'Anticyclone des Açores et inférieure à la normale sur l'Islande, c'est-à-dire un creusement de la dépression d'Islande. Les valeurs négatives de cet indice (en couleur bleue sur la figure 5) reflètent une situation opposée de la pression sur ces régions. Sur la période 1946-2005, on note des alternances entre les deux phases de cette oscillation, particulièrement marquée durant la dernière décennie par des épisodes à forte phase positive (1990-1995; 1999-2000) et à phase négative entre 1995-1997 et en 2001 (figure 5).

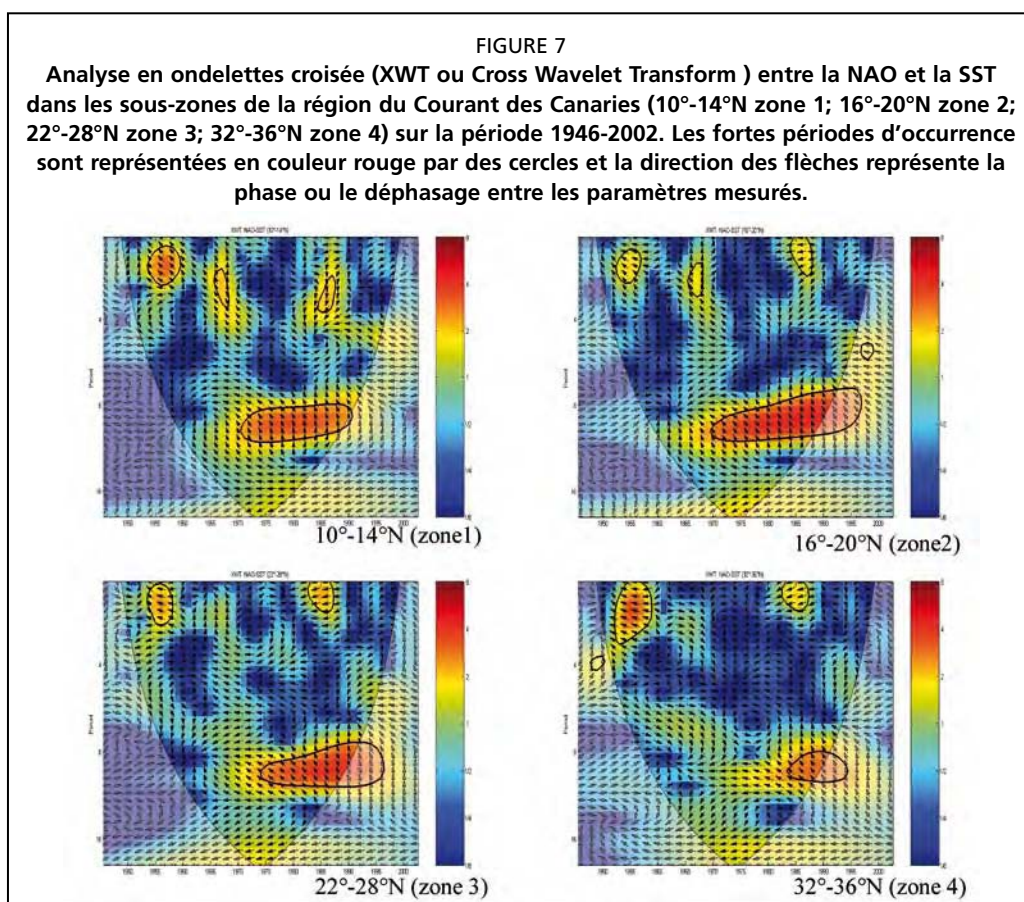
3.3 Réponse de la SST face au forçage de la NAO

Les deux types d'analyses (continuous wavelet transform (CWT) and cross wavelet transform (XWT)) (Grinsted et al., 2004), entreprises sur les séries temporelles de l'Oscillation nord-atlantique (NAO) et de la température de l'eau de surface (SST) sur la période 1946-2002 dans la zone du Courant des Canaries (10°-36°N), montrent que (figure 6):

- la NAO présente des périodes d'occurrence inférieures à quatre ans pour les années 1955-1960 et pour les années 1985-1990 et supérieures à huit ans pour les années 1975-1990 (figure 6a);
- la SST présente également de fortes périodes d'occurrence inférieures à quatre ans pour les années 1955-1960 et supérieures à huit ans pour les années 1980-1990 (figure 6a);



- iii) de fortes périodes d'occurrence inférieures à quatre ans sont observées pour les années 1955-1960 et supérieures à 8 ans pour les années 1980-1990 communes aux deux séries temporelles (figure 6b). Les flèches, représentant la phase entre les paramètres mesurés, indiquent que les deux séries temporelles sont en antiphas, aussi bien dans les basses que les hautes fréquences (figure 6b).
- L'analyse en ondelettes croisée (XWT) entre la NAO et la SST, élaborée sur la période 1946-2002 dans les sous-zones de la région du Courant des Canaries (zones 1 à 4) (figure 7), montre des patrons sensiblement similaires à ceux observés dans la région globale du Courant des Canaries sur les périodes d'occurrence, précédemment citées: 1955-1960 et 1980-1990. Les deux séries temporelles (NAO et SST) montrent qu'elles sont en déphasage, aussi bien dans les basses que les hautes fréquences (figure 7).



On doit, cependant, noter que:

- la zone 1 (10°-14°N) présente de fortes périodes d'occurrence inférieures à quatre ans pour les années 1955-1960 et supérieures à huit ans pour les années 1980-1990. Il en est de même pour la zone 4 (32°-36°N) dont les périodes d'occurrence (supérieures à 8 ans) sont limitées aux années 1985-1990.
- les zones 2 (16°-20°N) et 3 (22°-28°N) présentent de fortes périodes d'occurrence (supérieures à huit ans) pour les années 1975-1990.

4. CONCLUSIONS

L'étude menée sur quelques paramètres de la température de surface de l'eau (SST), intensité du vent et indice de l'Oscillation nord-atlantique (NAO) de la zone des Canaries (10°-36°N; -30°W-6°W) sur la période 1946-2005 a montré que ces paramètres présentent des fluctuations à l'échelle interdécennale.

D'une manière générale, la température de surface présente une moyenne approximativement stable de 1946 à 1970, une forte tendance vers la baisse entre 1970-1975 puis une forte tendance vers la hausse à partir de 1975. L'intensité du vent fluctue d'année en année mais on note également une nette tendance de cette intensité du vent vers la hausse, particulièrement marquée à partir des années 1990.

L'oscillation nord-atlantique (NAO) présente des alternances de phase (positive ou négative) sur cette période d'observation, particulièrement marquée durant la dernière décennie par des épisodes à forte phase positive (1990-1995; 1999-2000) et à phase négative entre 1995-1997 et en 2001. Différentes réponses dans les basses et hautes fréquences de la SST face au forçage de la NAO sont observées aussi bien dans la zone globale du Courant des Canaries (10°-36°N) que dans les sous-zones (10°-14°N; 16°-20°N; 22°-28°N et 32°-36°N), notamment entre 1955-1960 et 1980-1990 pour lesquelles de fortes périodes d'occurrence sont dominantes. Les analyses montrent également que les deux séries temporelles (NAO et SST) montrent qu'elles sont en antiphasse dans les basses et les hautes fréquences.

5. REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Aslak Grindsted et ses collaborateurs qui ont gracieusement mis sur le web les programmes ayant servi aux analyses en ondelettes.

6. RÉFÉRENCES

- FAO. 2007. *Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale*. Agadir, Maroc, 17-26 avril 2007. FAO Rapport sur les pêches. No. 849. Rome. 238 pp.
- Grinsted, A., Moore, J., and Jevrejeva, S. 2004. Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics*, vol 11, 5/6, pp. 561-566.
- Hilmi, K., Larissi, J., Makaoui, A. & Zizah, S. 2000. *Synthèse océanographique de la côte atlantique marocaine de 1994 à 1998*. Travaux et Documents INRH N° 109, 121 pp.
- Hurrell, J.W. 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*, Vol. 269, pp. 676-679.
- Hurrell, J.W. 2001. *North Atlantic Oscillation*. *Encyclopedia of Ocean Sciences*, J. Steele, S. Thorpe, and K. Turekian, eds. Academic Press, London, United Kingdom, Vol. 4, 1904-1911.
- Lluch-Cota, D.B., Hernandez-Vazquez, S. & Lluch-Cota, S. 1997. *Empirical Investigation on the Relationship between Climate and Small Pelagic: Global Regimes and El-NINO-Southern Oscillation (ENSO)*. FAO Fisheries Circular. No. 934, Rome, FAO, 48 pp.
- Roy, C. & Mendelssohn, R. 1998. The development and the use of a Climatic Database for CEOS using the COADS Dataset. In M/H/ Durand, P. Cury, R. Mendelssohn, C. Roy, A. Bakun & D. Pauly, eds. *Global versus Local Changes in Upwelling systems*, pp. 27-42. Orstom Edition.

- Strømme, T., Charouki, N., Ostrowsky, M. & Alveheim, O. 2011. Stock collapse as natural events. Natural dynamics in the Saharan stock of sardine (*Sardina pilchardus*) as observed from surveys. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. Abstract. This volume, page 547.
- Torrence, C. & Compo, G.P. 1998. A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, pp. 61-78.

Sardine (*Sardina pilchardus*) recruitment is strongly affected by climate even at high spawning biomass in West Iberia/Canary upwelling system

Le recrutement de la sardine (*Sardina pilchardus*) est fortement influencé par le climat même avec une biomasse reproductrice élevée dans le système d'upwelling à l'ouest de la péninsule ibérique/Canaries
(English only/En anglais seulement)

Maria de Fatima Borges, Hugo Mendes and A. Miguel Santos
Instituto Nacional de Recursos Biológicos (IPIMAR-INRB)
Avenida de Brasília, 1449-006 Lisboa, Portugal
<mfborges@ipimar.pt> <hmendes@ipimar.pt> <amsantos@ipimar.pt>

De Fatima Borges, M., Mendes, H. and Miguel Santos, A. 2011. Sardine (*Sardina pilchardus*) recruitment is strongly affected by climate even at high spawning biomass in West Iberia/Canary upwelling system. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

Periods of high and low sardine (*Sardina pilchardus*) recruitment have been observed to occur independently of spawning stock biomass level. In a previous study using time series analysis, the authors have identified the occurrence of decadal regime shifts in sardine productivity by the mechanism of the winter northerly winds (when exceeding a certain limit) forcing recruitment to a lower level. Using a new upwelling index, the authors confirmed here a strong direct association of the recruitment level and the winter North Atlantic Oscillation (NAO) index, and an inverse association with sardine catches for the period 1920–1995. It is hypothesized that sardine reproductive success is adjusted to favorable or unfavorable environmental conditions and this should be reflected in the inter-annual to decadal scales. Using winter NAO index and allowing a time lag from one to three years to outcome the sardine production ratio (R/SSB) an apparent inverse association is found between the two with a lag of three years. It is concluded that, when NAO is positive, it causes upwelling to increase during winter which is detrimental for sardine recruitment success independently of the

size of the spawning stock biomass. This has implications for fisheries management strategies which will be very dependent on environmental conditions.

Keywords: global, NAO, wind, sardine, recruitment, variability, upwelling, system, Portugal, productivity

RÉSUMÉ

Des périodes de recrutement élevé et faible de la sardine (*Sardina pilchardus*) ont été observées sans relation avec le niveau de biomasse reproductrice du stock. Dans une étude précédente basée sur une analyse des séries chronologiques, les auteurs ont identifié la présence de changements de régime décennaux dans la productivité de la sardine à travers un mécanisme par lequel les vents du nord (au-delà d'une certaine limite) abaissent le niveau de recrutement. Grâce à l'utilisation d'un nouvel indice d'upwelling, les auteurs confirment ici une association directe et forte du niveau de recrutement avec l'indice hivernal ONA, et une association inverse avec les captures de sardines réalisées pendant la période 1920-1995. L'hypothèse est que le succès de la reproduction de la sardine varie selon que les conditions de l'environnement sont favorables ou défavorables et que ce phénomène se manifeste aux échelles de temps interannuelles et décennales. L'utilisation de l'indice ONA hivernal avec un décalage temporel de un à trois ans fait apparaître une relation inverse entre cet indice et le rapport de production de la sardine (R/SSB) avec un délai de trois ans. La conclusion est que, lorsque l'ONA est positive, elle provoque un accroissement de l'upwelling durant l'hiver, ce qui réduit le succès du recrutement, indépendamment de la biomasse reproductrice du stock. Ceci a des implications pour les stratégies de gestion qui seront dépendantes des conditions environnementales.

Mots clés: global, ONA, vent, sardine, recrutement, variabilité, upwelling, système, Portugal, productivité

1. INTRODUCTION

The upwelling system of Portugal is the northern part of the more general Canary upwelling system that extends southward to the 12° N Latitude. The location of the Portuguese west coast at the eastern boundary of the North Atlantic, determines many of its atmospheric and oceanographic characteristics. One main typical consequence is the occurrence of coastal upwelling during summer in response to the intensification and steadiness of favorable northerly winds (Wooster *et al.*, 1976; Fiúza *et al.*, 1982). However, the NAO, defined as the normalized pressure difference measured in meteorological stations located on the Azores and in Iceland, is responsible for generating large amplitude patterns in wind speed anomalies and modifications in the direction of the wind during winter time (Cayan, 1992). From the early 1940s until the early 1970s, the NAO exhibited a downward trend, but then dominance of NAO positive phase has occurred, with unprecedented highly positive index values since 1980 (Hurrell, 1995; Hurrell and van Loon, 1997; Jones *et al.*, 1997). Dickson *et al.* (1988) showed how the increased northerly winds during the 1970s were coupled with increasing upwelling off the North of Portugal, a decline in zooplankton and phytoplankton in the sea-area around British Isles, and a steady decline in the catch of sardines off Portugal. The increasing frequency of winter wind during the 1990s led to positive anomalies in the upwelling seasonal pattern which adversely affected sardine recruitment (Santos *et al.*, 2001). The changing

trends in the wind conditions during the winter were shown by Borges *et al.*, (2003), to be in phase with NAO index trends. When NAO remained predominantly in a highly positive phase (mid 1970s to mid 1990s), the wind patterns favored increasing upwelling conditions over the west coast of Portugal, during the winter. Time series analysis for the northerlies winds during winter (January–March) as measured by their intensity and frequency data series, indicated long term periods of about 10–20 years and short term periods of 2–3 years of favorable winter upwelling conditions. Further analysis on NAO and the winter wind data series from 1946 to 1991 were found to be significantly correlated (Borges *et al.*, 2003), showing that positive NAO index is associated to high northern wind frequency. On the contrary, negative NAO index is associated with absence or weaker northerlies. These processes are spatially adjusted to the specific regional bio-geographic features and scales vary from inter-annual to decadal.

In the present study we investigate the hypothesis that the inter-annual to decadal variability of small pelagic fish productivity (e.g. sardine), off Portugal, is mainly controlled by a global physical driver: the North Atlantic Ocean variability which may be partially expressed by the North Atlantic Oscillation or NAO index.

2. MATERIAL AND METHODS

To investigate long term time scales of sardine productivity (regimes) we used the longest sardine catch time series available in the Portuguese upwelling system (1915–2006) (Mendes and Borges, 2006) and performed a retrospective and comparative analysis.

Spawning stock biomass (SSB) and corresponding Recruitment (R) data, are available from 1978–2006 (ICES, 2007), estimated by Virtual Population Analysis. The reproductive success in a given year (t), named here “production ratio” was calculated as the ratio of the number of recruits over the weight of the Spawning Stock biomass, R_t/SSB_{t-i} (where i is the age at recruitment).

The North Atlantic Oscillation (NAO) index was used as the global physical driver. The data series used was the Extended Winter Index from December through March (Hurrell 1995), based on the difference of normalized sea level pressure between Lisbon, Portugal and Stykkisholmur-Reykjavik (<http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell>).

Monthly wind data along the 9° W meridian and extending from 43°–37° N latitude from the two degree enhanced International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (ICOADS) were used to compute a winter coastal upwelling index (December–March average) of the western Iberian Peninsula between 1920–2005. The Ekman transport (upwelling index), M_x , in $m^3 s^{-1}$ per 1 km of coastline, was calculated according to the equation $M_x = \tau_y / \rho f$, where ρ is the water density ($1025 kg m^{-3}$), f the Coriolis parameter ($9.3 \times 10^{-5} s^{-1}$ for these latitudes), and τ_y the meridional component of the wind stress ($kg m^{-1} s^{-2}$) computed using $\tau_y = \rho_a C_D |W| W_y$, where ρ_a is the air density ($1.2 kg m^{-3}$), C_D the drag coefficient (0.0014), W the wind speed and W_y its meridional component. The sign of the index was then reversed to reflect upwelling conditions as positive values.

Standard statistical correlation methods were used to investigate the empirical relationships between biological and physical variables.

To explore relationships between stock and recruitment, the stock-recruitment model (Ricker, 1975) was considered using the formulation:

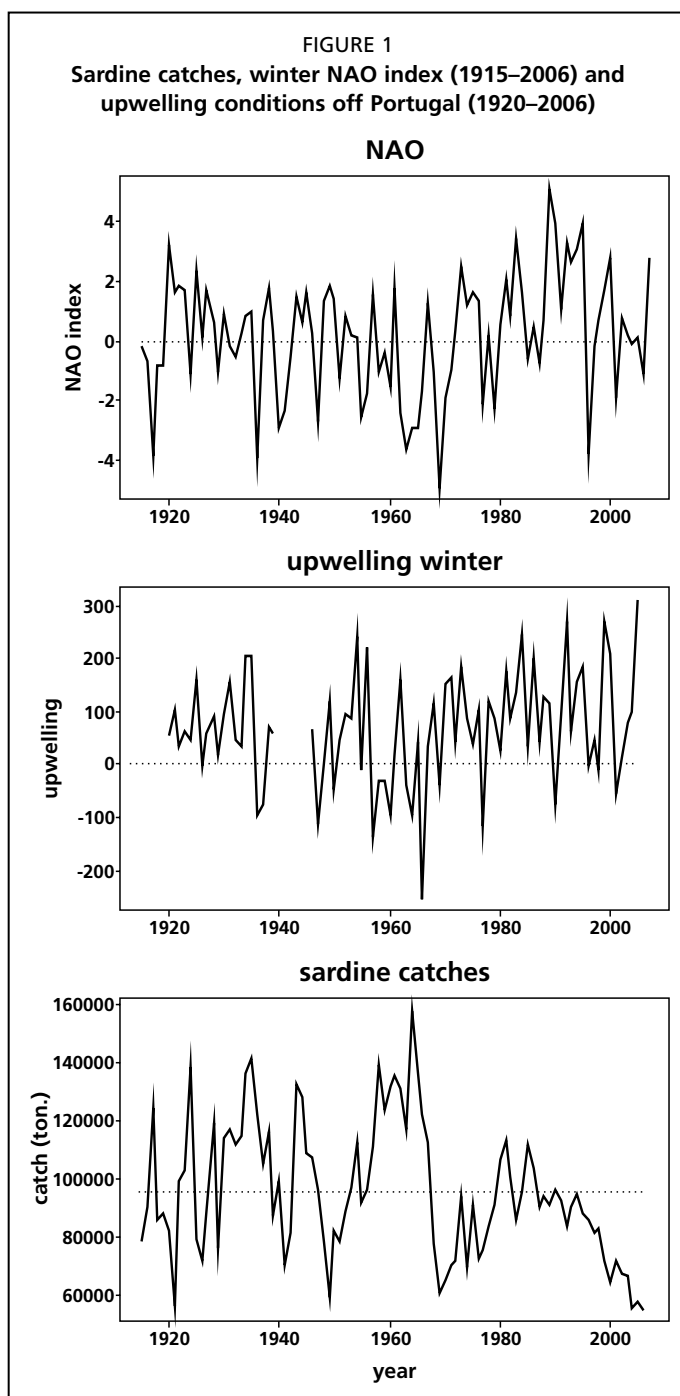
$$R_t = \alpha SSB_{t-i} e^{\beta SSB_{t-i}}$$

where, R_t and SSB_t are the number of recruits and the spawning stock biomass (weight), respectively, in year (t), (i) is the age of recruitment in this case study measured

as the number of fish at age 0, α is a measure of the resilience of the population and (β) the rate of compensatory mortality. To evaluate which model fitted better, in addition to the R squared, the Akaike Information Criteria (AIC) was also used (Akaike, 1974). A better model fit is indicated by higher positive R-squared and lower AIC value.

3. RESULTS

Figure 1 compares the evolution from 1915 to 2006 of the Portuguese sardine catches (ton), the Winter NAO index and the upwelling winter index (1920–2005).



By simple visualization the winter upwelling index shows a relative stable period from 1920 to 1940 of a moderate upwelling, followed by an increasing trend during the 1950s. These climatic conditions shifted in 1957 to weaker upwelling that lasted for about 13 years (1957–1970), when the upwelling index was mainly negative. In the beginning of the 1970s it shifted again to intense upwelling conditions. These shifts were in accordance with the shifts in the NAO index trends. The negative NAO period during the 1960s seems associated with the absence of upwelling conditions during the same period, whereas the positive NAO periods are associated with moderate to intense upwelling conditions during the winter. Sardine catch seems to respond inversely to both climatic series. High sardine catch periods correspond to low upwelling and negative NAO periods; low catch periods correspond to positive NAO index and high upwelling index.

The linear association between NAO index, winter upwelling index and sardine catch was estimated and the resulting correlation matrix is shown in Table 1. These results indicate highly significant (99.9 percent) positive correlation between the NAO index and the winter upwelling index; significant association (95 percent) between the NAO index and Sardine catches the winter upwelling index and sardine catches.

TABLE 1

Correlation matrix of the estimated linear association between available data of sardine catches and Winter NAO index (1915–2006) and the winter upwelling conditions (1920–2006)

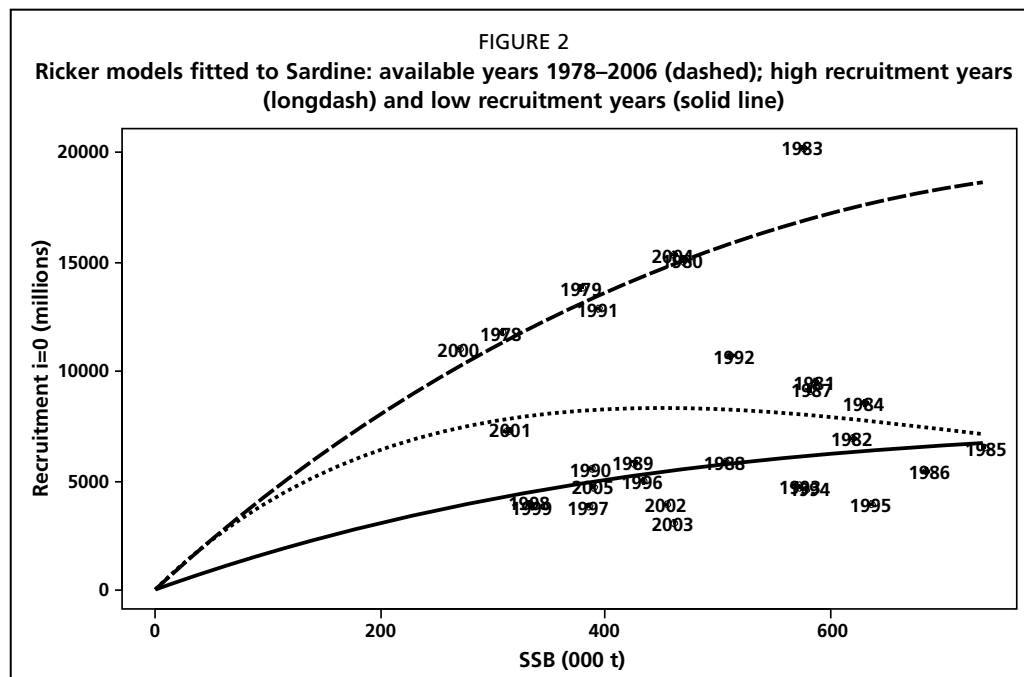
	Sardine catches	NAO Index	Upwelling
Sardine catches	1.00		
NAO Index	-0.14* [0.038]	1.00	
Winter Upwelling	-0.22** [0.047]	0.41*** [0.000]	1.00

*Significant at the 5 percent level (p-value is presented within square brackets).

**Significant at the 1 percent level.

***Significant at the 0.1 percent level.

Sardine spawning stock biomass (SSB) and recruitment-at-age 0 (R) data are available for the period 1978–2006. By simple visualization we distinguish that over the historical SSB range of 300–800 thousand tonnes there are two different recruitment levels, one under the limit of about 5 thousand million recruits and another 3–4 times higher with a limit of about 20 thousand million recruits (Figure 2). If we adjust to each of the recruitment curves the Ricker model both theoretical curves gave similar rates, β with -0.009 and -0.010 , and as expected α resilience parameter is about 2.5 higher ($\alpha=48.32$) compared to $\alpha=18.74$ for the low recruitment curve.



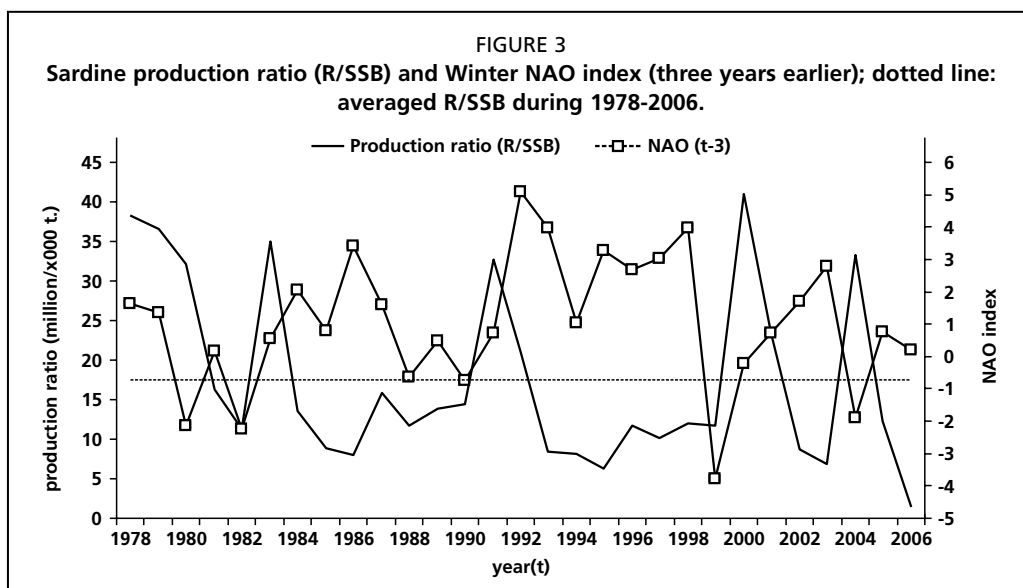
Stock-recruitment models were fitted considering three cases: 1) all observed data (model A) 2) high recruitment observations (model B) and low recruitment observations (model C). As expected a significant fitting improvement is obtained when we separate the high from the low recruitment periods. Table 2 indicates AIC value for the adjusted models and its goodness-of-fit (R^2). This means that in some years the same amount of SSB is unsuccessful on its recruitment turnover and others not.

TABLE 2

AIC goodness-of-fit measure for the Ricker models and R-squared between observed recruitment and the adjusted fits to different productivity periods during 1978–2006

	Model A (all data)	Model B (high productivity)	Model C (low productivity)
AIC	553.8	359.73	151.83
R^2	0.002	0.142	0.423

To understand better the link of favorable and unfavorable environmental conditions to the recruitment success, we calculated a measure of reproductive success, the production ratio, and compared its inter-annual variability with the winter NAO index, allowing a time lag from one to three years. Figure 3 shows sardine production ratio values and winter NAO index (lag = three years) plotted for comparison. An inverse association of sardine production ratio with the NAO index is apparent, which indicates that, when NAO is positive, the local environmental conditions (increasing upwelling during winter) are detrimental for adult sardine reproductive success forcing their recruitment to decrease independently of the size of the spawning stock biomass.



4. DISCUSSION

The ocean undergoes variability at a multitude of temporal scales, from daily to decadal and longer (Drinkwater, 2008), that interact with the temporal and spatial scales of the life cycle of a specific fish species population living in a particular type of ecosystem. The ocean variability over the North Atlantic, as represented by the North Atlantic Oscillation index, during winter affects recruitment success of sardine stocks living west Iberia/Portugal, even when the spawning stock biomass is high. The mechanism has a global-local link through the increasing frequency of winds leading to upwelling increase during winter (Santos *et al.*, 2001; Borges *et al.*, 2003). We used here a newly updated winter upwelling index data series which confirms previous results and stresses highly significant association with winter NAO (December–March) and the wintertime upwelling index. What is the response of sardine productivity to the observed climatic variability in the region? Since we are interested in fisheries management, we need to focus on sardine long-term sustainable production, for which the decadal and the annual scale seem relevant for the adjustment of annual catches to productivity fluctuations. Using stock-recruitment models we identified events of high and low recruitment independently of the spawning stock biomass level, during the period for which data are available (1978–2006). To better explore sardine response to environmental changes, we considered the annual production ratio (number of recruits per unit of spawning stock biomass) as measure of the annual reproductive success. By comparison with the winter NAO index inter-annual variability we found that sardine reproductive success in this region seems to respond to the NAO with a time lag of three years. The process may be explained by the wintertime, NAO positive anomalies forcing northern winds to increase, favoring coastal upwelling during sardine spawning time (Santos *et al.*, 2001; Borges *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2007) and the resulting occurrence of match-mismatch phenomena. The mechanism by which the

NAO conditions existing three years earlier might affect sardine reproductive success it is at present difficult to interpret. The mechanism is likely to be complex as it results from several scales of physical–biological interactions and needs further research. In the same region of West Iberia, similar results were found for other species like, hake (*Merluccius merluccius*), Norway lobster (*Nephrops norvegicus*). Besides pelagic species, some demersal and benthic species reproductive success variability, (measured as stock production ratio) was also evidenced to be dependent of winter NAO index (Borges et al., 2008). Reproductive success responds faster to environmental changes than catch or biomass and abundance and is more suitable to identify changes in carrying capacity and regime shifts (Wada and Jacobson, 1998). Recruitment in cod stocks in the European shelf responds also to changes of environmental conditions represented by the North Atlantic Oscillation (Brander, 2005).

This has consequences for the management of the stock and for the models that are used to carry out short and long-term predictions. The low and high productivity regimes can be incorporated in fisheries management strategies, for example using harvest control rules. Operationally winter NAO index is internationally available and can be used in short-term predictions of the recruitment, with a sufficient time lag to be confirmed by the catch and survey data, before a TAC is set. Relatively to the use of the local upwelling index used in this work, it seems promising given its highly significant correlation with NAO but before using it operationally in fisheries management, we consider that it is advisable to understand better the global-local processes involved by close monitoring taking into account its multiple scales of temporal and spatial variability.

5. REFERENCES

- Akaike, H. 1974. *A new look at statistical model identification*. IEEE Transactions on Automatic Control, AU-19: 716-722.
- Borges, M.F., Mendes, H.V. & Santos, A.M.P. 2008. *Modelling stock dynamics of fish productivity in the Eastern Boundary Upwelling Ecosystem of Canary/Iberian Peninsula*. Eastern Boundary Upwelling Ecosystems Symposium, 2-6 June 2008, Las Palmas, Spain. Poster.
- Borges, M.F., Santos, A.M.P., Crato, N., Mendes, H. & Mota, B. 2003. Sardine regime shifts off Portugal: a time series analysis of catches and wind conditions. *Scientia Marina*, 67 (Supl. 1): 235-244.
- Brander, K.M. 2005. Cod recruitment is strongly affected by climate when stock biomass is low. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 339-343.
- Cayan, D.R. 1992. Latent and sensible heat flux anomalies over the northern oceans: the connection to monthly atmospheric circulation. *Journal of Climate* 5: 354-369.
- Dickson, R.R., Kelly, P.M., Colebrook, J.M, Wooster, W.S. & Cushing, D.H. 1988. North winds and production in the eastern North Atlantic. *Journal of Plankton Research*. 10 (1): 151-169.
- Drinkwater, K. 2008. *Atmospheric and Ocean Climate: past, present and future*. Report of WP1- Resolving Climatic Impacts on Fish Stocks (RECLAIM) (unpublished).
- Fiúza, A.F.G. 1983. In A.E. Suess, & J. Thiede, eds. *Upwelling Patterns off Portugal. In Coastal upwelling. Its sediment records (Part A)*, pp. 85-98. Plenum Press, NY.
- Hilborn, R. & Walters, C.J. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment*. Chapman and Hall, London.
- Hurrell, J.W. 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperature and precipitation. *Science*, 269: 676-679.

- Hurrell, J.W. & van Loon, H. 1997. *Decadal variations in climate associated with North Atlantic Oscillation*. *Climatic Changes*, 36: 301-326.
- ICES. 2007. *Report of the Working Group on the Assessment of the Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy*.
- Jones, P.D., Jonsson, T. & Wheeler, D. 1997. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland. *International Journal of Climatology*. 17: 1433-1450.
- Mendes, H., Borges, M.F. & Santos, A.M.P. 2005. *A sardinha no século XX: capturas e esforço de pesca*. Relatórios Científicos e Técnicos do IPIMAR, No. 32 (also available at <http://ipimar-iniap.ipimar.pt/serviços/biblioteca/edicoes/-s-digital/Reln32final.pdf>).
- Ricker, W.E. 1975. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, 119:1-300.
- Santos, A.M.P., Borges, M.F. & Groom, S. 2001. Sardine and horse mackerel recruitment and upwelling off Portugal. *ICES Journal of Marine Science*. 58: 589-596.
- Santos, A.M.P., Chicharro, A., Dos Santos, A., Moita, T., Oliveira, P.B., Peliz, A. & Ré, P. 2007. Physical/biological interactions in the life history of small pelagic fish in the Western Iberian Upwelling Ecosystem. *Progress in Oceanography* 74: 192-209.
- Wada, T. & Jacobson, L.D. 1998. Regimes and stock-recruitment relationships in Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), 1951-1995. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55(11): 2455-2463.
- Wooster, W.S., Bakun, A. & McLain, D.R. 1976. The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic. *Journal of Marine Research*, 34: 131-141.

**Theme 3: Methods and models for
assessing small pelagic fish stocks/
Méthodes et modèles pour
l'évaluation des stocks de petits
poissons pélagiques**

Évaluation des ressources pélagiques en Mauritanie par les méthodes acoustiques

Assessment of pelagic resources in Mauritania by acoustic methods
(French only/En français seulement)

Ahmedou Ould Mohamed El Moustapha¹, Mohamed Ahmed Ould Taleb² et Ad Corten³

^{1,2} Institut mauritanien de recherches océanographique et des pêches (IMROP)
B.P. 22, Nouadhibou, Mauritanie

¹ <mmahmedou@yahoo.fr>

² <moahtaje@yahoo.fr>

³ De Waterdief 52, 1911JT Uitgeest, Netherlands
<adcorten@yahoo.co.uk>

Ould Mohamed El Moustapha, A., Ahmed Ould Taleb, M. et Corten, A. 2011. Évaluation des ressources pélagiques en Mauritanie par les méthodes acoustiques. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

Cette étude présente une brève description des campagnes acoustiques réalisées en Mauritanie au cours des huit dernières années. À l'heure actuelle, la Mauritanie est capable de mener des campagnes acoustiques d'une manière assez régulière. Les résultats des campagnes acoustiques effectuées par le N/R *Al Awam* au cours des cinq dernières années ont conduit à des résultats assez proches de ceux du N/R *Dr. Fridtjof Nansen* considéré comme instrument de référence. Les campagnes acoustiques régionales du N/R *Dr. Fridtjof Nansen*, coordonnées au niveau régional pour estimer la biomasse de la totalité du stock dans toute sone extension géographique, ont été effectuées durant les saisons de dispersion de leur stock dans la sous-région. Cependant, étant donné que les sardinelles constituent une des principales espèces-cibles en Mauritanie, il est suggéré que les campagnes acoustiques mauritaniennes de pilotage soient menées durant les mois de juin à août (quand les chalutiers opérant en Mauritanie effectuent les meilleures captures) pour avoir une meilleure estimation de l'abondance et de la distribution locales des sardinelles.

Mots clés: sardine, abondance, acoustique, capture, Mauritanie

ABSTRACT

This study presents a brief description of acoustic surveys conducted in Mauritania during the last eight years. At present, Mauritania is capable of conducting acoustic surveys on a fairly regular basis. The results of acoustic surveys carried out by the Mauritanian R/V *Al Awam* during the past five years have produced results close to those obtained with the Norwegian R/V *Dr. Fridtjof Nansen* considered as a reference in the subregion. The regionally coordinated acoustic surveys undertaken by the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* to estimate the biomass of the entire stock of small pelagics in its whole geographical extension were conducted during the seasons when the stock is dispersed in the subregion. However, given that sardinella is one of the main target species in Mauritania, it is argued that the Mauritanian acoustic pilot surveys should be conducted from June to August (when the trawlers operating in Mauritania get their best catches) to get a better estimate of the local abundance and distribution of the species.

Keywords: sardinella, abundance, acoustic, capture, Mauritania

1. INTRODUCTION

En 1999, l'Institut mauritanien de recherche océanographique et des pêches (IMROP, ex-CNROP) a lancé un programme visant à la reprise des campagnes acoustiques. Ce type de campagne a été mené auparavant par le navire de recherche mauritanien N/R *N'diogo*, dans les années 1980, mais les travaux ont été arrêtés en 1989 (Marchal 1991). En 1996, l'IMROP a reçu un nouveau bateau de recherche N/R *Al Awam* dans le cadre de la coopération avec le Japon, équipé d'un échosondeur Simrad EK-500. Dans les premières années qui suivirent l'arrivée du navire, l'IMROP n'avait pas les compétences nécessaires pour l'utilisation des équipements acoustiques. Cette situation a changé en 1998 suite à l'aide technique fournie dans le cadre du projet «Petits Pélagiques» financé par l'Institut de recherche néerlandais RIVO. Pendant les années 1999-2002, les scientifiques mauritaniens ont été formés aux méthodes acoustiques, et d'importants investissements ont été mobilisés pour l'acquisition des équipements et des engins de pêche requis. C'est ainsi qu'un chalut pélagique semblable à celui utilisé par les chalutiers commerciaux néerlandais opérant en Mauritanie a été acquis spécialement pour faciliter l'échantillonnage des espèces-cibles (les sardinelles). Plusieurs formations ont été organisées par des patrons de pêche français et néerlandais, afin de familiariser l'équipage du N/R *Al Awam* avec ce chalut. A partir de 2003, les problèmes de chalutage ont été maîtrisés et l'IMROP s'est révélé capable de mener régulièrement des campagnes acoustiques.

Pour l'analyse des données acoustiques, un appui a été recherché à l'IFREMER (France). C'est ainsi que l'IMROP a acquis en 2001 le logiciel d'écho-intégration (Movies+) et les scientifiques mauritaniens ont été formés par des scientifiques français dans l'utilisation de ce système. Après trois ans d'utilisation de Movies+, l'IMROP a décidé, en 2004, de passer au système norvégien (BEI) suite à des recommandations du groupe de travail de la FAO pour la planification des campagnes acoustiques dans la sous-région nord-ouest africaine. Ce logiciel a permis l'harmonisation des méthodes d'écho-intégration avec le Nansen qui effectue des campagnes annuelles dans l'ensemble de l'Afrique de l'ouest et les autres navires des recherches de la sous-région.

Dans ce document nous cherchons, à travers la pêche commerciale, à mettre en évidence la bonne période de conduite des campagnes acoustiques pour évaluer le stock de sardinelle en Mauritanie. Pour atteindre cet objectif, nous allons présenter une synthèse des résultats des campagnes acoustiques mauritaniennes réalisées par le

N/R *Al Awam* depuis 2004 et de le comparer avec celles du N/R *Dr. Fridtjof Nansen* qui est considéré comme un bateau standard dans la sous-région. Les résultats ainsi obtenus seront croisés par la suite avec les captures de la flottille pélagique hollandaise qui cible les sardinelles au cours de la même période en Mauritanie.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les données des campagnes acoustiques du N/R *Al Awam* ont été obtenues des rapports en archive à l'IMROP. Les données du N/R *Dr. Fridtjof Nansen* sont prises à partir des rapports de campagnes présentés au Gouvernement mauritanien, et à partir de données communiquées à la FAO lors des Groupes de travail sur les petits pélagiques dans la région nord-ouest africaine (ci-après dénommé le Small Pelagics Working Group (SPWG)). Pour la mise à niveau des résultats et de la méthode utilisés sur le N/R *Al Awam* avec ceux du N/R *Dr. Fridtjof Nansen*, les travaux du groupe de planification des campagnes acoustiques dans la sous-région ont été utilisés à partir d'un rapport préliminaire présenté par Sarré *et al.* dans ce volume, pp. 259-284.

Les données relatives aux captures de la flottille hollandaise ont été obtenues à partir des cahiers de bord fournis par les armateurs hollandais à l'autorité mauritanienne. Ces données ont été complétées par des données d'observation en mer recueillies à l'IMROP dans le cadre du programme des observations à bord des chalutiers de l'Union Européenne.

3. RÉSULTATS

3.1 Campagnes du N/R *Al Awam*

TABLEAU 1
Liste des campagnes historiques du N/R *Al Awam*

Date	No. de jours	Zone	Profondeur (m)	Jour/nuit	Direction	Nombre de radiales	Distance inter-radiale (milles)	Nombre de coups de chalut	Biomasse* (x1000 t)
22-28/10/2001	7	20°40N-17°30N	12-50	J	N-S	19	10	7	482
03-17/09/2002	14	20°40N-16°05N	12-200	J	S-N	19	15	6	-
25-29/11/2002	5	20°38N	18-75	J	E-W	1	-	12	-
10-25/03/2003	14	20°40N-16°05N	12-200	J	N-S	19	15	27	-
01-05/06/2003	5	20°40N-20°00N	12-200	J	N-S	5	10	6	2 215
15-28/12/2003	14	20°40N-16°10N	12-200	N-J	S-N	28	10	38	6 734
13-28/04/2004	14	20°40N-16°10N	12-500	N-J	N-S	28	10	35	5 417
04-11/11/2004	8	20°35N-16°05N	12-500	N-J	S-N	28	10	27	791
20-30/03/2005	9	20°30N-16°10N	12-500	N-J	N-S	27	10	34	1 423
10-20/11/2005	7	20°30N-16°10N	12-500	N-J	S-N	27	10	18	1 033
07-15/03/2006	7	20°35N-16°05N	12-500	N-J	S-N et N-S	28	10	33	1 133
11-17/11/2007	7	20°35N-16°10N	12-500	N-J	S-N	28	10	30	1 974

* Biomasse de toutes les espèces confondues

D'après Dobrovine *et al.* (1991), l'hydroclimat mauritanien comprend une saison chaude de août à octobre et une saison froide de janvier à mai séparées par deux intersaisons de transition. Cependant, les campagnes acoustiques du N/R *Al Awam* ont été réalisées principalement pendant la saison froide en mars-avril et durant les intersaisons en juin et novembre comme le montre le tableau 2.

TABLEAU 2

Période des campagnes acoustiques du N/R *Al Awam* en Mauritanie

	Saison froide					Intersaison		Saison chaude			Intersaison	
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												

3.2 Comparaison avec le Nansen

La zone mauritanienne a également été régulièrement couverte par le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* durant les campagnes sous-régionales effectuées dans la zone qui s'étend du sud du Sénégal au Maroc. Un résumé de la partie mauritanienne de ces campagnes et leurs résultats sont présentés au tableau 3.

TABLEAU 3

Liste des campagnes historiques du N/R *Dr. Fridtjof Nansen*. Les dates se réfèrent à la partie mauritanienne des campagnes qui couvrent toute la région du 30 octobre au 20 décembre. Les biomasses se réfèrent aux sardinelles.

Date	Zone	Prof. (m)	Nuit-Jour	Direction	Nb radiales	Distance inter-radiale (milles)	Biomasse (x1000 t)
Nov. 1995	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	1 970
Nov. 1996	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	1 800
Nov. 1997	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	1 860
Nov. 1998	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	1 410
Nov. 1999	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	1 300
Nov. 2000	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	1 970
Juin 2001	20°40N-16°05N	20-500	N-J	N-S	28	10	1 240
Nov. 2001	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	600
Juin. 2002	20°40N-16°05N	20-500	N-J	N-S	28	10	2 060
Nov. 2002	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	760
Juin 2003	20°40N-16°05N	20-500	N-J	N-S	28	10	1 510
Nov. 2003	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	1 687
Nov. 2004	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	1 779
Nov. 2005	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	864
Nov. 2006	20°40N-16°05N	20-500	N-J	S-N	28	10	1 426

Dans le cadre du programme sous-régional de collaboration et pour permettre de mieux comparer les résultats obtenus par le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* et ceux des navires nationaux, des campagnes parallèles et divers exercices d'intercalibration des navires ont été effectués en 2004 et 2005 avec les bateaux de la sous-région, y compris le N/R *Al Awam* et le N/R *Dr. Fridtjof Nansen*. Normalement, si les bateaux sont correctement

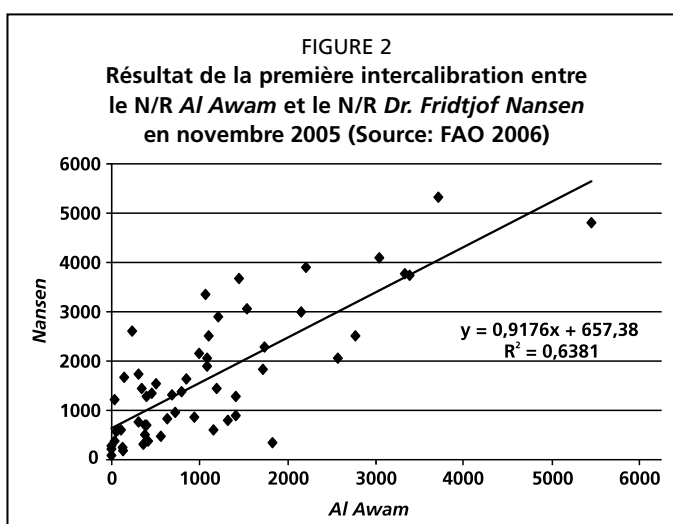
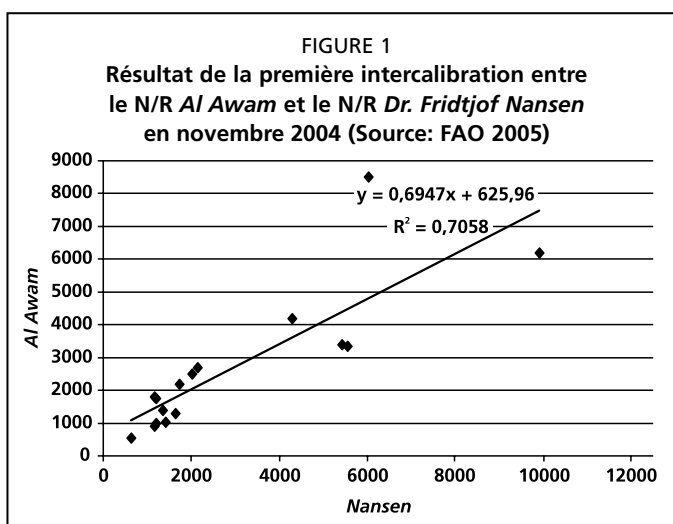
calibrés, ces campagnes doivent produire des résultats similaires. Afin de le vérifier, les résultats des campagnes correspondantes ont été comparés dans le tableau 4.

TABLEAU 4
Comparaisons des estimations de biomasses

Date	Biomasse (x1000 t)		
	Dr. Fridtjof Nansen	Al Awam	
Nov. 2001*	600	482	-20%
Nov. 2004	1779	791	-55%
Nov. 2005	864	1033	+20%
Moyenne	1081	763	-29%

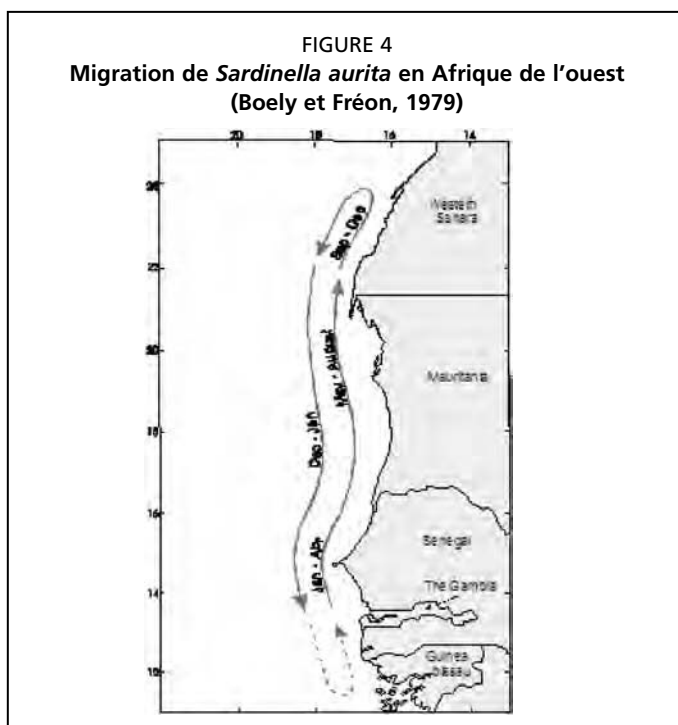
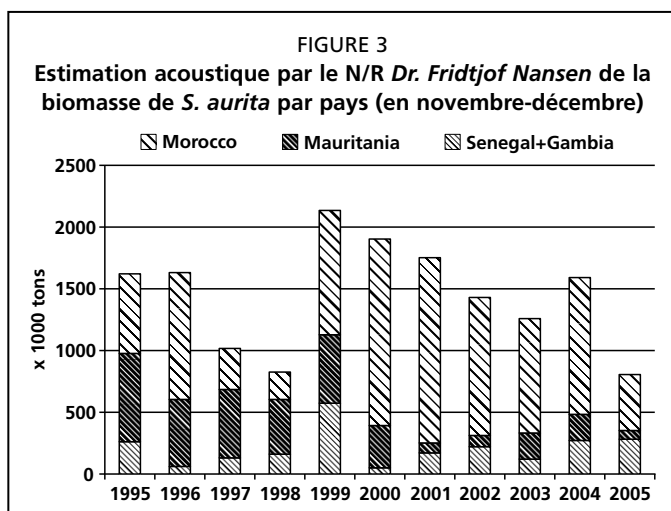
Une comparaison directe des valeurs d'énergie S_A entre les deux navires a été effectuée au cours d'opérations d'intercalibration en 2004 et 2005. Les corrélations entre ces valeurs sont présentées dans les figures 1 et 2.

Les résultats de la campagne parallèle de 2005 et les différentes opérations d'intercalibration ont été analysés dans un atelier à Casablanca en 2006 et communiqués au Groupe de planification des campagnes acoustiques dans la zone nord-ouest africaine qui a conclu que les deux navires ont une réponse acoustique similaire (FAO, 2006). Leurs résultats devraient donc être comparables même si des différences sont inévitables à cause des différences dans les dates et le tracé des campagnes.



3.3 Effets de la date de campagne sur les estimations de *S. aurita* dans la ZEE mauritanienne

Un simple examen des abondances de *S. aurita* mesurées par le N/R Dr. Fridtjof Nansen en novembre et décembre dans la sous-région montre qu'à cette période la plus grande partie du stock migrateur se trouve au nord de la Mauritanie (figure 3).



En effet, les connaissances actuellement disponibles sur les migrations de *S. aurita* (figure 4, Boely et Fréon, 1979) montrent que la plus grande partie de cette population adulte se trouve en Mauritanie pendant la période allant de mai à septembre. Après septembre, ces poissons migrent plus au nord de la zone mauritanienne dans laquelle ils réapparaissent en décembre-janvier, en retournant vers la Sénégalie.

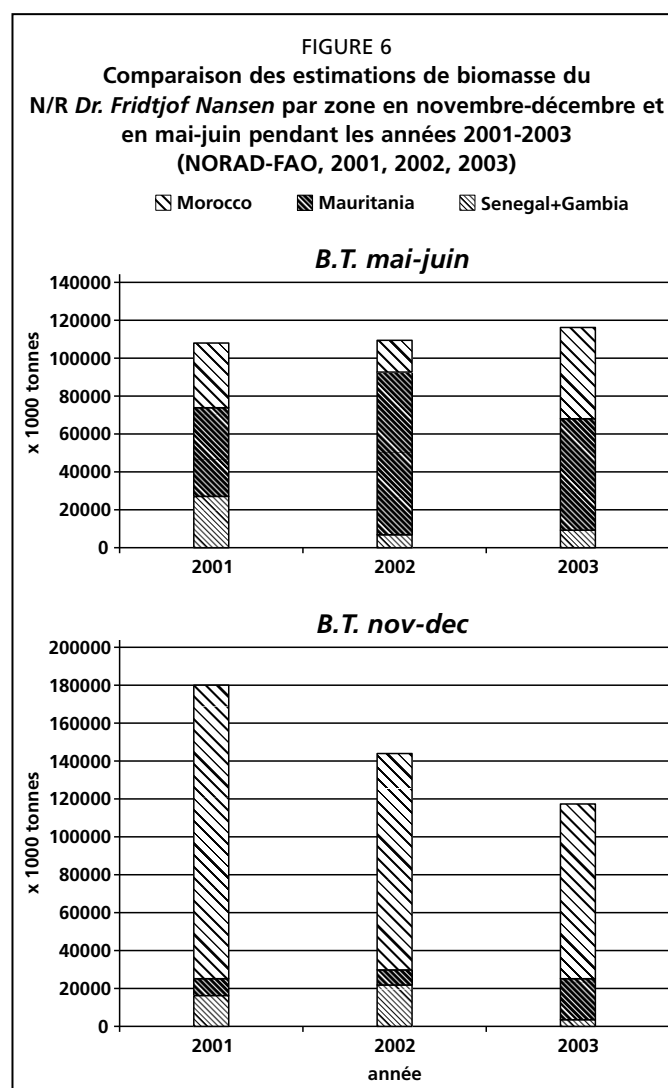
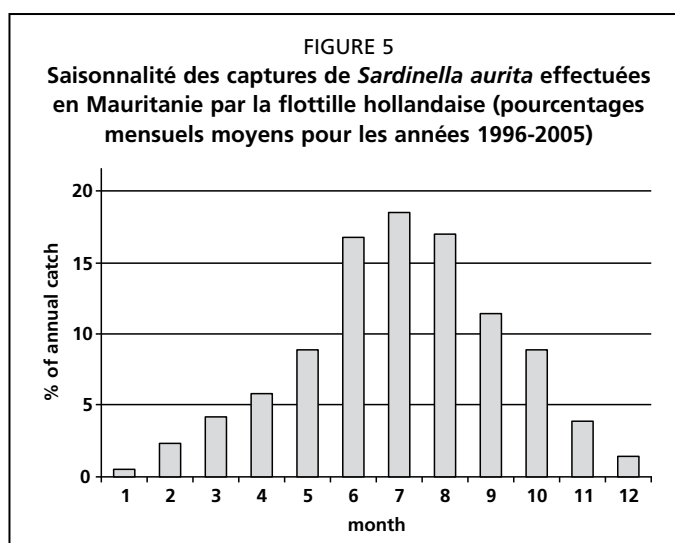
L'aspect saisonnier de la présence de *S. aurita* en Mauritanie ressort également des captures de la flottille hollandaise (figure 5). Bien que ces chiffres représentent la capture totale et non la capture par unité d'effort, on peut supposer que ce graphique confirme que la sardinelle ronde est plus abondante de mai à septembre comme le montre également la figure 4. Dans la période récente (2005-2008), la flottille reste en Europe durant l'hiver et ne revient en Mauritanie qu'à partir d'avril-mai. Elle quitte la région mauritanienne lorsque les captures commencent à diminuer, vers la fin de la saison chaude, en septembre-octobre.

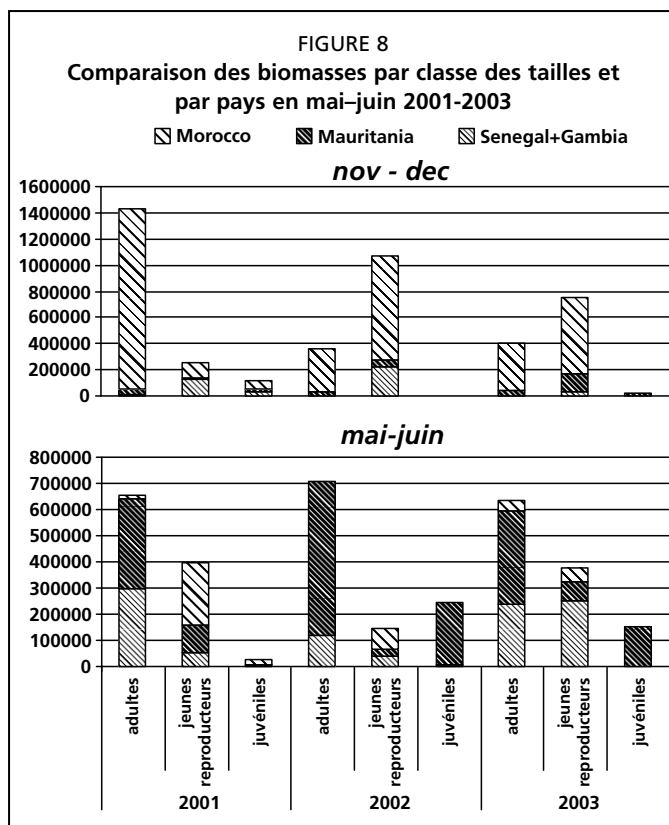
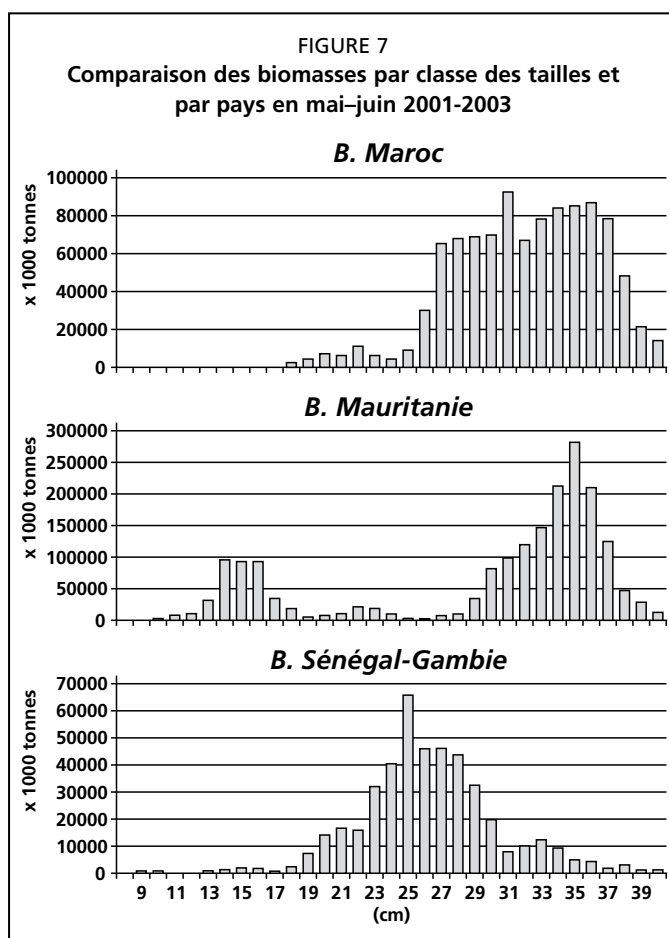
A l'heure actuelle, le N/R *Al Awam* mène ses campagnes acoustiques deux fois par an. La première campagne se déroule en mars, une période où la plus grande partie du stock de sardinelle se trouve au Sénégal (figure 4), juste avant son arrivée en Mauritanie. La deuxième campagne a lieu en novembre après le passage du stock par la Mauritanie

au cours de sa migration vers le Maroc. En conséquence, les campagnes acoustiques réalisées par le N/R *Al Awam* dans le cadre des campagnes régionales coordonnées ne reflètent probablement pas l'abondance de la sardinelle dans les eaux mauritaniennes.

Dans les années 2001-2003, le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* a prospecté la région nord-ouest africaine durant les mois de mai à juillet. Les résultats de ces campagnes sont comparés avec ceux des campagnes effectuées par le même bateau en novembre-décembre pour les mêmes années (figures 6 et 7). Ces résultats montrent que de juin à novembre, l'abondance des adultes de *S. aurita* est beaucoup plus élevée dans la zone mauritanienne que dans les autres régions.

Dans le but de mieux connaître la dynamique de ce stock, une ventilation des biomasses des sardinelles par classe d'âge selon la méthodologie de Boely (1982) nous montre (figure 8) que les adultes (>29 cm) se trouvent en très grande concentration en juin-juillet dans la zone mauritanienne, tandis qu'en novembre-décembre on trouve en 2002 et 2003 une concentration des juvéniles (<19 cm) au Maroc et très peu d'adultes dans les autres pays.





3.4 Abondances relatives de *S. aurita* et *S. maderensis*

Il est intéressant de noter la différence dans le ratio entre *S. aurita* et *S. maderensis* entre les évaluations faites par le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* et les captures par les chalutiers hollandais qui ciblent ces espèces dans la ZEE mauritanienne. Dans les campagnes du N/R *Dr. Fridtjof Nansen*, la sardinelle ronde représente en moyenne 31 pour cent de la biomasse totale des sardinelles en Mauritanie pendant la période novembre-décembre et 80 pour cent de cette biomasse en juin. En revanche, pour la flottille hollandaise, cette espèce représente souvent plus de 90 pour cent des captures sur toute l'année (tableaux 5 et 6). Il paraît donc évident que les navires hollandais ciblent plus particulièrement *S. aurita*.

TABLEAU 5

Pourcentage de *S. aurita* dans le total des biomasses de sardinelles estimées par le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* en novembre et juin

Période	Année	<i>S. aurita</i> (1 000 t)	<i>S. maderensis</i> (1 000 t)	Pourcentage <i>S. aurita</i>
Novembre	1998	440	685	39
	1999	349	77	82
	2000	344	576	37
	2001	82	143	36
	2002	85	237	26
	2003	210	1077	16
	2004	213	1335	14
	2005	74	527	12
	2006	88	288	23
	Moyenne			31
Juin	2001	465	103	82
	2002	851	77	92
				66
	2003	584	301	80
	Moyenne			

TABLEAU 6

Pourcentage moyen annuel de *S. aurita* dans les captures totales de sardinelles de la flottille hollandaise (données fournies par les armateurs hollandais)

Année	Pourcentage <i>S. aurita</i>
1998	88
1999	91
2000	97
2001	88
2002	89
2003	89
2004	87
2005	95
2006	93
Moyenne	91

On observe également une convergence entre le pourcentage de *S. aurita* dans les estimations du N/R *Dr. Fridtjof Nansen* en juin (80 pour cent) et les captures commerciales effectuées principalement en juin-juillet-août (91 pour cent). Malgré le fait que la valeur commerciale de la sardinelle ronde soit plus élevée que celle de

la sardinelle plate, il semble que les chalutiers hollandais ne fassent pas la différence entre ces deux espèces. De plus, les deux espèces ont le même écho (ce qui rend la discrimination impossible sur les échosondeurs) et se déplacent souvent en bancs mixtes. Les captures hollandaises sont donc supposées donner une bonne représentation de la composition spécifique en Mauritanie durant la saison chaude.

4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La comparaison directe entre les résultats du N/R *Dr. Fridtjof Nansen* et du N/R *Al Awam* montre que les deux navires ont la même réponse acoustique totale même si les estimations de biomasse présentent des différences qui restent à expliquer. Ces résultats permettent de confirmer néanmoins la capacité du N/R *Al Awam* à mener à bien ses propres campagnes acoustiques.

Afin d'estimer l'abondance de la sardinelle en Mauritanie, une campagne supplémentaire peut être envisagée dans la période de mai à août où le stock est important dans la ZEE du pays. Cette campagne permettrait le pilotage des flottilles hollandaise et russe qui ciblent les petits pélagiques. Elle permettrait également de mieux comprendre la raison des différences constatées, dans les proportions de *S. aurita* dans les captures, entre le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* (31 pour cent en novembre et 80 pour cent en juin) et les bateaux hollandais (91 pour cent).

Nous remarquons que lorsqu'ils restaient en Mauritanie toute l'année, les bateaux hollandais ne détectaient apparemment pas la sardinelle ronde pendant sa migration de retour du Maroc vers le Sénégal. Pourtant, dans cette migration vers le sud, les sardinelles passent forcément à nouveau par les eaux mauritaniennes. Cela pourrait signifier que ces poissons suivent un itinéraire de migration soit dans la zone côtière (au dessus des petits fonds inférieurs à 20 mètres, hors de portée du N/R *Dr. Fridtjof Nansen*) soit plus à l'ouest, vers le large. Dans les deux cas, les sardinelles resteraient effectivement invisibles pour ces chalutiers commerciaux pendant une bonne période de l'année.

Ce comportement migratoire pourrait affecter également les évaluations des stocks par le N/R *Dr. Fridtjof Nansen*. Ce navire effectue sa campagne régionale en novembre-décembre au moment où les poissons commencent leur migration vers le sud, c'est-à-dire lorsque les sardinelles pourraient être soit très côtières (où les pêcheurs côtiers devraient pouvoir la repérer) ou plus au large, au-delà de l'isobathe des 700 m, hors de la bande prospectée (Schmidt, 1972). La campagne est alors susceptible de sous-estimer l'abondance de cette espèce à cette époque de l'année. Le taux d'erreur peut varier d'une année à l'autre, en fonction de la date à laquelle les poissons commencent leur migration vers le sud. Cette hypothèse de travail reste à vérifier. Il serait également souhaitable de considérer la possibilité que la date de la campagne de prospection soit avancée d'un à deux mois (septembre-octobre) à une époque de l'année où le stock est connu pour être stationnaire.

Les sardinelles constituent les principales espèces-cibles en Mauritanie. Cependant, jusqu'à présent, les campagnes acoustiques régionalement coordonnées ont été effectuées durant les saisons de dispersion des stocks dans la sous-région, comme le montrent clairement les captures des chalutiers commerciaux en Mauritanie. Les campagnes acoustiques destinées au suivi de l'état du stock de sardinelles devraient être menées de préférence durant les mois de juin à août pour avoir une meilleure estimation de leur abondance.

5. RÉFÉRENCES

- Boely, T. & Fréon, P. 1979. Les ressources pélagiques côtières. In Troadec, J.P. and S. Garcia, eds. *Les ressources halieutiques de l'Atlantique centre-est. Première partie: les ressources du golfe de Guinée, de l'Angola à la Mauritanie*. FAO Technical Document 186: 167 pp.

- Marchal, E.** 1991. *Rapport du groupe de réflexion sur les campagnes acoustiques d'étude des stocks de la région Maroc-Mauritanie-Sénégal. Analyse des résultats et perspectives de recherches.* Édition ORSTOM, Paris. 176 pp.
- Sarré, A., Charouki, N., Mahmoud, E.M., Taleb, M.A.O., Mbye, E., Jallow, J., El Ayoubi, S. Krakstad, J. O. and Alvheim, O.** 2011. Towards coordinated acoustic surveys in Northwest Africa: Results of parallel surveys and intercalibrations. *In/ Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. This volume, pp. 259–284.*
- Schmidt, W.** 1972. Results of the UNDP (SF)/FAO Regional Fisheries Survey in West Africa. Report No. 1. Deep-scattering *Sardinella aurita* off Mauritania. *Marine Biology*, 16: 19-26.
- NORAD-FAO.** 2001. *Survey of the pelagic fish resources of Northwest Africa, Part II.* Cruise reports *Dr. Fridtjof Nansen*. IMR, Norway.
- NORAD-FAO.** 2002. *Survey of the pelagic fish resources of Northwest Africa, Part II.* Cruise reports *Dr. Fridtjof Nansen*. IMR, Norway.
- NORAD-FAO.** 2003. *Survey of the pelagic fish resources of Northwest Africa, Part II.* Cruise reports *Dr. Fridtjof Nansen*. IMR, Norway.

Towards coordinated acoustic surveys in Northwest Africa: results of parallel surveys and intercalibrations

Vers des campagnes acoustiques coordonnées en Afrique du nord-ouest: résultats des campagnes parallèles et intercalibrations
(English only/En anglais seulement)

A. Sarré¹, N. Charouki², E.M. Mahmoud³, M.A.O. Taleb³, E. Mbye⁴, J. Jallow⁴, S. El Ayoubi², J.O. Krakstad⁵ and O. Alvheim⁵

¹ Centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye, BP 2241, Dakar, Sénégal

² Institut national de recherche halieutique, Maroc

³ Institut mauritanien de recherches océanographiques et des pêches, BP22 Nouadhibou, Mauritanie

⁴ Fisheries Department, Banjul, Gambie

⁵ Institute of Marine Research, P.O. Box 1870 Nordnes, N-5817 Bergen, Norway

Sarré, A., Charouki, N., Mahmoud, E.M., Taleb, M.A.O., Mbye, E., Jallow, J., El Ayoubi, S., Krakstad, J.O. and Alvheim, O. 2011. Towards coordinated acoustic surveys in Northwest Africa: Results of parallel surveys and intercalibrations. In/ Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/ Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

The coastal pelagic fish off Northwest Africa are stocks of high commercial and social importance that are shared between the countries of the subregion. Since 1995, these resources are subject to regular evaluation by the Norwegian research vessel R/V *Dr. Fridtjof Nansen* through regional acoustic surveys covering the area from southern Senegal to Cape Cantin in Morocco. This activity is undertaken within the framework of a programme of cooperation between the countries, FAO and the NANSEN Programme. With the acquisition of national research vessels with acoustic equipment, scientific activities were initiated to prepare for the national vessels to take over the responsibility for the acoustic surveys carried out by the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. To achieve this, several parallel surveys and intercalibration exercises were carried out to ensure comparable results between

the national vessels and the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*, using the latter as a reference. This study describes some of the results of these parallel surveys and intercalibrations, shows the recorded improvements made, underlines technical or methodological problems encountered and makes recommendations to improve the precision and the reliability of the abundance estimates of the main pelagic resources in the area.

Keywords: acoustics, intercalibrations, parallel surveys, Northwest Africa, shared marine resources, small pelagics, biomass estimates.

RÉSUMÉ

Les poissons pélagiques côtiers en Afrique du nord-ouest représentent des stocks considérables partagés entre le Sénégal, la Gambie, la Mauritanie et le Maroc. Depuis 1995, ces ressources font l'objet d'évaluations par le navire de recherche norvégien le N/R *Dr. Fridtjof Nansen* à travers des campagnes acoustiques couvrant toute la région. Cette activité est entreprise dans le cadre d'un programme de coopération avec les pays de la sous-région, le Programme Nansen, sous l'auspice de la FAO. Avec l'acquisition de navires locaux équipés de matériels acoustiques, des activités scientifiques sont en cours pour suppléer le N/R *Dr. Fridtjof Nansen*. Il s'agit principalement de conduire des campagnes parallèles et d'effectuer des exercices d'intercalibration pour aboutir à des résultats comparables. Ainsi plusieurs exercices ont été conduits par les navires nationaux avec comme référence le N/R *Dr. Fridtjof Nansen*.

Cette étude présente certains résultats de ces campagnes parallèles et intercalibrations, évoque les améliorations enregistrées, souligne des problèmes techniques ou méthodologiques rencontrés et formule des recommandations pour améliorer la précision et la fiabilité des estimations d'abondance dans la région.

Mots clés: acoustique, intercalibrations, campagnes parallèles, Afrique du nord-ouest, stocks marins partagés, petits pélagiques, estimations de biomasses

1. INTRODUCTION

During the third Planning Group of acoustic activities in Northwest Africa (Dakar, October 2004), one of the main recommendations was to conduct future regional surveys with the three local research vessels in Senegal, Mauritania and Morocco. One of the reasons was that the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* was expected to leave the region in the near future. Combined surveys with three different research vessels can be achieved only if the local vessels have the same references, the same procedures and produce comparable results. This was to be assessed by performing parallel surveys and intercalibrations between the vessels in the region and the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. A parallel survey was therefore conducted in October–December 2004 and the results analysed during a workshop in Casablanca the following January. The recommendations from that workshop were that the parallel survey and intercalibrations generally had been successful, providing valuable experience and much needed results. It highlighted several problem areas where the countries in the region had to focus their effort in order to be able to run a regional assessment survey with three different vessels. One of the recommendations from the workshop was that a second parallel survey and intercalibration exercise should be conducted in 2005 in order to compare the results from 2004, assess any improvements in performance and indicate areas where more effort is still needed to reliably assess the biomass in the region with the three local

research vessels. The survey took place from 31 October to 1 December 2005 and was generally successfully conducted. The workshop of April 2006 gave the opportunity to compare results, correct procedures and standardize methods of processing the acoustic surveys across the region to prepare the research institutions in the region for future regional surveys with local vessels without the assistance of R/V *Dr. Fridtjof Nansen*.

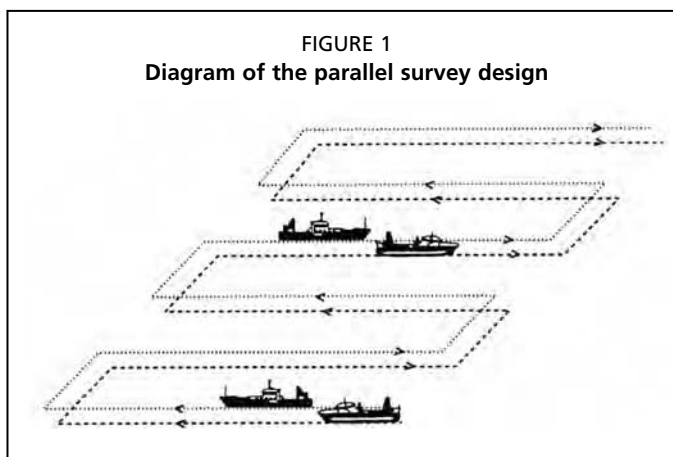
2. METHODS

The methodology used during intercalibrations and parallel surveys is as follows. The R/V *Dr. Fridtjof Nansen* conducted the regional survey in the usual way following the "Guidelines for acoustic surveys in the Northwest African region". A parallel survey was conducted by the local research vessels following the same methodology. All vessels were operating with newly calibrated acoustic equipments. In general, the methodology is described in the respective cruise reports. All vessels produced:

- a) survey maps with cruise tracks;
- b) distribution maps of target species;
- c) biomass estimates of target species;
- d) catch results;
- e) length frequency distributions for target species;
- f) S_A values from intercalibrations.

The intercalibration exercises were carried out according to standard procedure with one vessel 0.5 NM ahead of the other, and 0.5 S_A degrees offset at starboard side (Figure 1). The course tracks included whenever possible shallow and deep waters with areas of high fish concentrations.

For each intercalibration, total S_A values per nautical mile sailed by the two vessels and the correlation between the nautical mile values recorded by the vessels are recorded, plotted and compared. It has not been always possible to reach a total duration of six hours as recommended for a good intercalibration but the exercises always lasted between four and ten hours. All vessels used EK60 Simrad echosounders to collect acoustic raw data that was processed using BI500 or BI60 software.



3. RESULTS FROM SENEGAL

3.1 The 2004 parallel survey

a) Specific arrangement of the 2004 parallel survey

During this survey, 397 nm were jointly surveyed. The target species were sardinellas, horse mackerels and chub mackerel. In total 33 trawls hauls and 19 hydrographic stations were performed.

b) Biomass estimates

The total biomass estimates obtained by the R/V *Itaf Deme* and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (Table 1) are close, reflecting the fact that a similar acoustic energy was received by the two vessels. The ratio between estimated total biomasses was 1.2. The differences in estimated biomass by target species can be explained as follows:

- There may be difficulties to interpret echograms in this area because of mixed plankton and high number of species in the Senegalese area.

- Onboard the R/V *Itaf Deme*, when direct interpretation of echogram cannot be performed, the trawling does not always give enough information to allow good allocation of species.

TABLE 1

Senegal 2004 parallel survey. Biomass estimates by area calculated from R/V *Itaf Deme* (ID) and R/V *Dr. F. Nansen* (FN) respectively. Data in 000's tonnes.

Species	R/V <i>Itaf Deme</i>				Ratio; ID/FN ¹	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i> ²				
	Casamance	Central	North	Total		Casamance	Gambia	Gambia/ Cape Verde	Cape Verde/ St Louis	Total
<i>S. maderensis</i>	185	80	6.2	271	0.61	249	107	154	39	548
<i>S. aurita</i>	140	92	23	255	1.02	117	21	108	25	270
Horse mackerels	52	128	7	187	3.97	0	29	33	15	76
Mackerel	3	22	4	28	-	0	0	0	0	0
Other pelagics ³	151	140	46	337	2.15	58	56	79	20	212
Total	531	461	86	1078	1.21	424	213	374	99	1106

¹Senegal only.

²The data for Gambia are excluded from the ratio FN/ID. The Gambia/Cape Verde and Cape Verde/St Louis areas for the FN correspond respectively to the central and north areas for the ID.

³*Scomber* sp. is included in "Other pelagics".

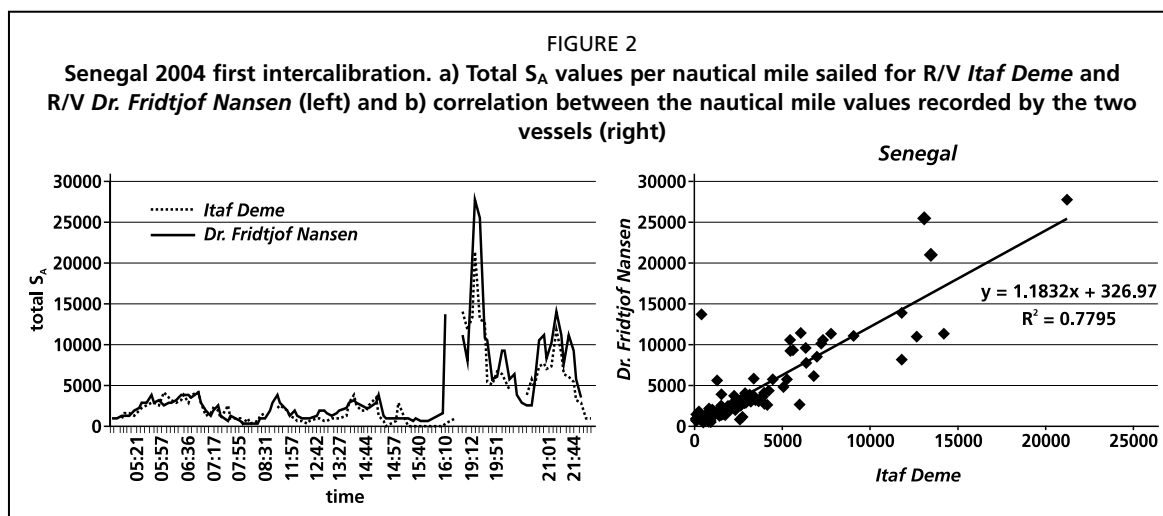
c) 2004 intercalibrations

Two intercalibration exercises have been performed in 2004. The software used for interpretation was BI500. A minimum Sv threshold of -79db was used by both vessels. The first intercalibration (Figure 2) has given close results between R/V *Itaf Deme* and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* as shown in the table below presenting total S_A values, average and standard deviation from the ships.

TABLE 2:

Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V <i>Itaf Deme</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/ID
Total S_A	338 323	450 101	1.33
Average	3 192	4 129	1.29
Standard dev.	3 610	4 778	



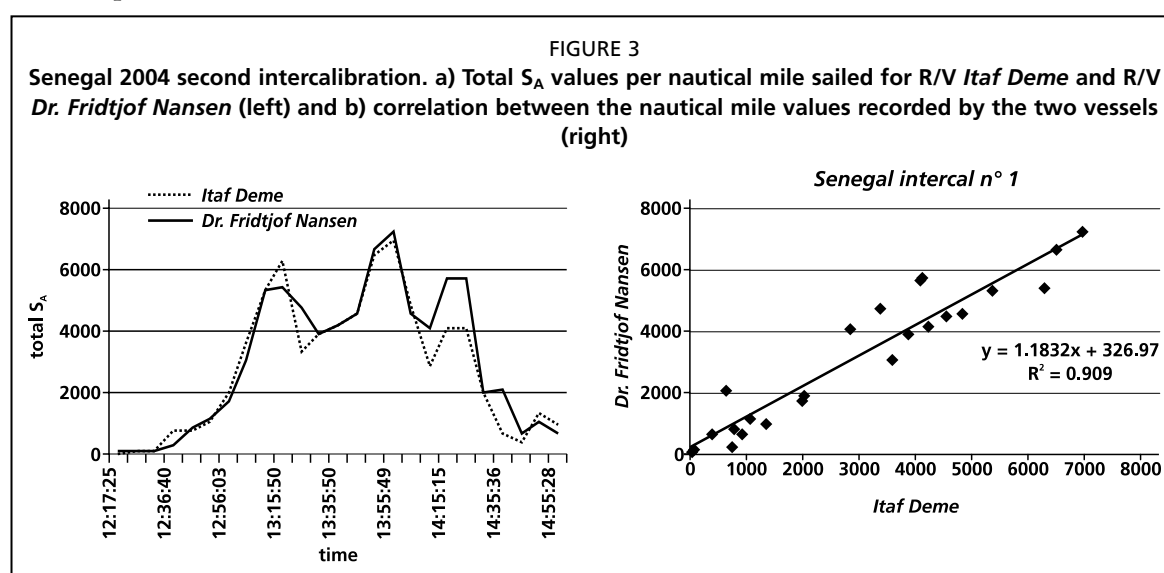
A linear regression was made between the two data sets. According to the regression, the relation between the biomass estimated by the two vessels was:

$$\text{Dr. Fridtjof Nansen} = 1.1832 \quad \text{Itaf Deme} + 326.97 \quad \text{with } R = 0.88$$

The second intercalibration (Figure 3) had confirmed those results. According to the regression made between the two data sets, the relation between the biomass estimated by the two vessels was:

$$\text{Dr. Fridtjof Nansen} = 1.0017 \quad \text{Itaf Deme} + 202.8 \quad \text{with } R = 0.95$$

The software used onboard R/V *Itaf Deme* for interpretation was BI500. The minimum Sv threshold of -79db was used by both vessels. The values obtained by the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* values were very similar to those of R/V *Itaf Deme*. The difference was not significant and it was concluded that the two vessels had similar acoustic performance.



3.2 The 2005 parallel survey

a) Specific arrangement of the 2005 parallel survey

In total, 1 309 nm were jointly surveyed, of which 277 nm in Gambian waters. The target species were sardinellas, horse mackerels and chub mackerel. Twenty-eight trawl hauls were performed, of which 14 bottom trawls, two trawls with floats and 12 pelagic trawls. Fifty-three hydrographic stations were also performed. The target strength (TS) of herring was used for biomass estimates.

b) Biomass estimates

The total biomass estimates from R/V *Itaf Deme* and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (Table 3) are close with a ratio of 1.13, representing a noticeable amelioration from the 2004 result (1.2). Biomass in Gambia represented 31 percent of total biomass on R/V *Itaf Deme* and 37 percent of total biomass on R/V *Dr. Fridtjof Nansen*.

TABLE 3

Senegal 2005 parallel survey. Biomass estimates per area calculated from R/V *Itaf Deme* (ID) and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (FN) respectively. Data in thousand tonnes.

Species	R/V <i>Itaf Deme</i>					Ratio; ID/FN	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>				
	Casamance	Gambia	Gambia – Cape Verde	Cape Verde St Louis	Total		Casamance	Gambia	Gambia – Cape Verde	Cape Verde St Louis	Total
<i>S. maderensis</i>	396	127	99	0.13	622.2	1.14	201	188	148	8	545
<i>S. aurita</i>	2	8	87	0.7	97.8	0.35	19	73	191	-	283
Horse mackerels	2	125	35	42	204.8	1.77	3.	4	12	97	116
Chub mackerel	-	-	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-
Other pelagics	76	107	69	17	269.8	2.35	59	19	26	11	115
Total	476.1	368.24	289.79	60.65	1194.8	1.13	279	284	377	116	1059

c) 2005 intercalibrations

Several intercalibration exercises were conducted as part of the parallel survey with the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. Generally, at least two exercises were made with each vessel. Several problems were encountered that complicated the initial data analysis. These have been listed below.

- **Different Sv thresholds.** The vessels had been using different minimum Sv threshold when scrutinizing and exporting data. These ranged from -70 db to -79 db. It has been suggested that a minimum threshold of -79 db be used for all vessels in the future.
- **Bottom fish detection.** Settings in the bottom detection algorithm may affect what is detected as fish close to the bottom. A general recommendation was difficult to give but it was underlined that the operator should alert when scrutinizing fish close to the bottom.
- **Software issues:** Morocco had used the same -Sv threshold as the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (-79 db). However, the export function in the BI60 software v2.1.0 had a bug, and it was decided to upgrade the software to v2.1.1 for all analyses of acoustic data in the region.

Because of these problems, each country had to re-examine its intercalibration data with a minimum threshold of -79 db in order to have comparable results. As an example of the difference introduced to the total estimate by using different minimum Sv threshold, the intercalibration data for Senegal has been analysed twice, and two different datasets and results are presented below.

d) Analyses with different Sv thresholds (R/V *Dr. Fridtjof Nansen* versus R/V *Itaf Deme*)

Three intercalibration exercises had been performed in 2005. The software used for interpretation was BI500. A minimum Sv threshold of -79db has been used onboard R/V *Dr. Fridtjof Nansen* while a threshold of -70 db has been used onboard R/V *Itaf Deme*.

First intercalibration

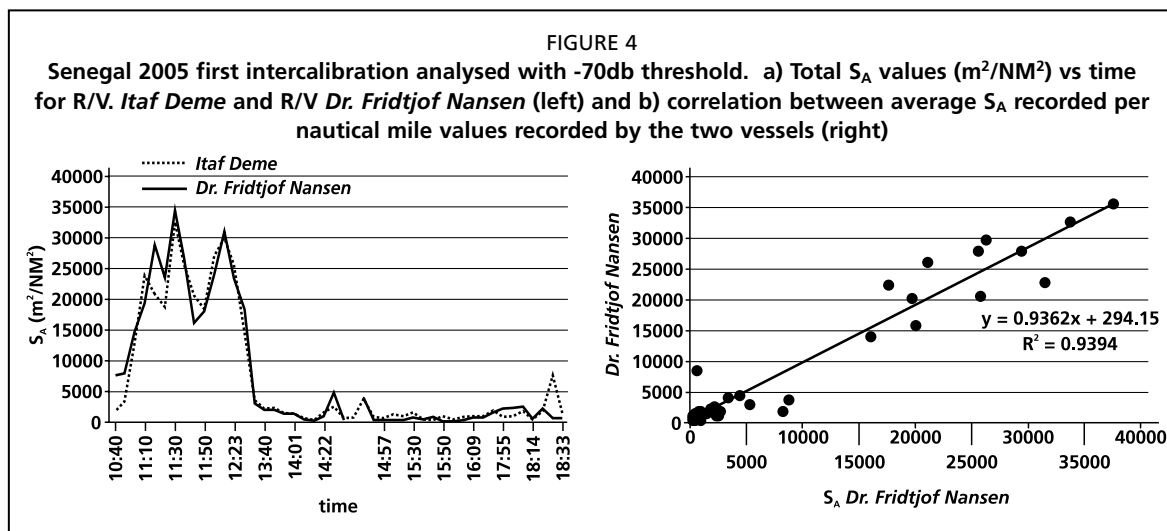
The distance covered was 56 nm, from 600 m depth (offshore) to 20 m depth (inshore). The intercalibration survey was carried out according to standard procedure (cf. Figure 1). The conditions were good for intership comparison. Relatively high recordings, mainly of plankton, were made offshore, while sardinella concentrations were recorded inshore at the end of the intercalibration tracks. The average recorded values were slightly higher for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* as shown in the table below.

TABLE 4
Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V <i>Itaf Deme</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio <i>FN/ID</i>
Total S_A	358 027	367 339	1.03
Average	7 783	8 163	1.05
Standard dev.	10 732	11 185	

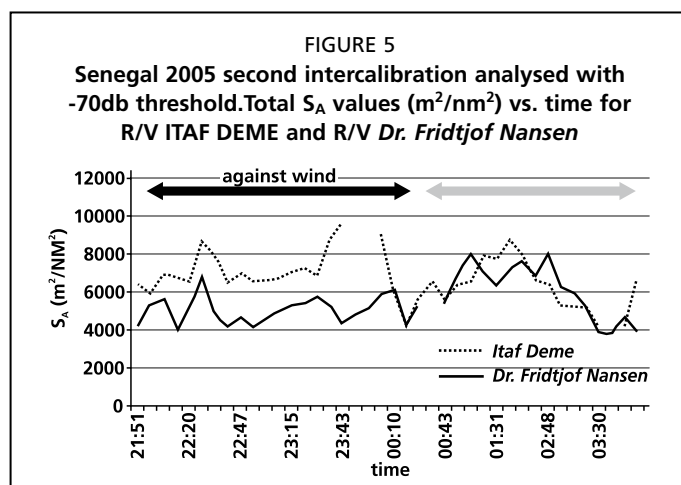
Figure 4a shows the recorded integrator values (total S_A values per nautical mile) vs time recorded for the two ships. Figure 4b shows the regression between the intercalibration data from the two vessels. The figures illustrate that the vessels made similar acoustic recordings during the intercalibration with generally slightly higher recordings with the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. The higher variance may also indicate that this vessel had encountered slightly more fish schools. The relation between the biomass estimated by the two vessels was:

$$Itaf\ Deme = 0.9362 \quad Dr.\ Fridtjof\ Nansen + 294.15 \quad \text{with } R = 0.94$$



Second intercalibration

It was conducted off Cape Verde on the 5–6 November 2005 from 22:00 to 04:20 covering approximately 40 nm (Figure 5). Although northerly winds were not very strong, it made sea conditions difficult throughout the first part of the night. In addition, the two vessels did not adhere strictly to the procedures for intercalibration and moved further apart from each other than 0.5 mile. Evaluation of the data from the intercalibration suggested that they were not suitable to evaluate the difference in performance between the vessels. The R/V *Itaf Deme* generally recorded higher values than the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* when going against the sea and wind, cruising seawards, and similar values after turning shoreward.



Third intercalibration

It was conducted from south of St. Louis to Cayar Canyon starting on 8 November 2005 around midnight and lasted until 07:50 the following morning. The vessels covered a course track of approximately 72 nm. The conditions were generally good for intercalibration and the vessels followed the recommended procedures. Several zig-zag transects were conducted between bottom depths of 200 and 20 m. During this intercalibration, the average recorded values were slightly lower for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* as shown in the table below.

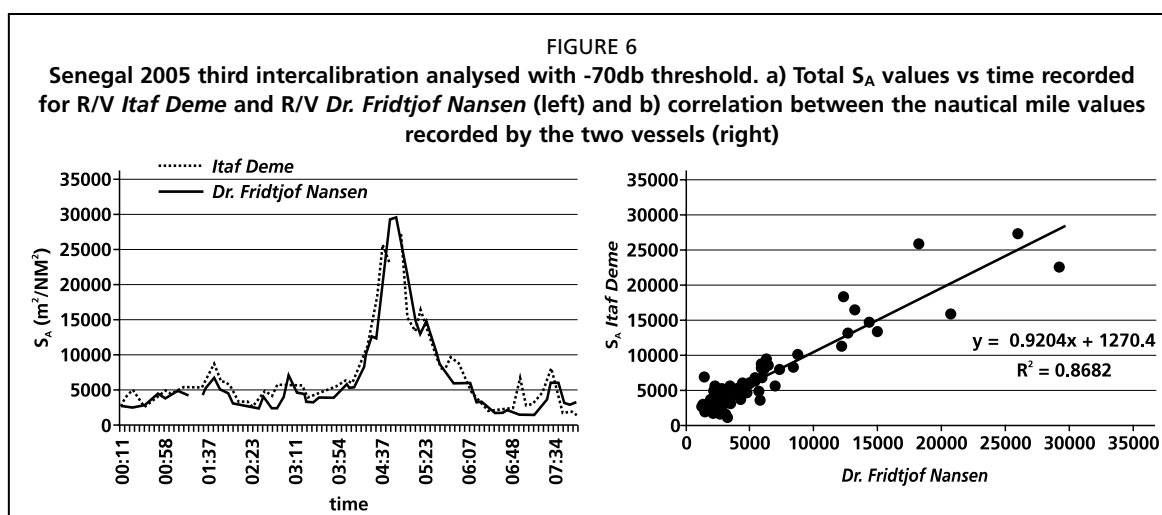
TABLE 5

Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V <i>Itaf Deme</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/ID
Total S_A	475 600	444 400	0.93
Average	6 606	6 088	0.92
Standard dev.	5 347	6 079	

Figure 6a shows the recorded integrator values (total S_A values per nautical mile) vs time recorded for the two ships, and Figure 6b shows the regression between the intercalibration data from the two vessels. The figures illustrate that the vessels made similar acoustic recordings during the intercalibration with generally slightly lower recordings with R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. The higher variance recorded with R/V *Dr. Fridtjof Nansen* may indicate that the vessel has encountered slightly more fish schools. Although the average S_A values recorded during the third intercalibration was consistently higher for R/V *Itaf Deme* than R/V *Dr. Fridtjof Nansen*, the data are still comparable and the differences between the vessels are probably best explained by natural variation in the amount of encountered fish. A linear regression was made between the two data sets. The relation between the biomass estimated by the two vessels was:

$$\text{Dr. Fridtjof Nansen} = 0.9204 \text{ Itaf Deme} + 1270.4 \quad \text{with } R = 0.87$$



Conclusions

Generally, the two vessels recorded the same acoustic densities and the first and the third intercalibration experiment seem to have been successful. However the first intercalibration showed that R/V *Itaf Deme* recorded lower acoustic densities (average difference in S_A values of -379.9) than R/V *Dr. Fridtjof Nansen* while the third showed that R/V *Itaf Deme* had somewhat higher acoustic recordings than R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (average difference in S_A values of 517.9). The conditions were good for intercalibration during both exercises. Since the vessels used different Sv threshold settings, it is believed that both intercalibrations should have shown that R/V *Itaf Deme* had somewhat higher recordings than R/V *Dr. Fridtjof Nansen* during both surveys. The second intercalibration illustrates several issues. The most important is the role of the weather factor as the quality of the intercalibration is sharply reduced with bad weather. This factor affected the R/V *Itaf Deme* most because of its smaller size and the absence of roll sensor onboard and drop-down keel. The second factor that may have affected the estimate was the fact that the vessels did not manage to keep equal distance at all times during this intercalibration.

e) Analyses with the same threshold (-79 db) (R/V *Dr. Fridtjof Nansen* versus R/V *Itaf Deme*)

The stored raw data collected from October 2005 intercalibrations and interpreted previously by BI500 Simrad software, are now interpreted using BI 60. A minimum Sv threshold of -79db is used for both vessels.

First intercalibration

The analysis gives much higher S_A values for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* as shown in the table below.

TABLE 6
Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V <i>Itaf Deme</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/ID
Total S_A	84 044	201 829	2.4
Average	2 272	5 455	2.4
Standard dev.	2 570	8 922	
R^2		0,42	
R		0,65	

These big differences are introduced by the S_A values of R/V *Dr. Fridtjof Nansen* in areas with high concentrations where R/V *Itaf Deme* gives relatively small S_A values (Figure 7). If we exclude these areas with high concentrations (Figure 8), the recordings for both vessels are in the same level (with a ratio of 1.07 between averages) even though the correlation factor is low ($R=0.48$).

TABLE 7
Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V <i>Itaf Deme</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/ID
Total S_A	34 249	37 242.2	1.09
Average	1 317	1 432	1.07
Standard dev.	1 302	1 388	
R^2		0.23	
R		0.48	

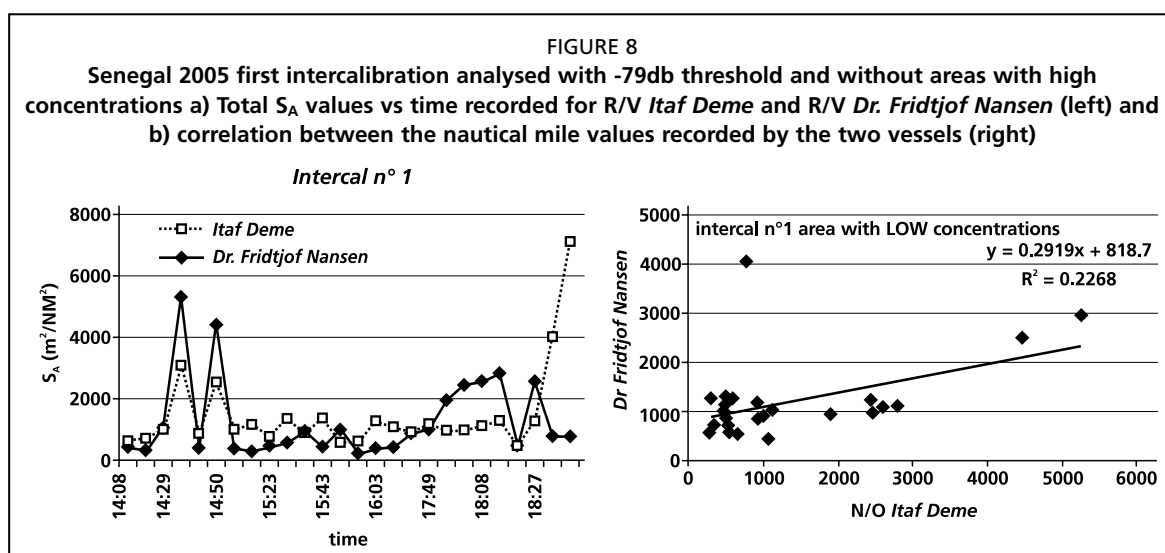
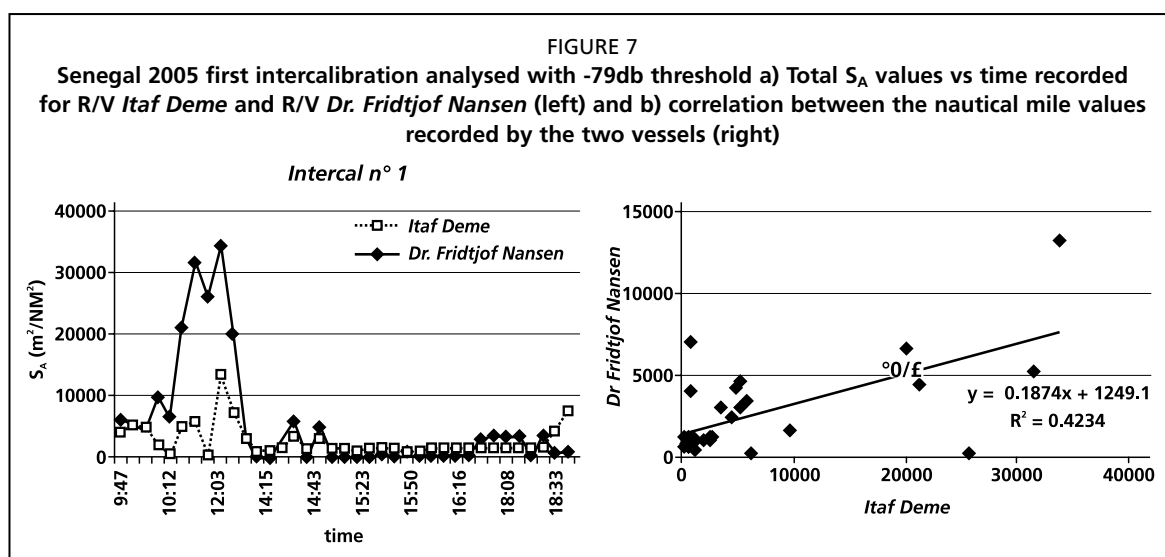


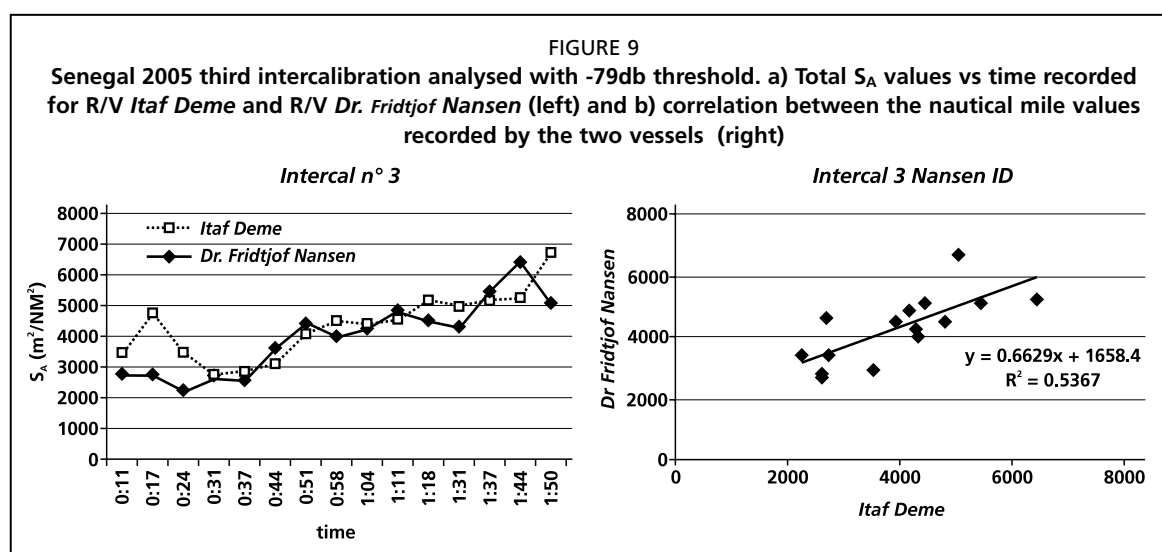
TABLE 8

Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V <i>Itaf Deme</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/ID
Total S_A	64 120	59 196	0.92
Average	4 275	3 946	0.92
Standard dev.	1 106	1 222	
R^2		0.54	
R		0.73	

Second intercalibration

The analyse gives similar S_A values for both R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Itaf Deme* (relative difference in S_A of 8.32) as shown in the table below but it concerns only the beginning of the intercalibration where low concentrations were met (Figure 9). The data were unreadable for the last part of the exercise.



Conclusion

When interpreting with same threshold of -79db on both vessels and using BI60 as processing software, the average recorded values are much higher for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (about 58.36 percent difference in average).

f) Intercalibrations between R/V *Itaf Deme* and R/V *Al Awam*

Two intercalibration exercises were performed between R/V *Itaf Deme* and R/V *Al Awam*, the first in March 2005 and the second in November 2007. During both exercises, a minimum S_v threshold of -79db had been used and the software for interpretation was BI60 for both vessels.

First intercalibration

The intercalibration was done over a total distance of 48 nm from shallow to deep waters, in the two directions (seaward and shoreward). The intercalibration was carried out according to standard procedure (cf. Figure 1). The intercalibration was performed during night time from 22:00 to 04:00 on the following morning. The depth ranged sampled was 20–500 m. Some results of the intercalibration are given in the table below and in Figure 10 showing the level of integrator values (total S_A per nautical mile) along the course line for the two ships.

TABLE 9
Total S_A values, average and standard deviation from the ships

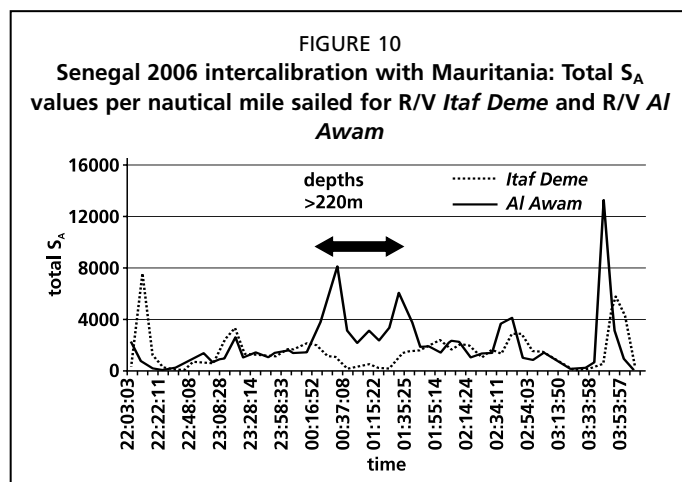
	R/V <i>Itaf Deme</i>	R/V <i>Al Awam</i>	Ratio <i>AW/ID</i>
Total S_A	76 332	107 783	1.42
Average	1 527	2 156	1.41
Standard dev.	1 418	2 288	

Figure 10 shows a bad correlation between the two vessels in deep waters (from time 00:23 to 00:42 corresponding to depth >220 m). This is due to the fact that the R/V *Itaf Deme*'s integrator was set to operate only from 0 to 220 m deep. When we exclude the data from deep waters (depths <220 m, see Figure 11) we have the results shown in the text table below.

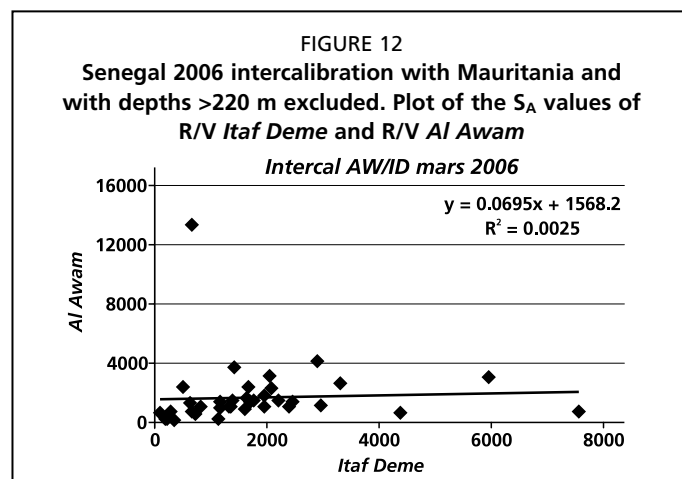
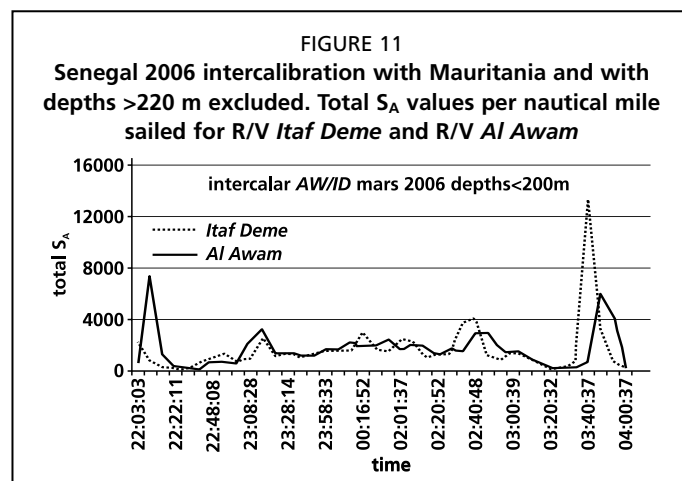
TABLE 10

Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V Itaf Deme	R/V Al Awam	Ratio AW/ID
Total S_A	67 910	67 449	0.99
Average	1 698	1 686	0.99
Standard dev.	1 516	2 123	



Even if the correlation coefficient is still bad ($R=0.05$; Figure12), we can see from this table that, on average, the two vessels had met the same concentrations, but not simultaneously. Accordingly, it may be concluded that the two vessels have equal performance. This must be confirmed by other intercalibrations. In addition, an intercalibration with more homogeneous population, in depths less than 220 m has been recommended for the future.



Second intercalibration

The results of the intercalibration are shown in the table below.

TABLE 11

Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	<i>Itaf Deme</i>	<i>Al Awam</i>	Ratio AW/ID
Total S_A	127 389	221 830	1.70
Average	2 498	44 376	1.63
Standard dev.	1 995	3 243	

The total S_A values per nautical mile sailed for R/V *Itaf Deme* and R/V *Al Awam* during this intercalibration, are shown in Figure 13. A linear regression was made between the two data sets (Figure 14). According to the regression, the relation between the biomass estimated by the two vessels were

$$Al\ Awam = 1.0822\ Itaf\ Deme + 1\ 716\ 3 \quad \text{with } R = 0.67$$

Conclusions on the R/V *Itaf Deme* intercalibrations

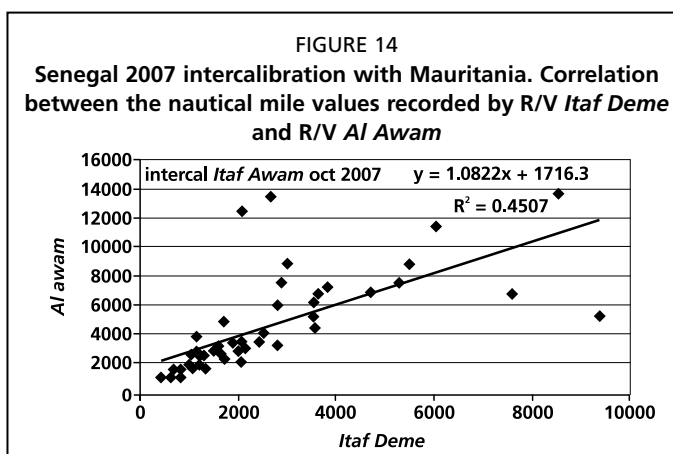
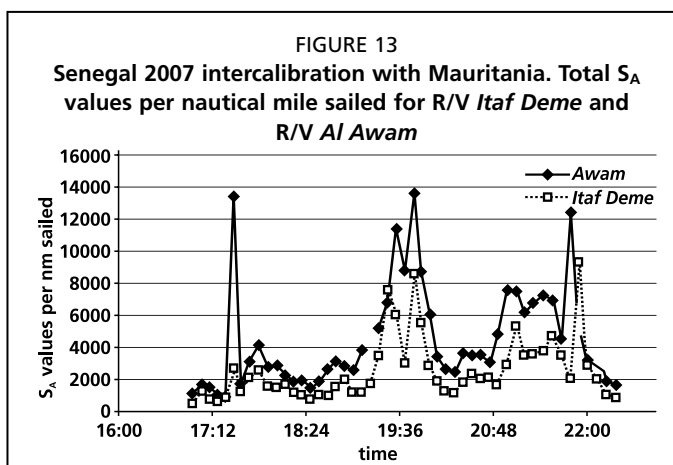
Since 2006, the S_A values recorded by the R/V *Itaf Deme* have been relatively low compared with those from the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. The ratio between total biomass averages rises from 1.29 in 2005 to 2.4 in 2006. The S_A values recorded by the R/V *Itaf Deme* are also lower than those from the R/V *Al Awam* with a ratio around 1.63. The acoustic response of the echosounder has been updated by calibration of the equipment onboard the R/V *Itaf Deme* but this cannot explain such a reduction in the S_A values registered by the R/V *Itaf Deme* since the interpretation concerned the same raw data stored from ER60 sounder. As the only significant change operated in 2006 was the use of the BI60 software for scrutinizing raw data, it may be concluded that it is this change that has generated the reduction in S_A values registered by the R/V *Itaf Deme*.

4. RESULTS FROM MAURITANIA

4.1 The 2004 parallel survey

a) Specific arrangement of the 2004 parallel survey

A distance of 1 200 nm was jointly covered. Target species were: sardinella, anchovy, sardine, mackerel and horse mackerels. Twenty-seven trawls hauls were performed. The Target Strength (TS) used for biomass estimates was that for herring.



b) Biomass estimates

Biomass estimates of species and groups of species (Table 12) are relatively different for the two vessels: The ratio between the total biomass estimated by the two vessels is 0.39 and the highest difference is for flat sardinella (*Sardinella maderensis*) with a ratio of 0.16. The differences in biomass estimates may be partly explained by the differences in catch composition. It can be seen that R/V *Al Awam* samples reflect apparently better the small individuals than R/V *Dr. Fridtjof Nansen* which seems to sample bigger fishes. This may be due to the limited speed of R/V *Al Awam*, the engine of which was overheating and could not reach 4 knots. In addition, big individuals of horse mackerel are underestimated by R/V *Al Awam* because its maximum fishing depth is 100 m

TABLE 12

Mauritania 2004 parallel survey. Biomass estimates per area calculated from R/V *Al Awam* (AW) and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (NAN) respectively. Data in 000's tonnes. S. MAD: *Sardinella maderensis*; S. AUR: *Sardinella aurita*; PILCH: *Sardina pilchardus*; H. MACK: Chinchards (*Trachurus trecae*, *Trachurus trachurus*, *Decapterus rhonchus*); ANCH. *Engraulis encrasicolus*, O/PEL: autres pélagiques

Species	R/V <i>Al Awam</i>			Ratio AW/NAN	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>		
	St. Louis – C. Timiris	C. Timiris – C. Blanc	Total		St. Louis – C. Timiris	C. Timiris – C. Blanc	Total
S. MAD	194.3	17.3	212	0.16	1244	91	1335
S. AUR	156.4	177.1	333	1.56	189	24	213
PILCH	48.8	67.4	93	0.23	20	384	404
C. RHON	87.1	3	90.1				
T. TRE	21	2.7	23.7	0.29	29.8	53	83
ANCH.	0	16.2	16.2		0	0	0
O/PEL			90	0.60	106	42	148
Total			858	0.39	1588.8	594	2183

c) 2004 intercalibrations

Two intercalibration exercises were performed with the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. Only the first one gave acceptable results.

First intercalibration

The total S_A values per nautical mile sailed by R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration are shown in Figure 15. A ratio of 1.41 is found between the averages of the estimated biomass by the two vessels as shown in the table below.

TABLE 13

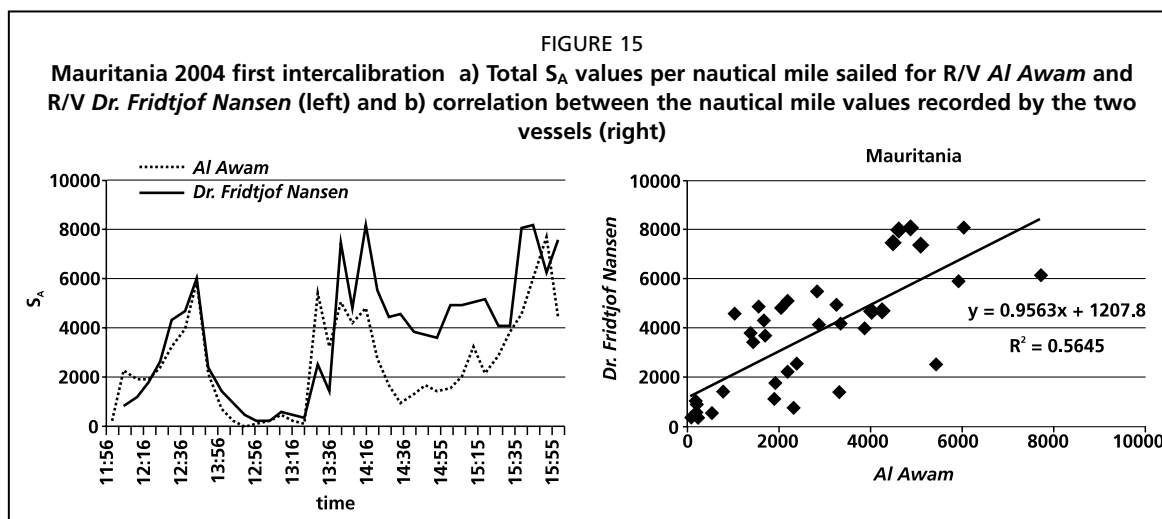
Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V <i>Al Awam</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AW
Total S_A	97 369	137 610	1.41
Average	2 562	3 719	1.45
Standard dev.	1 941	28 489	-

A linear regression was made between the two data sets. The relation between the biomass estimated by the two vessels is:

$$F. \text{ NANSEN} = 0.956 \quad AL \text{ AWAM} + 1\,207 \text{ with } R = 0.75$$

The S_A values registered from R/V *Al Awam* are lower than those from R/V *Dr. Fridtjof Nansen* with a difference of around 30 percent.



4.2 The 2005 parallel survey

a) Specific arrangement of the 2004 parallel survey

A distance of 1 200 nm was jointly surveyed. Due to a technical problem, the last part of the survey, from Cape Timiris was conducted two days after the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. The target species: sardinella, anchovy, sardine, mackerel and horse mackerels. Sixteen trawl hauls were performed. No hydrographical stations were made. The target strength (TS) used for biomass estimates was that for herring.

b) Biomass estimates

Biomass estimates of species and groups of species (Table 14) made by the two vessels are still relatively different, as in October 2004. The ratio between the total biomass estimated by the two vessels is 0.41 and the highest difference is for sardine (*Sardina pilchardus*) with a ratio of 0.23.

TABLE 14

Mauritania 2005 parallel survey Biomass estimates per area calculated from R/V *Al Awam* (AW) and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (NAN) respectively. Data in 000's tonnes

Species	R/V <i>Al Awam</i>			Ratio AW/NAN	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>		
	St. Louis – C. Timiris	C. Timiris – C. Blanc	Total		St. Louis – C. Timiris	C. Timiris – C. lanc	Total
<i>Sardinella maderensis</i>	52	202	253	0.48	302	225	527
<i>Sardinella aurita</i>	16	57	74	1.00	6	68	74
<i>Sardina pilchardus</i>	395	97	492	0.23	1075	1103	2178
<i>Engraulis encrasicolus</i>		45	45	0.46	0	98	98
<i>Trachurus trecae</i>	76	103	179	0.90	106	92	198
Other pelagics	48	202	250	3.85	62	3	65
Total	587	706	1293	0.41	1551	1589	3140

c) 2005 intercalibrations

Two intercalibration exercises have been performed with the R/V in 2005. Only the first one gave acceptable results. The software used for interpretation was BI 60. A minimum S_v threshold of 79db was used by both vessels.

First intercalibration

The total S_A values per nautical mile sailed by R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration, are shown in Figure 16. A ratio of 1.1 is found between the averages of the estimated biomass by the two vessels as shown in the table below.

TABLE 15

Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V <i>Al Awam</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AW
Total S_A	42 659	46 989	1.1
Average	2 666	2 936	1.1
Standard dev.	2 133	2 579	

A linear regression was made between the two data sets. The relation between the biomass estimated by the two vessels was:

$$R/V \text{ Al Awam} = 0.6947 \quad R/V \text{ Dr. Fridtjof Nansen} + 625.96 \quad \text{with } R = 0.84$$

4.3 Comparison of intercalibrations of 2004 and 2005

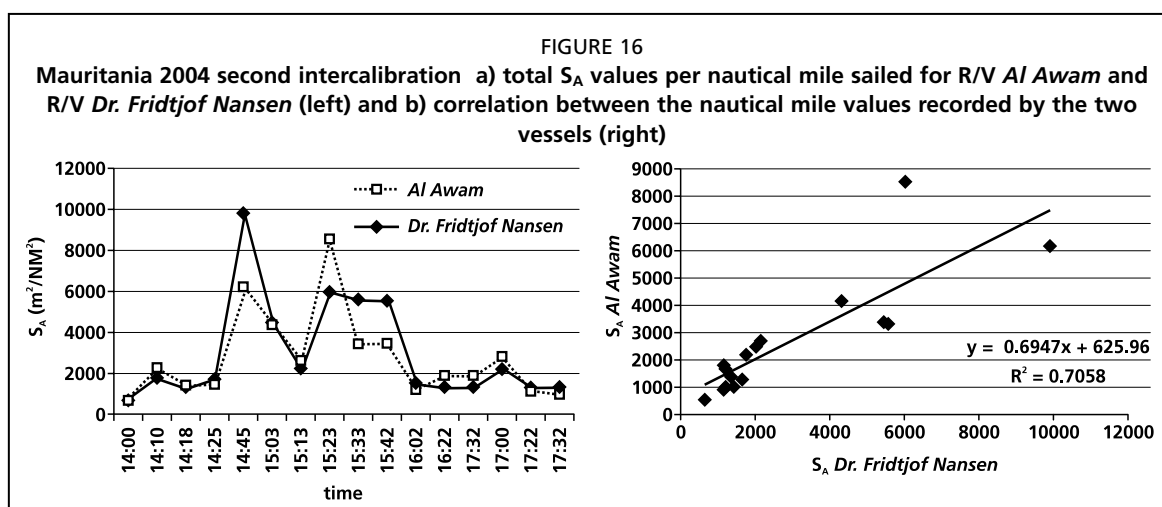
The table below summarizes the results of 2004 and 2005 intercalibrations.

TABLE 16

Overview of results from 2004 and 2005 intercalibrations

	2004	2005
S_A total <i>Nansen</i> / S_A total R/V <i>Al Awam</i>	1.7071	1.1015
Mean <i>Nansen</i> /Mean R/V <i>Al Awam</i>	1.4528	1.1012
R^2	0.64	0.71
R	0.80	0.84

A noticeable improvement is registered between the 2004 and 2005 intercalibrations. The ratio between total S_A is 1.1 in 2005, compared to 1.7 in 2004. In addition, the coefficient of correlation had improved from 0.63 to 0.70.



4.4 Intercalibration with AL AWAM with AL AMIR

The exercise was performed in November 2007. The course tracks followed by the two vessels (Figure 17a) cover shallow and deep waters. The total S_A values per nautical mile sailed for R/V *Al Amir* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration are shown in Figure 17b. A linear regression (Figure 18) was made between the two data sets. The relation between the biomass estimated by the two vessels was:

$$R/V \text{ Al Amir} = 0.5 \quad R/V \text{ Al Awam} + 873 \quad \text{with } R = 0.74$$

4.5 Conclusion on R/V *Al Awam* intercalibrations

A noticeable improvement is registered between the 2004 and 2005 intercalibrations for R/V *Al Awam* even through its recordings are still lower than those from the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*.

5. RESULTS FROM MOROCCO

5.1 The 2004 parallel survey

a) Specific arrangement of the 2004 parallel survey

A distance of 1 400 miles was jointly covered. The target species were: sardine, anchovy, mackerel and horse mackerel. Twenty-four trawl hauls were performed. The target strength (TS) used for biomass estimates was that of herring.

b) Biomass estimates

The total biomass estimates obtained from R/V *Al Amir* and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (Table 17) are quite close. The ratio between the total biomasses is 0.87. A high difference is found between the estimated biomass of horse mackerel.

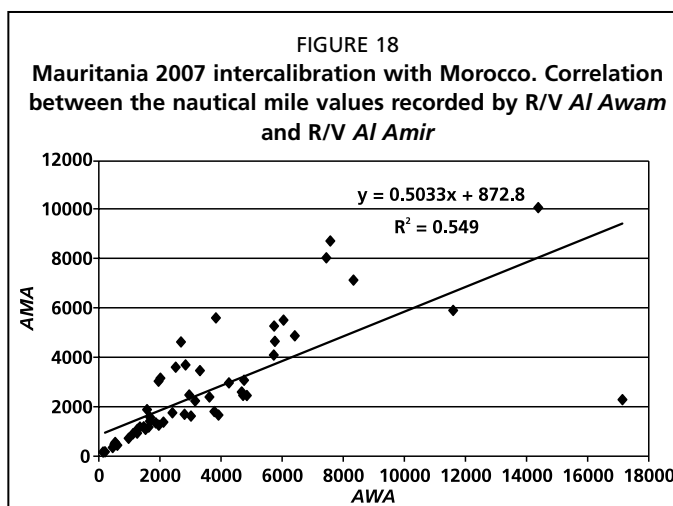
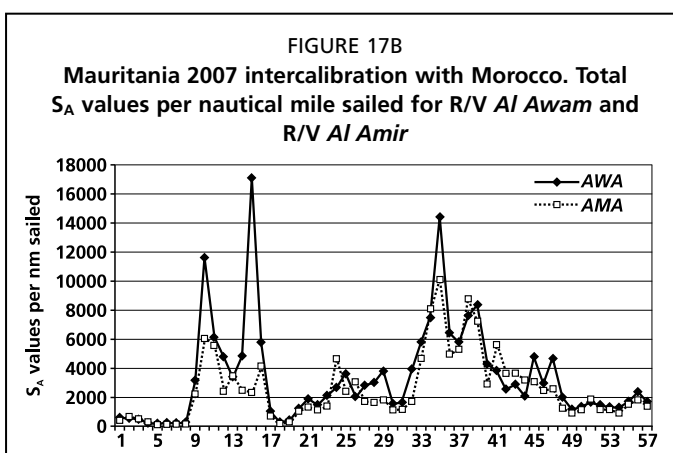
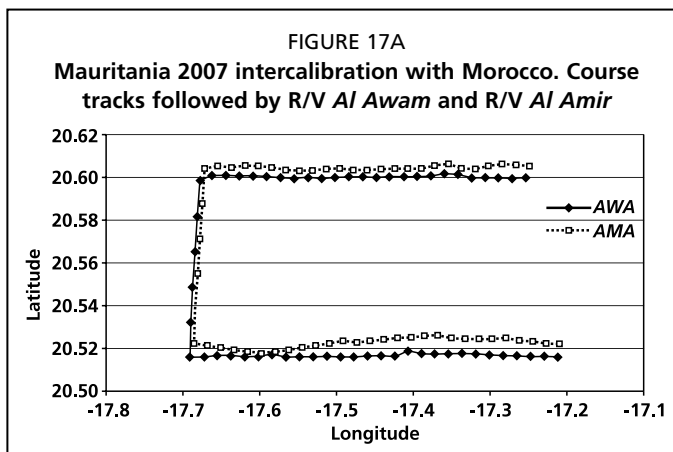


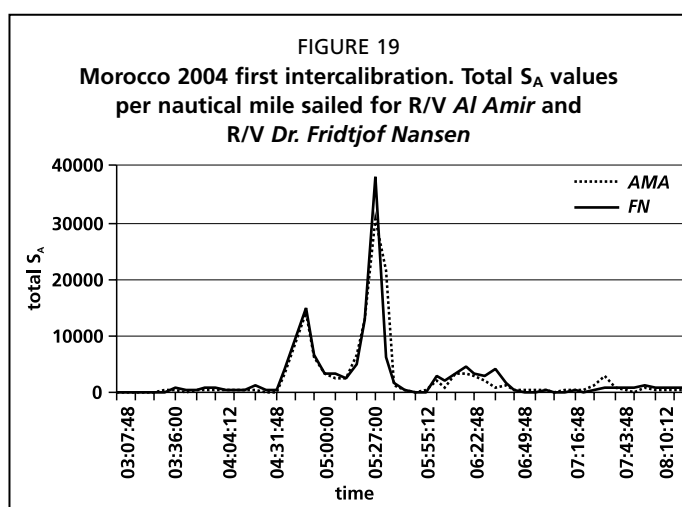
TABLE 17

Morocco 2004 parallel survey biomass estimates per area calculated from R/V *Al Amir* (left) and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (right) respectively. Data in 000's tonnes

Species	R/V <i>Al Amir</i>			Ratio AM/FN	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>		
	C.Juby – C.Ghir	C.Ghir – C.Cantin	Total		C.Juby – C.Ghir	C.Ghir – C.Cantin	Total
Pilchard	408	218	626	0.75	627	210	837
Anchovy	40	26	66	2	30	2	32
Scomber	174	112	286	0.85	242	96	338
Horse mackerel	64	21	85	42.5	0	2	2
Total	686	377	1063	0.87	899	310	1209

c) 2004 intercalibrations

Four intercalibration exercises had been performed in 2004 with the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. The software used for interpretation was BI500. A minimum Sv threshold of -79db was used by both vessels. The results are summarized below.



First intercalibration

The total S_A values per nautical mile sailed for the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Amir* during the first intercalibration, are shown in Figure 19. A ratio of 1.02 is found between the average estimated biomasses from the two vessels as shown in the table below.

TABLE 18

Total S_A values and average from the ships

	R/V <i>Al Amir</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AM
Total S_A	154 734	158 517	1.03
Average	2 668	2 733	1.02

According to the regression (Figure 20), the relation between the biomass estimated by the two vessels is:

$$R/V \text{ Al Amir} = 0.8712 \quad R/V \text{ Fridtjof Nansen} + 286.86 \quad \text{with } R = 0.9$$

Second intercalibration

The total S_A values per nautical mile sailed for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration, are shown in Figure 21. A ratio of 1.37 is found between the averages of the estimated biomass by the two vessels as shown in the table below.

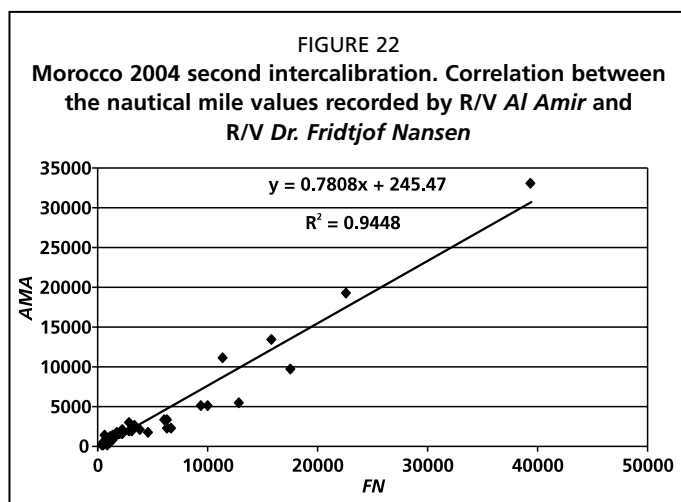
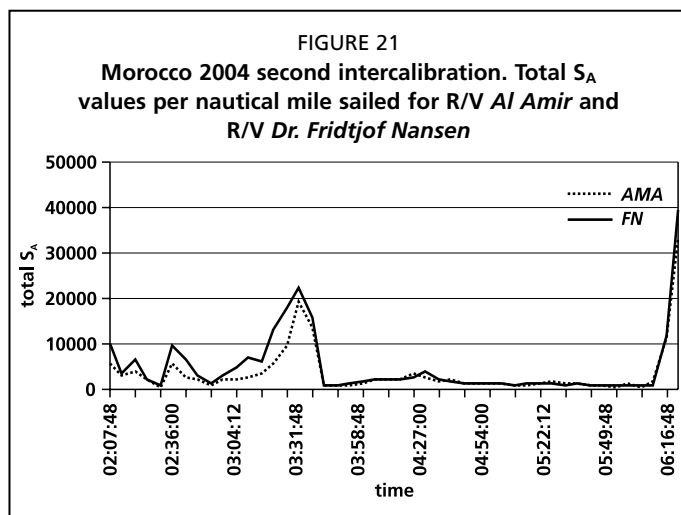
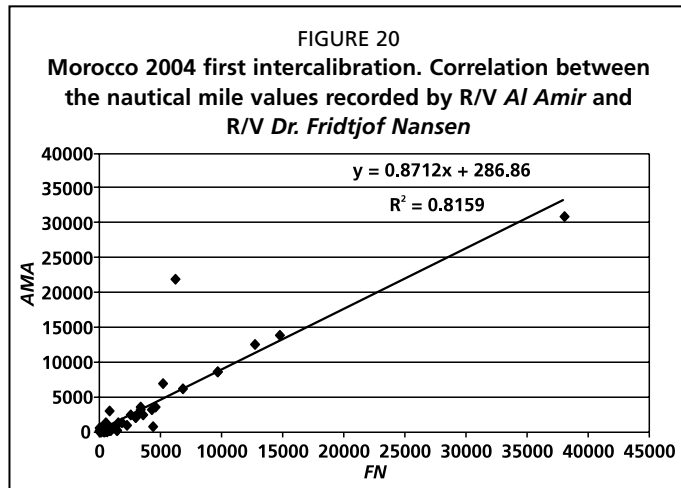
TABLE 19

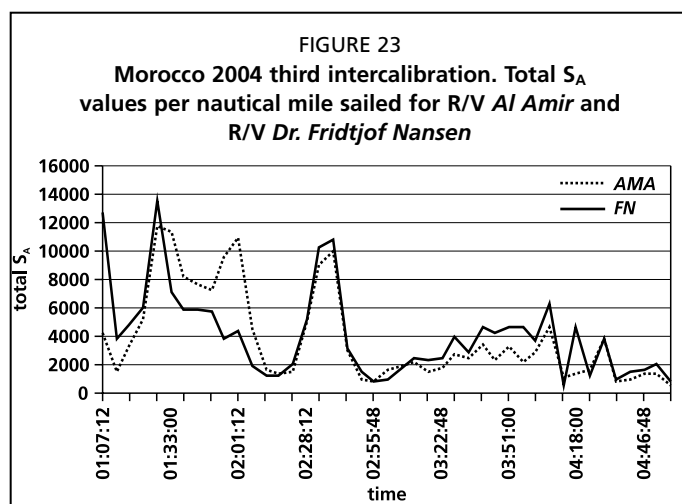
Total S_A values and average from the ships

	R/V <i>Al Amir</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AM
Total S_A	159 539	218 792	1.37
Average	3 468	4 756	1.37

According to the regression (Figure 22), the relation between the biomass estimated by the two vessels is:

$$R/V \text{ Al Amir} = 0.7808 \quad R/V \text{ Fridtjof Nansen} + 245.47 \text{ with } R = 0.97$$





Third intercalibration

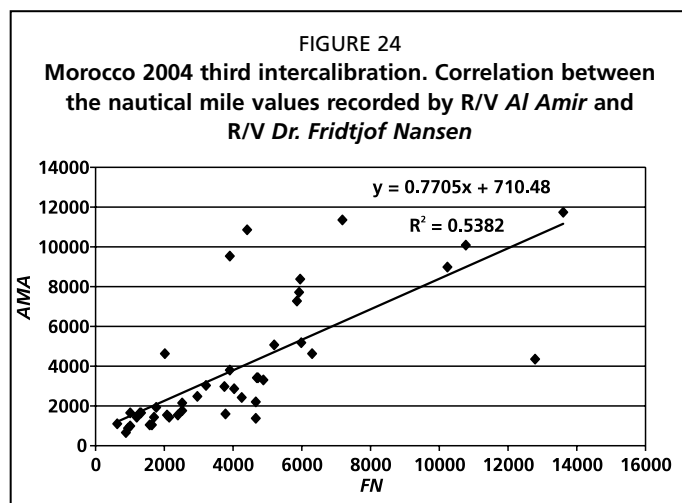
The total S_A values per nautical mile sailed for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration are shown in Figure 23. A ratio of 1.06 is found between the averages of the estimated biomass by the two vessels as shown in the table below.

TABLE 20
Total S_A values, average and standard deviation from the ships

	R/V <i>Al Amir</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AM
Total S_A	165 463	175 102	1.05
Average	3 848	4 072	1.06

According to the regression (Figure 24) the relation between the biomass estimated by the two vessels is:

$$R/V \text{ Al Amir} = 0.7705 \quad R/V \text{ Fridtjof Nansen} + 710.48 \quad \text{with } R = 0.73$$



Fourth intercalibration

The total S_A values per nautical mile sailed for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration, are shown in Figure 25. A ratio of 1.19 is found between the averages of the estimated biomass by the two vessels as shown in the table below.

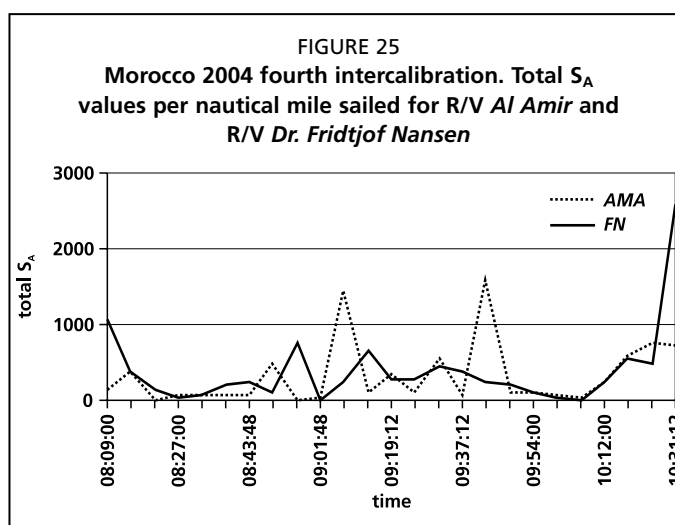
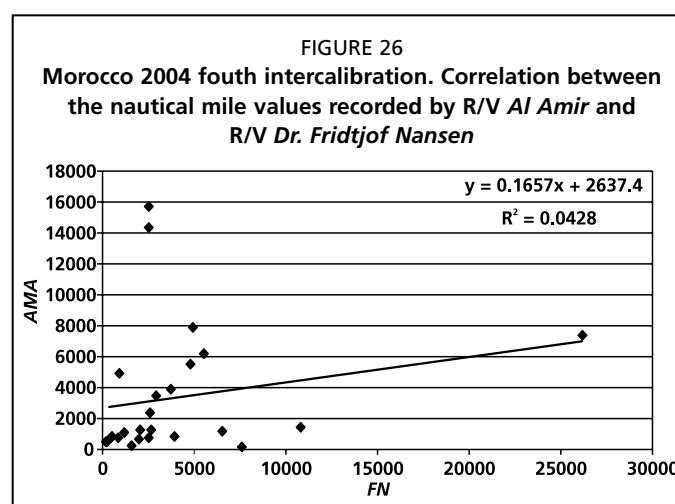


TABLE 21
Total S_A values and average from the ships

	R/V <i>Al Amir</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AM
Total S_A sum	82 255	98 514	1.19
Average	3 290	3 941	1.19

According to the regression (Figure 26), the relation between the biomass estimated by the two vessels is:

$$R/V \text{ Al Amir} = 0.1657 \quad R/V \text{ Dr. Fridtjof Nansen} + 2\,637.4 \quad \text{with } R = 0.2$$



5.2 The 2005 parallel survey

a) Specific arrangement of the 2004 parallel survey

A distance of 2 239 nm was covered. The target species were sardine, anchovy, mackerel and horse mackerel. Thirty-three trawl hauls were made. Fifty-four biological samples were collected. No hydrographical stations were made. The herring target strength was used for biomass estimates.

b) Biomass estimates

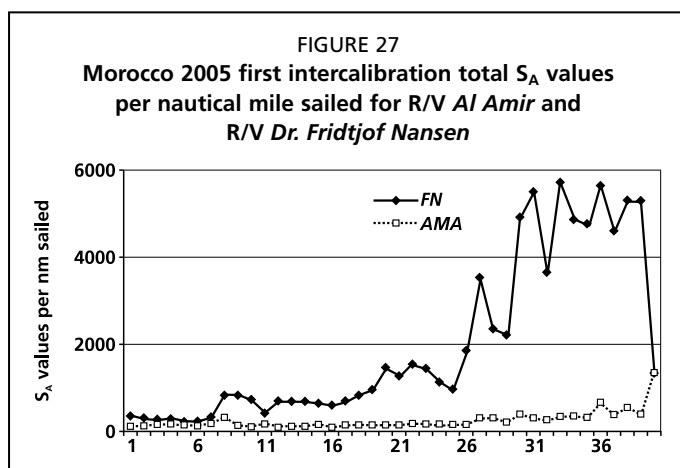
The biomass estimated by each vessel from Cape Blanc to Cape Bojador is presented in Table 22. The ratio between the total biomasses is 0.72, with a noticeable shift compared

to 0.87 in 2004. The biomass ratio for horse mackerel 0.33 is now inversed compared to 2004 where it was 42.5. The values for anchovy are still higher with R/V *Al Amir* than R/V *Dr. Fridtjof Nansen*.

TABLE 22

Morocco 2005 parallel survey Biomass estimates per area calculated from R/V *Al Amir* (left) and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* (right) respectively. Data in 000's tonnes.

Species	R/V <i>Al Amir</i>	Ratio AM/FN	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>
	Cape Blanc to Cape Bojador		Cape Blanc to Cape Bojador
Pilchard	4 628	0.79	5 830
Anchovy	33	3.30	10
Chub mackerel	189	0.79	240
Horse mackerel	370	0.33	1 125
Sardinella	409	0.68	600
Total	5 629	0.72	7 805



c) The 2005 intercalibrations

First intercalibration

The total S_A values per nautical mile sailed for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration, are shown in Figure 27. A ratio of 0.1 is found between the averages of the estimated biomass by the two vessels as shown in the table below.

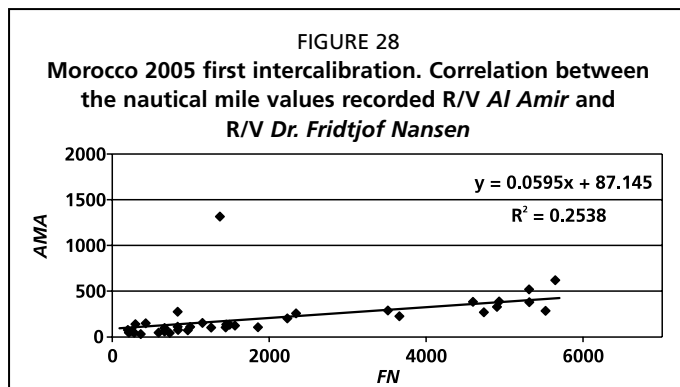
TABLE 23

Total S_A values and average from the ships

	R/V <i>Al Amir</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AM
Total S_A	79 441	8 214.9	0.1
Average	1 986	205	0.1

According to the regression (Figure 28), the relation between the biomass estimated by the two vessels is:

$$R/V \text{ Al Amir} = 0.0595 \quad R/V \text{ Dr. Fridtjof Nansen} + 87.145 \quad \text{with } R = 0.5$$



Second intercalibration

The total S_A values per nautical mile sailed for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration, are shown in Figure 29. A ratio of 2.86 is found between the averages of the estimated biomass by the two vessels as shown in the table below.

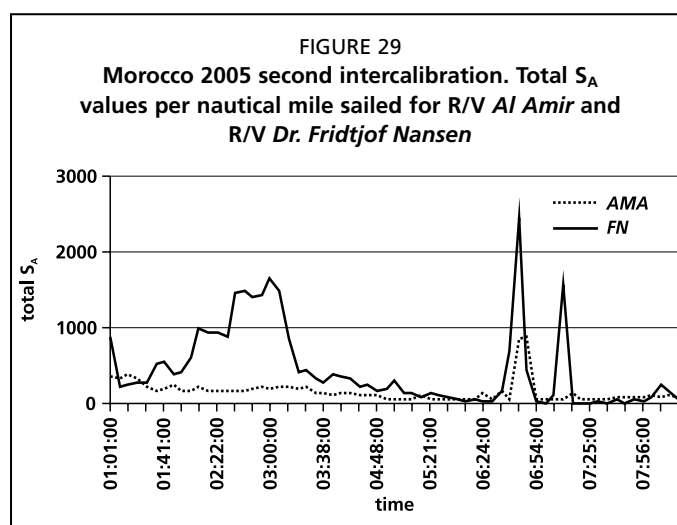


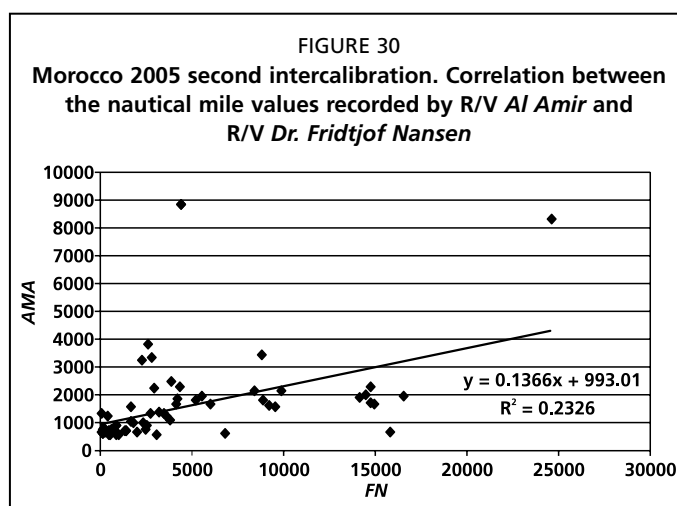
TABLE 24

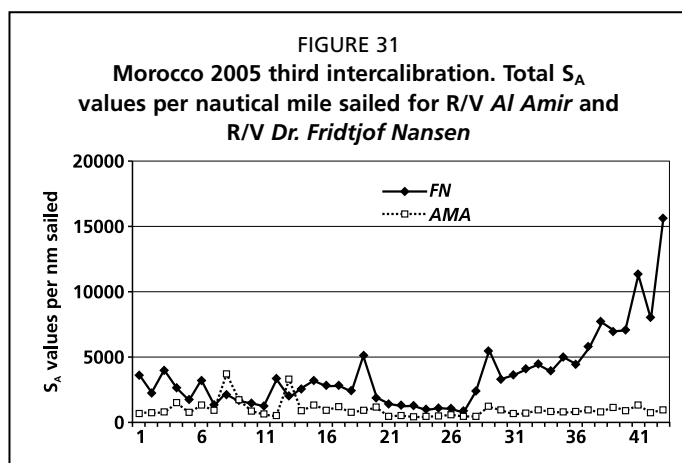
Total S_A values and average from the ships

	R/V <i>Al Amir</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AM	%
Total S_A	97 412	278 837	2.86	65.06
Average	1 680	4 807	2.86	65.06

According to the regression (Figure 30), the relation between the biomass estimated by the two vessels is:

$$R/V \text{ Al Amir} = 0.1366 \quad R/V \text{ Dr. Fridtjof Nansen} + 993.01 \quad \text{with } R = 0.5$$





Third intercalibration

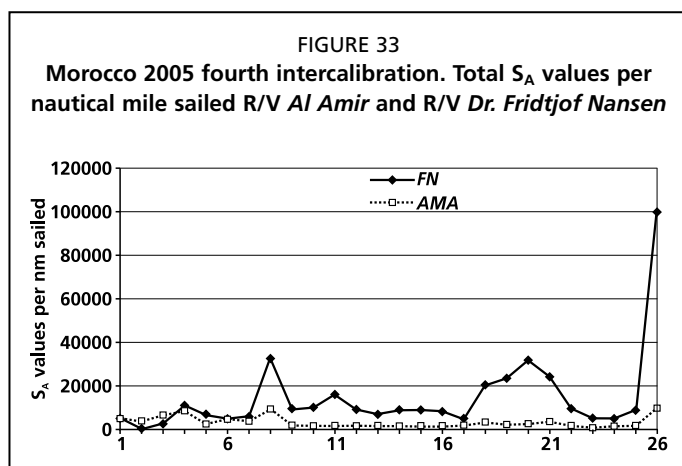
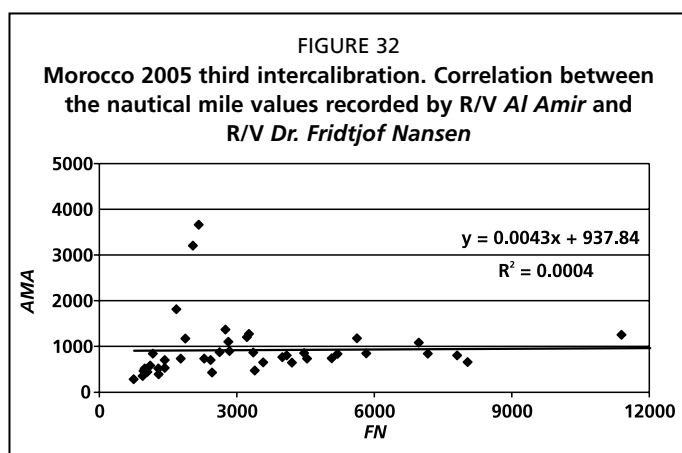
The total S_A values per nautical mile sailed for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration are shown in Figure 31. A ratio of 3.9 is found between the averages of the estimated biomass by the two vessels as shown in the table below.

TABLE 25
Total S_A values and average from the ships

	R/V <i>Al Amir</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AM	%
Total S_A	41 007	158 993	3.9	74.21
Average	954	3 698	3.9	74.21

According to the regression (Figure 32), the relation between the biomass estimated by the two vessels is:

$$\text{R/V } Al \text{ Amir} = 0.0043 \quad \text{R/V } Dr. \text{ Fridtjof } Nansen + 937.84 \quad \text{with } R = 0.06$$



Fourth intercalibration

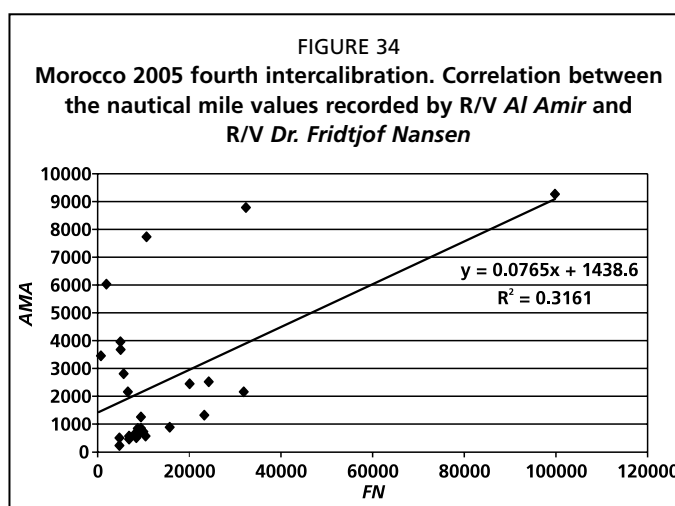
The total S_A values per nautical mile sailed for R/V *Dr. Fridtjof Nansen* and R/V *Al Awam* during the first intercalibration are shown in Figure 33. A ratio of 5.6 is found between the averages of the estimated biomass by the two vessels as shown in the table below.

TABLE 26
Total S_A values and average from the ships

	R/V <i>Al Amir</i>	R/V <i>Dr. Fridtjof Nansen</i>	Ratio FN/AM	%
Total S_A	65 626	368 700	5.6	82.20
Average	2 524	14 181	5.6	82.20

According to the regression (Figure 34), the relation between the biomass estimated by the two vessels is:

$$R/V \text{ Al Amir} = 0.0765 \quad R/V \text{ Dr. Fridtjof Nansen} + 1\,438.6 \quad \text{with } R = 0.56$$



Discussion

The results from intercalibrations in 2004 and 2005 are very similar between the research vessels R/V *Al Amir* and R/V *Itaf Deme* and give comparable acoustic response with the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. In the same period, R/V *Al Awam* had improved its performance from a 29 percent difference in S_A values with the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* to a nine percent difference only. The last intercalibration between R/V *Al Awam* and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* give similar acoustic responses for both vessels. From these first exercises, it appears that the S_A values from the local vessels are comparable with those from the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*.

However, the last analyses in Senegal for the 2005 intercalibration and those in Morocco for 2006 give results that need to be confirmed by further exercises. In Senegal, the differences found with the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* during the second analysis using the BI60 software seem to be related to the use of this software with which S_A values drop by more than 6 db compared to values obtained with the BI500 software. In Morocco, the important decrease of S_A values registered during the 2006 intercalibrations seems to be related with weather conditions. A strong wind was registered during the exercise and this factor affects R/V *Al Amir* most because of its smaller size and lack of stabilizing equipment.

Total biomass estimates made by R/V *Itaf Deme*, R/V *Al Amir* and R/V *Dr. Fridtjof Nansen* are generally comparable. Differences in biomass estimates in Mauritania may be partly explained by the differences in catch composition: R/V *Al Awam* seems able to better sample the small individuals (or is less able to catch the larger ones) than R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. This may be due to the limited speed of R/V *Al Awam* that could not reach 4 knots. The other factor is that big individuals of horse mackerel are underestimated by R/V *Al Awam* because its maximum fishing depth is 100 m.

The main conclusion from these intercalibration exercises is that local vessels have the ability to jointly conduct regional surveys to complement and eventually

replace the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. The total comparability between the local vessels may be reached after more exercises, readjustments and improvements in trawling performance. Standardization in methods use for scrutinizing echosounder records, installation of blister on the keels to reduce weather effect, regularly performing intercalibrations between vessels of the subregion are all factors that will improve comparability between local vessels. The efforts of acoustic scientists in the region are oriented to these issues to finally have reliable coordinated acoustic surveys.

6. REFERENCES

- Charouki, N., El Ayoubi, S., Sarré, A., Mahmoud, E.M., Taleb, M.A.O., Jallow, J., Krakstad, J.O. & Alvheim, O. 2005. *Report on the parallel survey and Intercalibration - 30 October to 1 December 2005*. Report of the Workshop on the North West African Small Pelagic Resources - Saly, Senegal, 26/3-1/4/2006.
- El Ayoubi, S., Cubani, M., Charouki, N. & Taleb, M.A.O. 2008. *Analyses des intercalibrations 2005–2006–2007 et de la campagne parallèle 2006*. Report of the Workshop on the North West African Small Pelagic Resources, Casablanca, Morocco, 02/2008.
- FAO. 1998. *Report of the Workshop on the Review of the Pelagic Surveys off Northwest Africa in the 1990s*. Bergen, Norway, 28 September–2 October 1998. *Rapport de l'Atelier sur la revue des prospections acoustiques de la côte nord-ouest africaine dans les années 90*. Bergen, Norvège, 28 septembre–2 octobre 1998. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 592. Rome, FAO. 63 pp.
- FAO. 2001. *Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa*. Nouadhibou, Mauritania, 24–31 March 2001. *Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale*. Nouadhibou, Mauritanie, 24–31 mars 2001. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches, FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 657. Rome, FAO. 133 pp.
- Sarré, A. & Samb, B. 2004. *Évaluation des stocks de poissons pélagiques le long des côtes sénégalaises du 25 octobre au 3 novembre 2004*: 36 pp.
- Sarré, A. & Samb, B. 2005. *Évaluation des stocks de poissons pélagiques le long des côtes sénégalaises du 31 octobre au 11 novembre 2005*: 34 pp.
- Sarré, A., Chbani, M., Mahmoud, E.M., Mbye, E.M. J., Krakstad, J.O. & Alvheim, O. 2005. *Report on the parallel survey and Intercalibration, 25 October–10 December 2004*. Report on the Workshop on the North West African Small Pelagic Resources, Casablanca, Morocco, 25–29/1/2005.
- Taleb, M.A.O., El Ayoubi, S. & Sarré, A. 2007. *Mesures de l'index de réflexion 'Target Strength' de la sardinelle ronde*. Nouadhibou, Mauritanie 1–5/10/2007.

Contribution to acoustic targets identification in Northwest Africa by statistical schools properties

Contribution à l'identification acoustique des espèces ciblées dans la région nord-ouest africaine par les propriétés statistiques des bancs
(English only/En anglais seulement)

N. Charouki^{1*}, A. Sarré², M. Serghini¹, O.S. Ebaye³ and J.O. Krakstad⁴

¹ Institut National de Recherche Halieutique, 2 rue de Tiznit Casablanca, Morocco

<charouki@inrh.org.ma>, <serghini2002@yahoo.com>

² Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye, BP 2241, Dakar, Senegal

<ablaysarrey@yahoo.fr>

³ Institut Mauritanien de recherches océanographiques et des pêches, BP 22 Nouadhibou, Mauritania

<ebaye_mhd@yahoo.fr>

⁴ Institute of Marine Research, P.O. Box 1870 Nordnes, N-5817 Bergen, Norway
<jens.otto.krakstad@imr.no>

Charouki, N., Sarre, A. Serghini, M., Ebaye, O.S. and Krakstad, J.O. 2011. Contribution to acoustic targets identification in Northwest Africa by statistical schools properties. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

Acoustic abundance estimation relies, among other things, on reliable species identification. This process normally involves targeted trawling during surveys to identify the acoustic targets. The aim of this paper is to aid researchers to recognize acoustic fish targets off Northwest Africa using acoustic properties of the main small pelagic schools, *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, *S. maderensis*, *Trachurus trecae*, *T. trachurus*, *Scomber japonicus*, *Engraulis encrasicolus* and *Decapterus rhonchus*. During the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* acoustic survey from Cap Cantin in Morocco to Southern border of Senegal in October–December 2003 and 2004, echograms illustrating typical monospecific school patterns were collected using the Echoview programme. Acoustic parameters and descriptors of each school were used to describe typical patterns. Statistical analysis was then carried out to define possible characterizations of the targeted species by those parameters.

Keywords: target identification, acoustics, Northwest Africa, echograms, target species

RÉSUMÉ

L'évaluation acoustique des petits pélagiques est liée, entre autres, à l'identification fiable des espèces ciblées. Généralement, ce processus requiert l'opération des pêches de contrôle pour identifier les cibles acoustiques qui apparaissent durant la prospection. Le but de ce travail est d'aider les chercheurs à travers une collection d'échogrammes typiques, à mieux identifier les petits pélagiques ciblés dans la région nord-ouest africaine, notamment: *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, *Sardinella maderensis*, *Trachurus trecae*, *Trachurus trachurus*, *Scomber japonicus*, *Engraulis encrasicolus* et *Decapterus rhonchus*. Durant les campagnes de prospection acoustique à bord du N/R *Dr. Fridtjof Nansen* en octobre-décembre 2003 et 2004 entre Cap Cantin au Maroc et la frontière sud du Sénégal, les échogrammes illustrant les bancs monospécifiques typiques sont collectés au moyen du programme Echoview. Des paramètres descriptifs sont aussi relevés pour chaque banc collecté. Des analyses statistiques sont ainsi effectuées pour mettre en évidence d'éventuelles caractérisations des espèces ciblées par ces paramètres

Mots clés: identification acoustique, acoustiques, Afrique du nord-ouest, échogrammes, espèces cibles

1. INTRODUCTION

The Northwest African shelf is qualified to be among the world four major western upwelling ecosystems (Smith, 1984). It is one of the richest areas in pelagic resources in the world with more than 10 million tonnes of clupeids and carangids assessed in 2002 during the annual R/V *Dr. Fridtjof Nansen* pelagic survey in the region (Strømme, 2002; Toresen, 2002).

Acoustic surveys are the main method for assessing these stocks. Such surveys have been undertaken since 1975 in the region by foreign and local research vessels. The main targeted species are: *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, *S. maderensis*, *Trachurus trecae*, *T. trachurus*, *Decapterus rhonchus*, *Engraulis encrasicolus* and *Scomber japonicus*.

Small pelagic stocks are usually shared between the countries of Northwest Africa, Senegal, Gambia, Mauritania and Morocco. Standardization of research methods becomes therefore a need for all the researchers of the region. Following this objective, these countries have been collaborating since 2001 with FAO and the Nansen Programme to harmonize the survey methods and among other things, the identification of acoustic targets; a point of vital importance in acoustic surveys. In this context, typical echograms were collected and presented in the 'Technical paper of acoustic target identification on the Northwest African shelf'. Here we present at first a synthesis of those results in a description of typical echograms relating to each targeted species. In addition, we carry out a factorial analysis to study possible correlations between species and the properties of fish schools, defined as multiple fish aggregations (Kieser *et al.*, 1993).

2. MATERIAL AND METHODS

During the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* acoustic surveys off Northwest Africa in October–December 2003 and 2004 (Toresen, 2002; Krakstad, 2003; 2004; Strømme, 2003; 2004), about 90 echograms illustrating typical school patterns were collected with related

mathematical factors, along 6 800 miles covered by the vessel (Figure 1).

The selected echograms are collected during day and night and represent schools targeted for trawling to have information on fish composition. Only echograms presenting single species catch by trawling were selected. An echogram is defined to be from a single species when the species represents more than 70 percent of the total catch in the associated trawl, assuming that the total catch is sufficient (i.e. more than 300 kg). Applying these criteria we note that no typical echograms were obtained for *Decapterus rhonchus*.

Data were logged using the 38KHz Simrad echosounder EK60 calibrated by the standard sphere method (Foote *et al.*, 1987), and post-processed using the Bergen Echo Integrator (BEI) (Knudsen, 1990). Related mathematical school descriptors were extracted using the Echoview post-processing software.

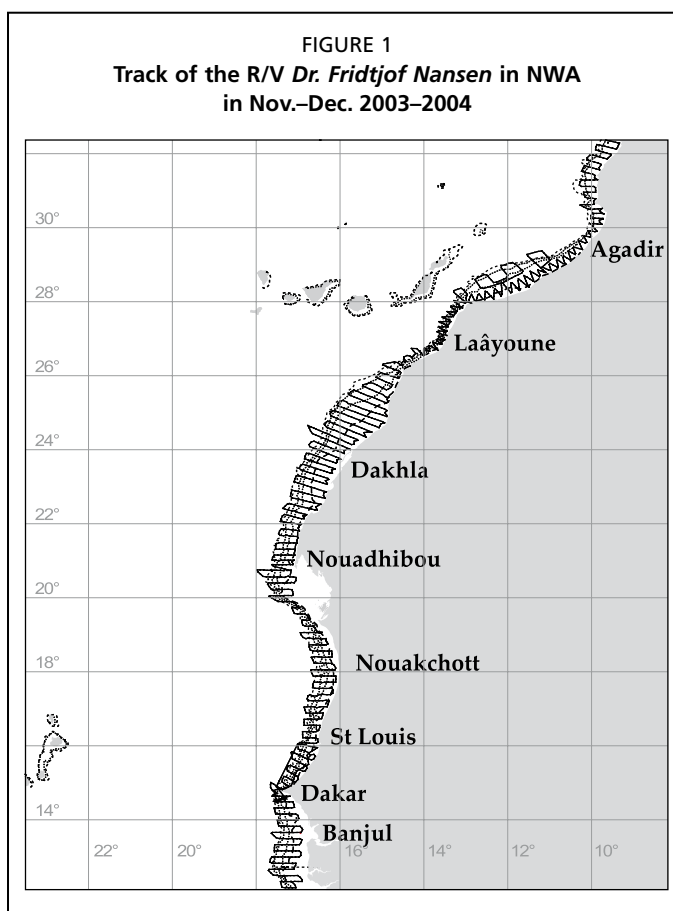
The mathematical descriptors extracted from boxed schools in the echograms and used to perform the factorial analysis are listed in the Table 1 below. They are either of acoustic nature, such as mean Sv (Mean energy (in dB) of all the points in the school), NASC value (Area backscattering coefficient (in m^2/nm^2)) (MacIennan, 2002), skewness and kurtosis of acoustic energy, or of morphometric nature such as length area (mean length of cell region (in m)). Other bathymetric parameters such as the school depth or its distance to the surface are not used in the analysis. The complete definitions of the descriptors are detailed in (Diner, 1998) and (Zar, 1984).

In addition, different quantitative and qualitative dimensions (descriptors, echogram numbers, species and day-night factor) should be integrated in data. To deal with this complexity, we proceed by a codification on the variables and observations, as follows:

1. Echogram code: figure number
2. Parameters code

TABLE 1
List of acoustic and morphometric descriptors collected from the individual echograms

The mean Sv (in dB)	Svmean
The area backscattering coefficient (in $\text{m}^2/\text{nm}^2(1/1000)$)	Nasc
The density number	dn
The area length (nm)	arlength
The skewness of acoustic energy	skew
The kurtosis of acoustic energy	kur
The image compactness	imcompness



3. Species groups' code

TABLE 2

<i>Sardina pilchardus</i>	P
<i>Sardinellas</i>	S
<i>Trachurus</i>	Tr
<i>Scomber japonicus</i>	Sc
<i>Engraulis encrasicolus</i>	-

4. Day-night factor

TABLE 3

Day	d
Night	n

As example, the observation, n27p will present the echogram number 27, collected in night time and presenting a sardine school.

Finally, we conduct a principal components analysis (PCA) (Anderson, 1958; Lebart, 1995) to reveal possible correlations on the new observations and variables.

3. RESULTS

3.1 Descriptive results of typical schools

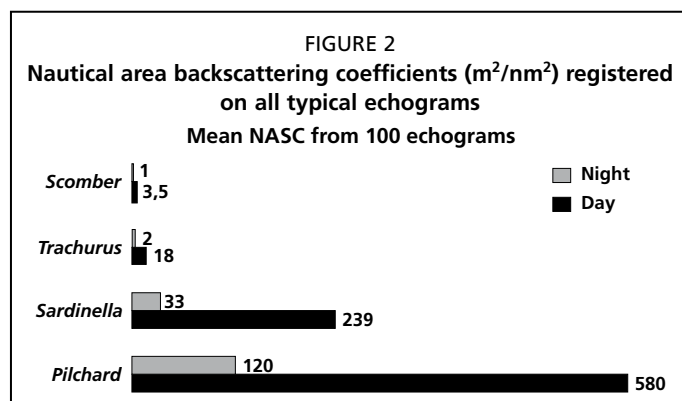
Examples of typical schools of targeted species are presented in Figures 3, 4, 5 and 7 below. The presented echograms are collected during night and day from different areas of the subregion. A main remark is the spatial and temporal variability in the echograms. In fact, the schooling behaviour varies in space and time with concomitant variation in school morphology, acoustic structure and position (Fréon, 1999).

The spatial variability is mainly due to the difference in the presence of plankton from Morocco in the north to Senegal in the south. In fact, in Senegalese waters and south of Mauritania, plankton is very dense and is mixed with scattered fishes in the upper layers during night time. Plankton becomes less and less dense while moving northwards. In Morocco, the echograms are clear and fish schools are more distinctive, especially during daytime where fishes have tendency to regroup, giving high S_A values with shifts on the colour scale.

This variability is more or less outstanding for the species groups according to their target strength and day and night behaviour.

Sardine

Sardine (*Sardina pilchardus*) is known by its acoustic backscattering qualities. The



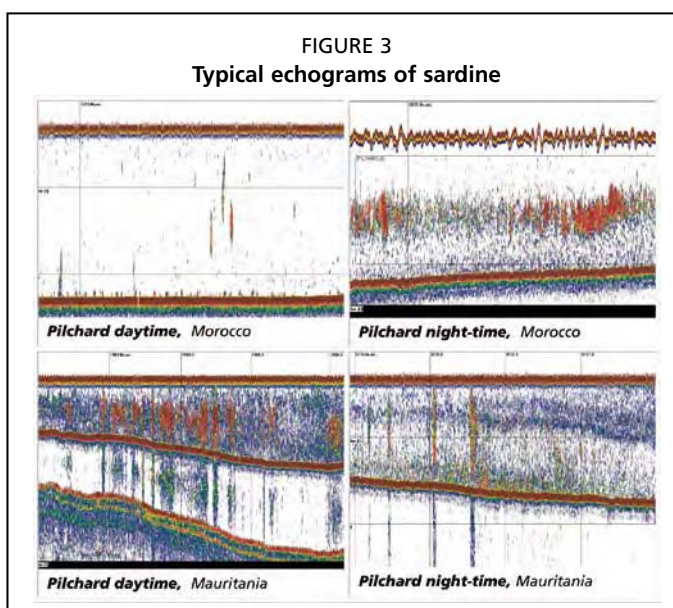
nautical area backscattering coefficient of sardine is extremely high compared to other target species in the region, as presented in Figure 2.

Sardine remains relatively more detectable in night time with a same vertically distribution in night and day time (Figure 3). In fact, (Coetzee, 2000) noted that the spatial and temporal variability of morphometric and energetic characteristics of sardine schools are relatively stable giving

possibilities to identify acoustically the species.

In Morocco, sardine vertical structures may be very close to one another and spread on long distances, giving distinct macro structures (Petitgas, 1996).

FIGURE 3
Typical echograms of sardine

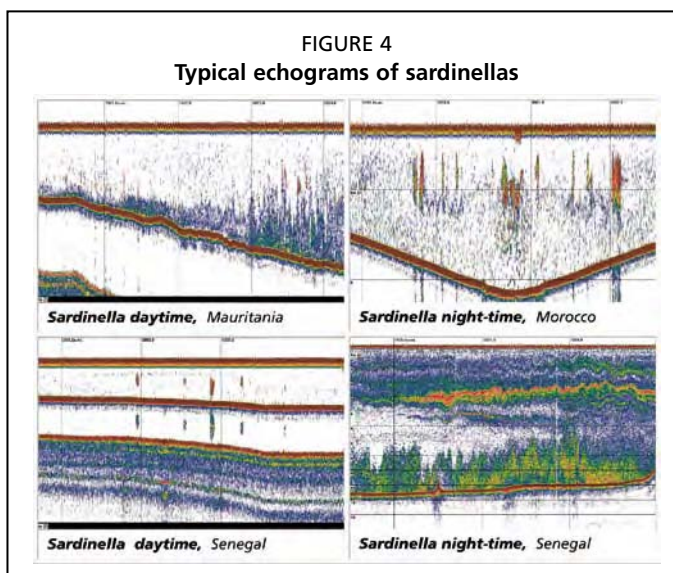


Sardinellas

Typical schools of *Sardinella aurita* and *Sardinella maderensis* give often a distinctive red colour in the echograms (Figure 4), due to its high S_A and S_V values.

By daytime, typical schools of sardinella form separate aggregations roundly shaped and located in shallow waters. In night time, this structure remains more or less stable in Moroccan waters and North Mauritania. In Senegal and South Mauritania, the schools are located in night time on upper layers and scattered horizontally over long distance in waviness patterns with higher and lower concentration areas.

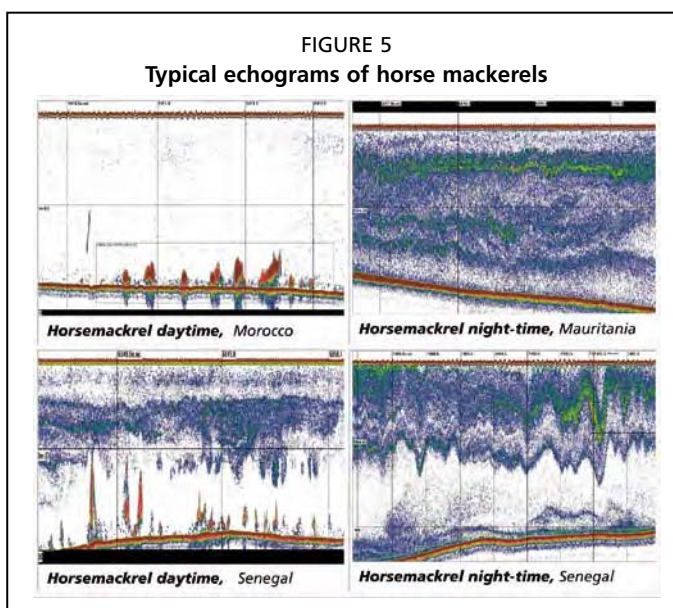
FIGURE 4
Typical echograms of sardinellas

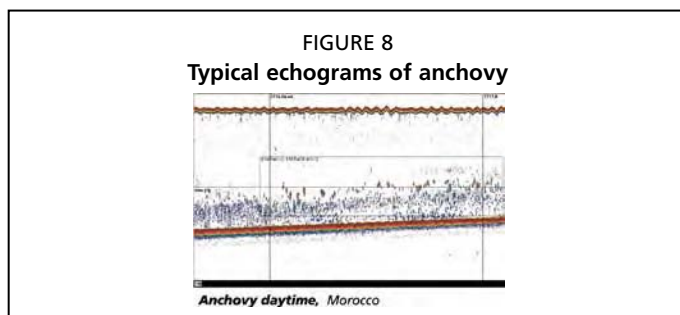
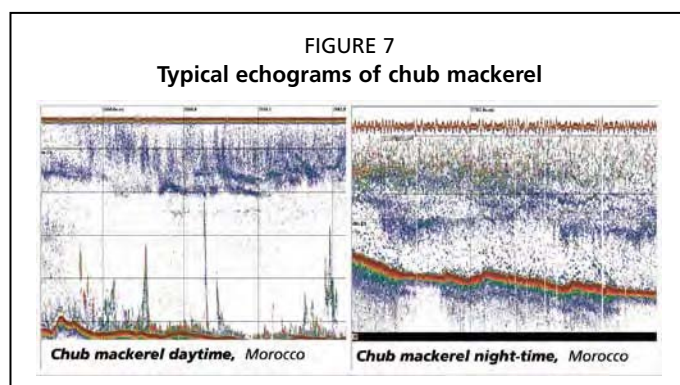
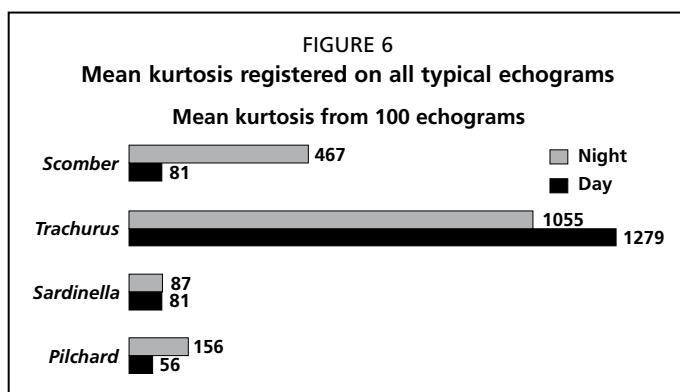


Horse mackerel

In the daytime, typical schools of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) are distributed in separate vertical aggregations close to the bottom with relatively dense inverted V-shaped pattern, in deep water (Figure 5). These aggregations are usually distinctive in the echograms because of less plankton in deep layers. Detections are generally dense and may turn to red with relatively high S_A values. In night time, the schools move to the upper layers and appear as continuous waves mixed with plankton near the surface. They are very often following the thermocline with multiple superimposed layers.

FIGURE 5
Typical echograms of horse mackerels





Horse mackerel schools are characterized by heterogeneity in density which is manifested by a high positive kurtosis in daytime (Figure 6).

Chub mackerel

An important characterization of chub mackerel (*Scomber japonicus*) is its very low value S_A and S_V (Figure 2).

In the daytime, chub mackerel schools form patterns in vertical filaments often slightly inclined, because of the synchronization of fast speed of the fish, acoustic pulse length and vessel speed. Those patterns are more visible in the northern part, in Moroccan waters (Figure 7).

In the night time, chub mackerel is scattered and mixed with plankton on the upper layers, which makes it more difficult to detect. High fluctuation of density inside the school gives a kaleidoscopic aspect to the echograms with a mosaic of colours.

Anchovy

The schools of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) appear in shallow waters as small spots or vertical straight marks superimposed between dense marks with red colour and less dense marks. The patterns are more scattered in the night time than in the daytime (Figure 8).

3.2 Mathematical descriptors

Statistical studies carried out on acoustic and morphometric descriptors related to small pelagic schools in other areas, such as Angola (Lawson, 2001) and South Africa (Velho, 2006), demonstrated the possibility of identifying species by these descriptors.

In this work, we conduct a Principal Component Analysis (PCA) to examine possible significant correlation between the extracted parameters and species, based on the codified observations as explained before.

The Eigen values of the correlation matrix of parameters, or the variances on the factorial axis, give a reasonable quantity of 89.31 percent explained by the principal plan (Axis1 (71,63 percent), Axis2 (17,68 percent)), we limit then the interpretation on this plan. In addition, the squares cosines illustrate the quality of presentation of the variables and enable to retain the points best presented on the axis.

Projection of parameters in the factorial plan is presented in Figure 9.

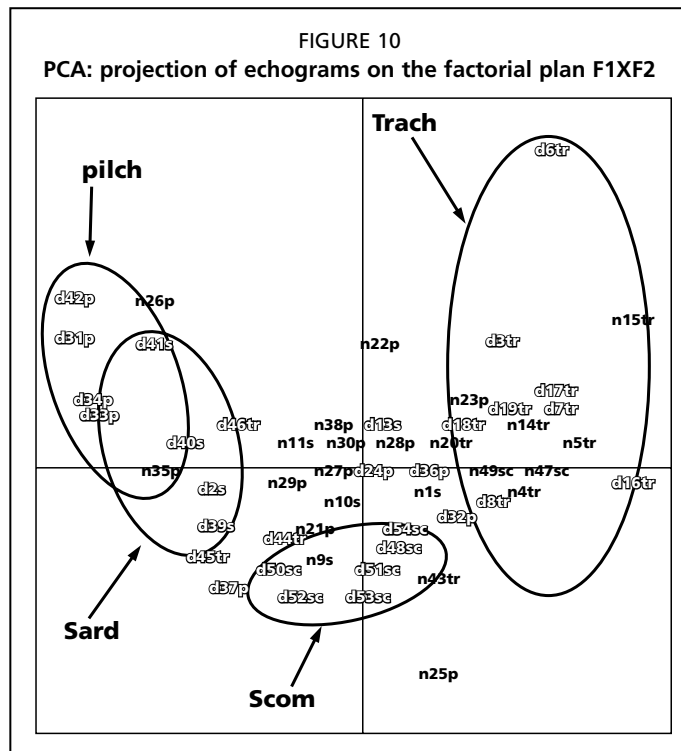
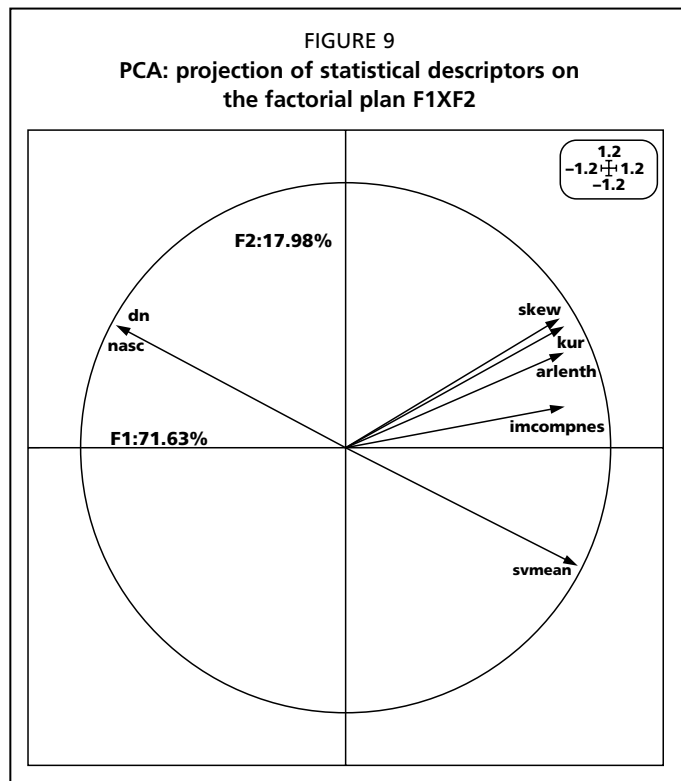
A first result is that all the parameters are well presented in the projection. The kurtosis, skewness, compactness and length of the schools are well correlated and form one group which is less correlated to the mean S_V . This group is strongly opposed along the first factorial axis to the S_A value and the density, which are obviously strongly correlated.

Projection of the codified echograms in the principal factorial plan is illustrated in Figure 10.

A first conclusion is that, in general, the observations done during daytime (in white) are better represented than those of night time (in black). This result can be explained by the fact that the schools have more homogeneous structures in the daytime than in the night time.

Four species groups are identified in the projection:

1. A group of sardine (Pilch) detected particularly in the daytime, which is strongly correlated with the S_A value and the density. This fact is known considering the acoustic backscattering qualities of the species and particularly in the daytime.
2. A group of sardinellas (Sard) observed mostly in daytime witch is correlated to the S_A value but on a level less important than sardine. This group is also anti correlated to the other parameters.
3. A group of chub mackerel (Scom) not well presented, especially along the first axis which is most important for the analysis.
4. A separate group of horse mackerel (Trach) in the right hand. Horse mackerel detected in both nights and days is very well correlated with the parameters other than S_A value and density. This conclusion is very important in the sense that horse mackerel schools could be characterized by these parameters, specially the kurtosis and skewness which, statistically saying, are a precise quantitative variables and easy to extract from the schools.



4. DISCUSSION

This work is giving a basis for researchers to recognize acoustic fish targets in the Northwest African region and a set of echograms related to the targeted species is presented and discussed.

Typical echograms are defined from this collection for all target species groups, except for *Decapterus rhonchus*. A descriptive overview of typical echograms shows distinctive structures for each species group, depending on its acoustic properties, such as the target strength, on its swimming speed and its day and night behaviour.

The typical echograms shown give a general basis from which a large number of echograms met in the region can be identified more or less in similar way. A spatial and temporal variability is nevertheless noted within each species; schools are better distinguished in daytimes than in night times when the fish is more scattered in upper layers (Barange, 1997). In addition, schools are more homogeneous in Northern Moroccan waters than south in Senegalese waters, where fish is sometimes more difficult to distinguish from the plankton.

Factorial analysis carried out on the mathematical descriptors extracted from the echograms demonstrates that the schools are mostly more structured in daytime with respect to the descriptors. Important correlations are also revealed between the descriptors and species. Sardine is well characterized by the S_A value and density, as well as sardinellas with a less important level. In addition, horse mackerel reveals strong correlations with the other parameters during day and night times, in particular with kurtosis and skewness. This result is of a great importance considering that these parameters could constitute another mean to identify this species group. Finally, chub mackerel did not revealed significant relationships with the parameters. Indeed, the species shows very variable schooling patterns and remain more difficult to detect.

These practical results mathematical as well as descriptive give certainly an outfit for studies on small pelagic schools in the region. To reach the main objective of allocating with a high margin of confidence the schools to the species, studies should be continued in the same way to supply enough echograms and create finally a comprehensive database for the subregion for all targeted species, including species missing in the present collection. Recognizing fish targets requires also a long experience in echograms analysis and a good knowledge of fish behaviour. Moreover, seasonal and annual variability of the schools (Massé and Retière, 1995; Fréon and Misund, 1999) is also to test through a collection of data on several acoustic surveys.

An important limitation to the use of this set may be the high biodiversity in the region: Often targeted species are mixed with other secondary species, or with high amount of plankton and mesopelagic fish. As it is often the case in Senegalese waters, use of the set is limited and trawling may be the best reliable method for allocation of species. Multi-frequency methods recently developed (Korneliussen and Ona, 2002) remain also a promising tool for a better identification of small pelagic fish in the region.

5. REFERENCES

- Anderson, T.W. 1958. *An introduction to multivariate statistical analysis*. Wiley and Son, New York. 373 pp.
- Barange, M. & Hampton, I. 1997. Spatial structure of co-occurring anchovy and sardine populations from acoustic data: implications for survey design. *Fisheries Oceanography*, 6: 94–108.
- Coetzee, J. 2000. Use of a shoal analysis and patch estimation system (SHAPES) to characterise sardine schools. *Aquatic Living Resources*, 13: 1–10.
- Diner, N. 1998. *Correction on school geometry and density: approach based on acoustic image simulation*. ICES CM1998/B: 1, 51 pp.
- Foote, K.G., Knudsen, H.P., Vestnes, G., MacLennan, D.N. & Simmonds, E.J. 1987. *Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide*. ICES Cooperative Research Report, 144. 57 pp.
- Fréon, P. & Misund, O.A. 1999. *Dynamics of Pelagic Fish Distribution and Behaviour: Effects on Fisheries and Stock Assessment*. Fishing News Books, London. 348 pp.

- Kieser, R., Mulligan, T.J., Richards, L.J. & Leaman, B.M. 1993. Bias correction of rockfish school cross-section widths from digitized echo sounder data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50: 1801–1811.
- Knudsen, H.P. 1990. The Bergen Echo Integrator: an introduction. *Journal du Conseil international pour l'exploration de la mer*, 47: 167–174.
- Krakstad, J.O., Sarre, A., Charouki, N. & Olsen, M. 2003. *Survey of the pelagic fish resources off North West Africa. Part II, Mauritania. 11–20 November 2003.* Cruise Reports Dr. Fridtjof Nansen NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Krakstad J.O., Sylla, S., Mbye, E.M. & Olsen, M. 2004. *Survey Of The Pelagic Fish Resources Off North West Africa. Part I, Senegal - The Gambia. 25 October–3 November 2004.* Cruise reports, 'Dr. Fridtjof Nansen'. NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR. 20 pp.
- Krakstad J.O., Sidina O., Olsen, M. & Wagué, A. 2004. *Survey of the pelagic fish resources off North West Africa. Part II, Mauritania. 3–13 November 2004.* Cruise Reports Dr Fridtjof Nansen NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Lawson, G.L., Barange, M. & Fréon, P. 2001. Species identification of pelagic fish schools on the South African continental shelf using acoustic descriptors and ancillary information. *ICES Journal of Marine Science*, 58: 275–287.
- Lebart, L., Morineau, A. & Piron, M. 1995. *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Dunot, Paris. 439 pp.
- MacLennan, D.N., Fernandes, P.G. & Dalen, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science* 59: 365–369.
- Massé, J. & Retière, N. 1995. Effect of number of transects and identification hauls on acoustic biomass estimates under mixed species conditions. *Aquatic Living Resources*, 8: 195–199.
- Petitgas, P. & Levenez, J.J. 1996. Spatial organization of pelagic fish: echogram structure, spatio-temporal condition, and biomass in Senegalese waters. *ICES Journal of Marine Science*, 53:147–53.
- Smith, S.L. 1984. Biological indications of active upwelling in the northwestern Indian ocean in 1964 an 1979 and a comparison with Peru and Northwest Africa. *In Marine science of the NW Indian Ocean and adjacent waters*. Deep-Sea Research 31, 951–967.
- Strømme, T., Moustahfid, H., Ostrowski, M. & Oddgeir, A. 2002. *Survey of the Pelagic fish resources off North West Africa. Part III Morocco, 19 November–19 December 2002.* Cruise reports, Dr. Fridtjof Nansen. NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Strømme, T., Chbani, M., Ostrowski, M. & Oddgeir, A. 2003. *Survey of the Pelagic fish resources off North West Africa. Part III Morocco, 19 November–19 December 2003.* Cruise reports, Dr. Fridtjof Nansen. NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Strømme, T., El Habouz, H., Ostrowski, M. & Oddgeir, A. 2004. *Survey of the Pelagic fish resources off North West Africa. Part III Morocco, 14 November–13 December 2004.* Cruise reports, Dr. Fridtjof Nansen. NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Toresen, R., Sarre, A. & Olsen, M. 2002. *Survey of the pelagic fish resources off North West Africa. Part I, Senegal-The Gambia. 29 October–7 November 2002.* Cruise Reports Dr. Fridtjof Nansen NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Toresen, R., El Mustapha, A.O. & Olsen, M. 2002. *Survey of the pelagic fish resources off North West Africa. Part II, Mauritania. 9–18 November 2002.* Cruise Reports Dr Fridtjof Nansen NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.

- Velho, F.V., Axelsen, B, Barros, P & Bauleth-D´Almeida, G. 2006. Identification of acoustic targets off Angola using General Discriminant Analysis. *African Journal of Marine Science*, 28(3&4): 525–533.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall International, London. 718 pp.

Acoustic target strength of chub mackerel (*Scomber japonicus*) measured *in situ* using split beam acoustics

Pouvoir de réflexion acoustique du maquereau (*Scomber japonicus*) mesuré *in situ* par un double faisceau acoustique
(English only/En anglais seulement)

Najib Charouki¹ and Ingvald K. Svellingen^{2*}

¹ Institut national de recherche halieutique (INRH), Casablanca, Morocco
<charouki@inrh.org.ma>

² Institute of Marine Research (IMR), P.O.Box 1870 Nordnes, 5024 Bergen, Norway
<ingvald.svellingen@imr.no>

Charouki, N. and Svellingen, I.K. 2011. Acoustic target strength of chub mackerel (*Scomber japonicus*) measured *in situ* using split beam acoustics. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

Acoustic abundance estimates of the stock size of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in Moroccan waters have shown a continuous increase over the last ten years. Knowledge of the backscatter properties or accurate target strength of the fish is needed for converting the integrated echo energy to biomass. The chub mackerel has a gas-filled swim-bladder. Despite of this, the backscatter strength of this fish is by experience known to be weak compared to other swimbladdered schooling pelagic species like sardine and horse mackerel. This difference is actually used to separate schools of chub mackerel from other schooling pelagic fish during the echogram scrutinizing processes. This paper reports *in situ* target strength measurements of chub mackerel carried out onboard the R/V *Al Amir Moulay Abdallah* during a cruise off Morocco. The vessel is equipped with two split-beam echo sounders of respectively 38 and 120 kHz and the measurements were conducted after a trawl sample taken at the same place and depth showing that 99.6 percent of the catch consisted of chub mackerel. The estimated mean target strength for chub mackerel appears significantly lower than the one currently applied for abundance estimation in the region, but not significantly different from reported target strength values of chub mackerel measured *in situ* in other areas.

Keywords: target strength, *Scomber japonicus*, echo sounder, Morocco

RÉSUMÉ

Le stock du maquereau (*Scomber japonicus*) dans les eaux marocaines a montré une croissance continue au cours des dix dernières années. La connaissance des propriétés acoustiques du poisson, ou plus précisément son pouvoir de réflexion (TS), est nécessaire pour convertir les données d'énergie acoustique de l'intégrateur en biomasse. Le maquereau a une vessie natatoire pleine d'air, pourtant, l'expérience montre que cette espèce a une réflexion acoustique faible comparée à d'autres petits pélagiques tels que la sardine ou le chinchard. Cette différence est d'ailleurs souvent utilisée pour séparer les bancs du maquereau des autres espèces pélagiques pendant le processus de dépouillement des données acoustiques. Ce travail rapporte de récentes mesures *in situ* effectuées à bord du N/R *Al Amir Moulay Abdallah*, équipé de deux échosondeurs à double faisceau, avec les capteurs des fréquences respectives 38 et 120 kHz. Les mesures ont été effectuées suite à un coup de chalut opéré dans le même lieu et à la même profondeur des mesures et dont la capture était à 99,64 pour cent du maquereau (*Scomber japonicus*). Le pouvoir de réflexion moyenne enregistré pour le maquereau (*Scomber japonicus*) est significativement inférieur à celui actuellement appliqué dans la région, mais pas très différent de celui rapporté pour le maquereau (*Scomber japonicus*) dans d'autres régions.

Mots clés: pouvoir de réflexion, *Scomber japonicus*, échosondeur, Maroc

1. INTRODUCTION

Several pelagic fish stocks, of different species, are present in the upwelling system along the West African shelf. This system has made this area one of the most productive marine ecosystems in the world (Summerhayes *et al.*, 1995). Information on stock status and assessment of these pelagic resources are based on time series of abundance estimation from acoustic surveys in addition to catch information from fishing vessels. Knowledge of the acoustic backscattering properties, or target strength, of the target species is essential both for their identification and classification as well as the acoustic assessment of fish abundance (Midtun, 1984; Foote, 1987). Direct or *in situ* measurements have an obvious advantage compared to the experiments carried out in laboratory because the behavioral effect, depth dependency and any eventual seasonal variations of target strength are incorporated in the measurements (Ona, 1990; 2001). With the modern split-beam echo sounder systems in use on research vessels today, there is no technical limitation for a continuously monitoring of target strength during acoustic surveys. However, there are certain requirements; firstly, the fish must be sufficiently dispersed to avoid multiple targets. Secondly, there should be only one species in the measurement volume and the length frequency distribution should preferably be as narrow as possible. The latter requirement is needed to avoid introducing size dependent catch efficiency into the target strength estimate. In many areas and in tropical waters in particular, it may be difficult to fulfill these requirements. The main problems are met at night when dense plankton recordings may confound the recordings of fish which normally disperse at that time of the day, and monospecies recordings in one layer are rarely found (MacLennan and Simmonds, 1992; Svellingen and Ona, 1999).

There are indications of a more or less continuous increase of chub mackerel in Moroccan waters over the last ten years. According to the results from acoustic

surveys in Moroccan waters, there has been an increase in the estimated biomass of chub mackerel from nearly zero in 1998 to more than 400 000 tonnes in 2006 (Cruise reports N/R *Dr. Fridtjof Nansen*, 1995 to 2006). The reason for this increase has not been investigated and is, to our knowledge, not known.

The biomass of the pelagic fish stocks off North Africa has been annually monitored acoustically for more than 20 years. For conversion of allocated echo integrator data to biomass, the following *TS*-to-length relationship was used:

$$TS = 20\text{Log}L \quad 72 \text{ dB} \quad (1)$$

where *L* is the total fish length in centimeters. This relationship, originally derived for clupeoids (Foote, 1987), has also been used for chub mackerel and other species with swim bladder, where no target strength data have been available.

However, in several reports from Nansen surveys on pelagic fish resources in Moroccan waters, it has been noted that the chub mackerel abundance is probably underestimated because the applied *TS* is believed to be too high (Strømme *et al.*, 2004).

During a survey with the Moroccan R/V *Al Amir Moulay Abdallah* from 20 November to 4 December 2007, several attempts to gather target strength data from the pelagic species was done but most of the sampled data were excluded from further analyses mainly due to a mixture of several species in the trawl samples. The only accepted data set from this two weeks cruise is the collection of target strength of chub mackerel where the trawl sample obtained prior to the measurement, gave a catch of 99.6 percent of chub mackerel.

2. MATERIAL AND METHODS

The vessel is equipped with two SIMRAD EK60 echo sounders including two hull mounted split-beam transducers, ES38B and ES120-7 respectively, both with a nominal half power beam width of 7°. A standard, full calibration of the transducer sensitivity and beam pattern was carried out for both frequencies prior to the survey, by applying the method described by Foote (1987) (Foote *et al.*, 1987).

The reported target strength data of chub mackerel were collected on the 30 November in waters with an average depth of about 60 meters at the position 25° 17,5'N and 014° 58'E. The fish, recorded in daytime, was partly resolved shoals at a depth ranging from 10 to 30 meters. An example of echogram from the 38 kHz echo sounder is shown in Figure 1. During the target strength measurements, the vessel speed was lowered to 3–5 knots and the echo sounder ping rate increased to near maximum. Fine tuning of the ping rate, or Pulse Repetition Frequency (PRF) was made in order to avoid the second bottom echo to appear in the measurement interval. Both echo sounders were calibrated prior to the survey with 1 ms pulse length which is a standard setting for acoustic surveys.

The same pulse length was used during our target strength measurement.

The fish were only partly dispersed for high quality *TS* measurement (Ona, 1999). Hence, the number of accepted traces for estimation of the mean target strength was quite limited. These, particularly resolved recordings were manually selected on the screen of the post processing system LSSS, (Korneliussen *et al.*, 2006), by drawing layer lines to exclude the dense part of the recordings and subsequently output the *TS* data from the selected layer. The post processing system restores the echogram of a selected number of pings on the computer screen and the operator can visually inspect the echoes in detail and include or exclude parts of the echogram. All accepted targets from the selected layer were used in estimation of the mean target strength. For each data point the back scattering cross section, sigma, was calculated and the average value of sigma represents the mean value of the target strength frequency distribution in the logarithmic domain.

It is possible to ensure that the target strength data are negligibly affected by multiple targets by sampling only when density is below some limit. According to the ICES Cooperative Research Report No. 235 (Ona, 1999), the possibility of multiple targets can be found by calculating the number of echoes in the sampled volume.

$$N = \frac{S_A(ct/2)r^2\Omega_D}{4\pi 10^{TS/10}\Delta z(1852)^2} \quad (2)$$

Where N is the number of fish in the pulse volume, S_A is the backscatter coefficient over the depth range Δz , and Ω_D the angle in steradians.

To test the possibilities of multiple targets from the selected layer, the formula above was used on our data.

There are several factors that affect the reflection properties of a target and the fish behaviour may have a large impact on the target strength (Foote, 1978). In order to get an idea of this effect on our data, the single target tracking system was used on the data material from the selected layer (Handegard *et al.*, 2005). It is assumed that the differences in measured depth within one trace represent the vertical swimming angle of the target and hence the fish tilt angle.

3. RESULTS

The main result from the target strength measurement is summarized in Table 1. Assuming a length-dependant relation of $20\log L$, the constant term b_{20} is indicated in the table which shows that the target strength of chub mackerel in this measurement is considerably lower than the currently applied equation for pelagic fish with swim bladder.

TABLE 1

Summary of target strength measurement on *Scomber japonicus*. Percent of target species in total catch

Date	Hour	Depth (m)	Freq (kHz)	N	Mean L (cm)	SD(L)	Catch (kg)	%	Mean TS (dB)	b_{20}
30.11.07	15-16	10-30	38	465	21.8	1.4	27.9	99.6	-50.9	-77.6
30.11.07	15-16	10-30	120	287	21.8	1.4	27.9	99.6	-53.1	-79.8

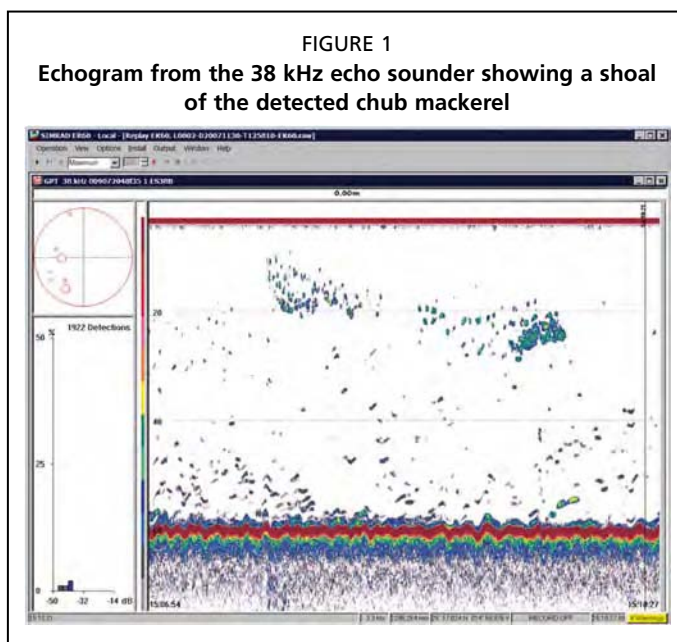
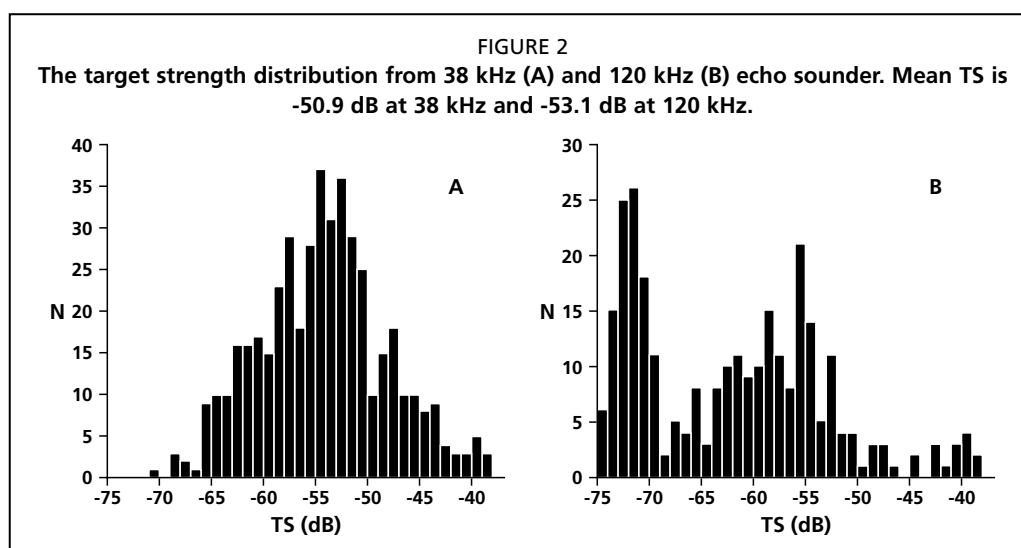


Figure 1 shows an example of echogram from the 38 kHz echo sounder where a shoal of chub mackerel is seen in the depth range of 10 to 30 meters.

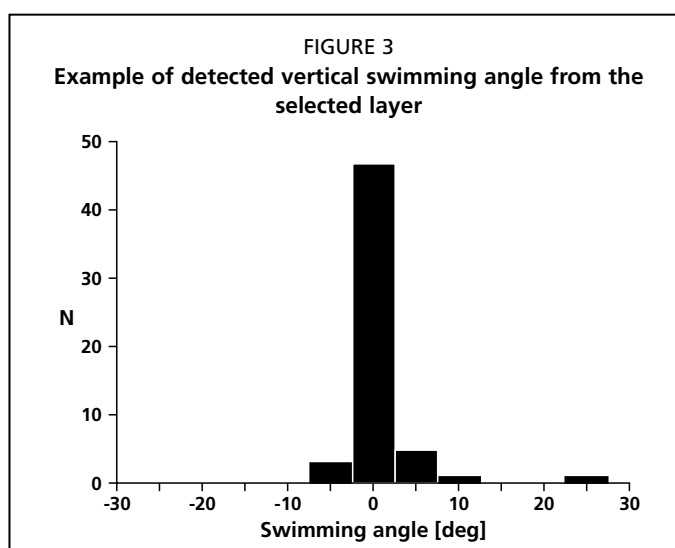
The recorded target strength distribution from the 38 and 120 kHz echo sounders is shown in Figure 2. The 38 kHz data showed a unimodal distribution while the distribution captured with the 120 kHz had three peaks. This may reflect a difference in the fish reflected directivity pattern and hence tilt angle dependency at the two frequencies. For commonly used frequencies for acoustic abundance estimation, 30–120 kHz, fish with swim bladder is a quite directive target (Nakken and Olsen, 1977). A small change in pitch angle relative to the



transducer face may drastically change the target strength at these frequencies. However, the peak at the lower end (-72 dB) is more likely from the weak plankton recordings at 120 kHz.

Figure 3 shows an example of estimated vertical swimming angle distribution of fish from tracking on the 38 kHz data (Handegard *et al.*, 2005), which shows that more than 90 percent of the fishes have an angle of less than $\pm 2.5^\circ$ relative to the transducer face. This angle is calculated from the change in depth between the transducer face and a target from ping to ping within one trace.

The estimated signal-to-noise ratio for the 38 and 120 kHz echo sounders are 41.1 dB and 24.9 dB respectively. This ratio must be considered good and should not bias the data.



Discussion

Foote (1995) found that presence of multiple targets at similar range can change the character of a target strength distribution as determined with a split-beam system and broadening the distribution (Foote, 1995). However, a considerable variation in target strength between individual fish is normal, even those of the same size and species. The echo depends on the shape of the swim bladder which can be very different between fish which are similar in external appearance (MacLennan and Simmonds, 1992). Whether our data are biased from multiple target acceptances is hard to predict, but the calculated mean density in the pulse volume is rather low.

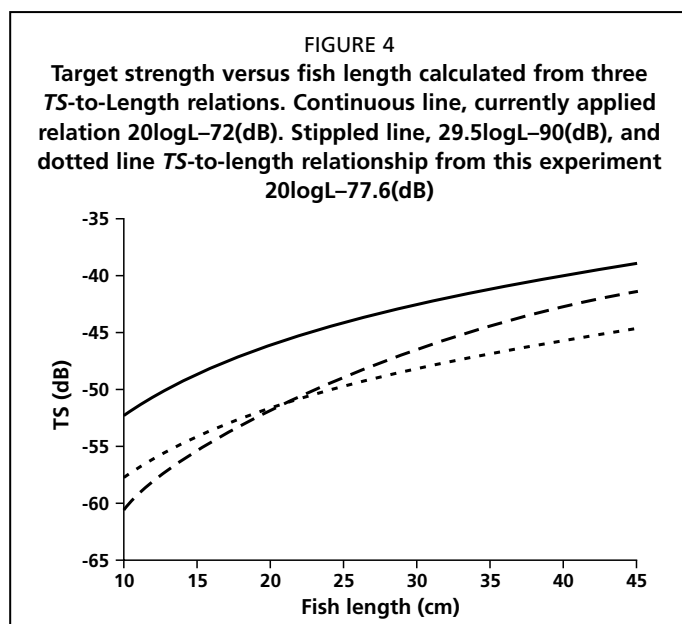
The collected target strength data from the selected layer used in this work are sampled from areas where the integrated energy, S_A had a value of 60–80 m^2/nm^2 , whereas the S_A in the more dense areas reached values of more than 800 m^2/nm^2 . The calculated numbers of fish in the detection volume for an S_A value of 64 m^2/nm^2 correspond to a mean density $N = 0.034$. According to the table in the ICES Cooperative Research Report No. 235 (Ona, 1999), a mean density $N = 0.034$ gives a probability of multiple targets of less than 2 percent assuming a random distribution of fish within the pulse volume. For the more dense area, giving an S_A value of 885 m^2/nm^2 , the probability of

multiple target is approximately 25 percent according to the table. These areas were excluded from further analyses.

According to literature, the swimming speed of chub mackerel in sustained mode is 0.9 m/s or 2.7 times the body length a second, while in burst mode one may reach the speed of 2.55 m/s or 8.35 times body length (Collette and Nauen, 1983 – FishBase). This speed is nearly the same as the swimming speed specified for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) and hence, chub mackerel must be characterized as a fast swimming fish. (Collette and Nauen, 1983 – FishBase). We therefore assume that the tilt angle of the fish is a direct derivative and equal to the swimming angle (Ona, 2001). For fishes with normally high swimming speed, like Atlantic mackerel, this is usually confirmed (He and Wardle, 1986). The angular orientation of fish relative to the transducer may strongly affect the acoustic backscattering, but our data shows a nearly horizontal orientation, and hence, there is neither clear indication of any diving reaction to the approaching vessel which may lower the target strength. If there is any vessel avoidance reaction, this must be in the horizontal direction.

There are not many published reports on target strength measured *in situ* on chub mackerel, but Liu, Wu and Chang (2005) have derived a length dependant relation from *in situ* measurements off Taiwan (Liu *et al.*, 2005):

$$TS = 29.5 \times \text{Log} (FL) - 90 \quad (3)$$



where (FL) is the fork length. For comparison, the two length dependant relations are plotted in Figure 4 which shows that they are giving similar result for a fish length of approximately 20 cm. For other lengths there will be a variable difference due to the different slope value used. The currently applied equation for conversion of integrator values to biomass, $20\log L - 72(\text{dB})$, is added in the same figure.

An *ex situ* target strength measurement on chub mackerel carried out in Japan (Mukai *et al.*, 1993), found the TS of chub mackerel to be nearly the same for high and low frequencies but the reported average target strength is more than 10 dB higher than our data.

Since the swim bladder is responsible for 90–95 percent of the total energy reflected from a fish (Foote, 1980), the swim bladder volume of chub mackerel must be low compared to, for example, sardine. The TS-to-length relationship derived from this measurement is 5.6 dB lower than the TS-to-length relationship currently applied on pelagic resources ($b_{20} = -72 \text{ dB}$), but considerably higher than the constant used on Atlantic mackerel. According to FishBase (Collette and Nauen, 1983), the chub mackerel has a well developed swim bladder attached with the esophagus, so the reason for this low target strength is not quite clear and should be further investigated. However, there are several factors that may alter the target strength significantly, and the most important are the fish behaviour, fat content, pressure, stomach content and gonads (Foote, 1978; Ona, 1990). In further work it is important to try to identify the factors that influence target strength when performing measurements *in situ*, or in controlled conditions.

Because of the large impact that fish behaviour may have on TS (Foote 1978, 1987), *in situ* techniques are generally preferable whenever possible (Foote, 1987; MacLennan and Simmonds, 1992).

The target strength estimates for chub mackerel found in this experiment are markedly lower than the target strength currently applied in pelagic surveys in general. If the TS-to-length relationship derived here is used in the abundance estimate of chub mackerel, it will increase the biomass by a factor greater than three. Further studies are required to verify these results.

4. REFERENCES

- Collette, B.B. & Nauen, C.E. 1983. *FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date.* FAO Fisheries Synopsis. 125(2). 137 pp. (also available at <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ac478e/ac478e00.pdf>)
- Cruise reports “Dr. Fridtjof Nansen”. 1995 to 2006. *Surveys of pelagic fish resources North West Africa. Part III, Morocco.* NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR.
- Foote, K.G. 1978. Effect of fish behaviour on echo energy: the need for measurement of orientation distribution. *Journal du Conseil international pour l'exploration de la mer*, 39: 193-201.
- Foote, K.G. 1980. Importance of the swim bladder in acoustic scattering by fish. A comparison of gadoid and mackerel target strengths. *Journal of the Acoustical Society of America*, 67: 2084-2089.
- Foote, K.G. 1987. Fish target strength for use in echo integrator surveys. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82: 981-987.
- Foote, K.G. 1995. Coincidence echo statistics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 99: 266-271.
- Foote, K.G., Knudsen, H.P., Vestnes, G., MacLennan, D.N. & Simmonds, E.J. 1987. *Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide.* ICES Cooperative Research Report No. 144: 69 pp.
- Handegard, N.O., Patel, R. & Hjellevik, V. 2005. Tracking individual fish from a moving platform using split-beam transducer. *Journal of the Acoustical Society of America*, 118: 2210-2223.
- He, P. & Wardle, C.S. 1986. Tilting behaviour of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus*, at low swimming speeds. *Journal of Fish Biology*, 29(Suppl. A):223-232.
- Korneliussen, R.J., Ona, E., Eliassen, I., Heggelund, Y., Patel, R., Godø, O.R., Giertsen, C., Patel, D., Nornes, E., Bekkvik, T., Knudsen, H.P., & Lien, G. 2006. *The Large Scale Survey System – LSSS.* Proceedings of the 29th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics, Ustaoset 29 January–1 February 2006.
- Liu, Jen-Ming, Wu, Chi-Lun & Chang, Yin. 2005. In situ Target Strength versus Fork Length Relationship of *Scomber japonicus* and *Scomber australasicus* in Waters off Northwestern Taiwan. *Journal of Taiwan Fisheries Research*, 13 (2): 1-9.
- MacLennan, D.N. & Simmonds, E.J. 1992. *Fisheries acoustics.* Chapman and Hall, London, 325 pp.
- Midttun, L. 1984. *Fish and other organisms as acoustic targets.* Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil international pour l'exploration de la mer, 184: 25-33.
- Mukai, T., Sano, N., Iida, K. & Sasaki, S. 1993. Studies on Dorsal Aspect Target Strength of Ten Species of Fish Collected in the East China Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59(9): 1515-1525.
- Nakken, O. & Olsen, K. 1977. *Target strength measurements of fish.* Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil international pour l'exploration de la mer, 170: 52-69.

- Ona, E. 1990. Physiological factors causing natural variations in acoustic target strength of fish. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 70: 107-127.
- Ona, E. (Ed) 1999. *Methodology for Target Strength Measurements*. ICES Cooperative Research Report No. 235: 58 pp.
- Ona, E. 2001. *Herring Tilt Angles, Measured through Target Tracking*. Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-01-04.
- Ona, E., Zaho, X., Svellingen, I. & Fosseidengen, J.E. 2001. *Seasonal variation in herring target strength*. Alaska Sea Grant College program. AK.SG-01-04.
- Strømme, T., El Habouz, H., Ostrowski, M. & Alvheim, O. 2004. *Survey of the pelagic fish resources off North West Africa*. Cruise Report Dr. Fridtjof Nansen. Part III 2004, page 36.
- Summerhayes, C.P., Kroon, D., Rosell-Mele, A., Jordan, R.W., Schrader, H.J., Hearn, R., Villanueva, J., Grimalt, J.O. & Eglinton, G. 1995. Variability in the Benguela Current upwelling system over the past 70,000 years. *Progress in Oceanography*, 35: 207-251.
- Svellingen, I. & Ona, E. 1999. *A summary of target strength observations on fishes from the shelf off West Africa*. Proceedings from the 137th Meeting of the Acoustical Society of America and the Second Convention of the European Acoustic Association, Berlin.

A new approach to stock assessment of *Sardinella aurita* in West Africa

Une nouvelle approche vers l'évaluation de *Sardinella aurita* en Afrique de l'ouest
(English only/En anglais seulement)

Ad Corten

IMROP Consultant

De Waterdief 52, 1911 JT Uitgeest, The Netherlands

<adcorten@yahoo.co.uk>

Corten, A. 2011. A new approach to stock assessment of *Sardinella aurita* in West Africa. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

Despite considerable improvements in recent years, the assessment of *Sardinella aurita* in West Africa is still hampered by problems. One of these is the lack of a reliable age determination of fish after the age of two years. The absence of precise information on the age structure of the population prevents the use of age-structured assessment methods such as Virtual Population analysis (VPA). As a substitute, production models are used that require only biomass estimates by acoustic surveys and catches in weight. Production models, however, do not provide information on recruitment variability. Also, their possibilities for stock prediction are limited. Stock assessment of *S. aurita* could probably be improved by using existing information on age composition, even if this is limited. Recent work on the growth of *S. aurita* has shown that length compositions may be split into a recruiting age group and an adult stock component. Using this simple split into two age groups, annual variations in total mortality and recruitment could be assessed.

RÉSUMÉ

Malgré des avances importantes dans les années passées, l'évaluation de *Sardinella aurita* en Afrique de l'ouest connaît toujours des problèmes. L'un d'eux est le manque d'une lecture d'âge fiable des poissons après deux ans. L'absence d'information précise sur la structure d'âge de la population empêche l'utilisation des modèles structurés par âge, comme l'Analyse des populations virtuelles (APV).

Par défaut, on utilise des modèles de production qui demandent seulement des estimations de biomasse par des campagnes acoustiques et le poids des captures. Pourtant, les modèles de production ne fournissent aucune information sur les variations du recrutement. En plus, leurs possibilités de prévision sont limitées. On pourrait probablement améliorer l'évaluation de *S. aurita* en utilisant l'information existante sur la composition de l'âge, bien qu'elle soit limitée. Des travaux récents ont montré la possibilité de ventiler les distributions de taille en recrues et adultes. En utilisant cette partition simple en deux classes d'âge, les variations annuelles de la mortalité totale et du recrutement pourraient être estimées.

1. SHORTCOMINGS OF THE CURRENT ASSESSMENT METHOD

Since 2001, the stock of *Sardinella aurita* in West Africa has been assessed annually by the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa (hereafter called the Working Group). Results have been presented in the annual reports of this working group, such as FAO 2006, 2007 and earlier reports.

The ambition of the Group is to provide management advice in the form of TAC recommendations for the whole West African region. This requires the ability to accurately assess the current state of the stock, and to predict the size of the stock at least one year ahead.

Initially, the Group has tried to apply age-structured population models such as VPA (Virtual Population Analysis). However, these attempts were abandoned because no reliable age compositions of catches could be obtained. This was related to problems in age determination of *Sardinella aurita*. As described in the contribution by Ould Sidina *et al.* to this symposium (p. 502), the growth of *S. aurita* is probably very fast during the first two years of life, then slows down in the third year, and becomes very small during subsequent years. The slow growth of fish after the third year is probably the main cause of the problems in age reading of these older fish.

In the absence of reliable age data, the Working Group has turned to production models as their default option. These models only require an input in terms of weight of the catch and total stock biomass (or an index thereof). The models are based on the standard assumption that the annual increment of the stock is a function of its size. The growth of the stock is small at low stock sizes, high at intermediate stock sizes, and low again at high stock sizes. The shape of the assumed relationship may be either symmetrical or a-symmetrical. Looking at a scatter plot of historical data, one of the existing models is chosen, and the parameters of this model are estimated by a fitting procedure such as the Biodyn algorithm. The Working Group so far has used the Schaefer model (Schaefer 1954, 1957) which assumes a symmetrical parabolic relationship between total stock size and stock increment. The annual growth of the stock is thus assumed to be at its maximum when the stock is at half its maximum size.

The beauty of production models is their simplicity. They only require a series of annual catch data, and a series of stock size estimates (or indices of stock size). One does not have to worry about splitting the catches into age groups because the model ignores age structures. It assumes a homogenous resource, the age structure of which does not change with fishing effort (we know that this is an incorrect assumption even though it is largely accepted).

However, the simplicity of these models is also their weakness. The models assume a steady environment, in which recruitment and growth of the fish population only depend on the size of the stock. Unfortunately, these conditions are rarely found in the real world. In practice, recruitment and growth may vary drastically in relation to environmental change and interrelations with other components of the ecosystem

(e.g. predation). Although production models can be extended with environmental parameters to incorporate some of this variability, they probably cannot simulate the development of a stock with the same accuracy as age-structured models. It is a fact of life that models based on limited data generally produce limited results.

Since production models do not consider the age structure of the population, they cannot provide time series of recruitment. In the absence of such data, it is not possible to study the effect of environmental variability on recruitment. This prevents the development of a better understanding of the causes of recruitment variability. Also, the output of production models constitutes a poor basis for stock projections. The growth of the stock in the next year depends not only on the total stock biomass in the current year, but also on its age structure. If a strong year-class is known to be coming, the projected stock size will be larger than when recruitment is known to be weak.

The current situation in sardinella stock assessment may thus be summarized as follows: VPA is too complex, and production models are too simple. A possible way out of this problem is to develop an intermediate approach that does not require very detailed age data, but that could utilize the limited age data that are presently available.

2. A CRUDE SPLIT OF CATCHES INTO AGE GROUPS

Recent work on the analysis of length frequency distributions of *S. aurita* (Ould Sidina *et al.* 2011, this volume, Ould Taleb Sidi *et al.* 2011, this volume) has shown that we can extract important information on age structure from length data. Although the analysis of length distributions only allows a split into a limited number of age groups, this information could be used in simple age-structured models. Such models, despite of their limitations, could constitute an advance on the production models used so far.

The results of Ould Sidina *et al.* (2011) are in conformity with those of French scientists working in Senegal in the 1970s and 1980s (Boely *et al.*, 1982). The young fish appear to grow extremely fast, reaching a total length of 26 cm already after one year. After two years, the fish have an average length of 33 cm, and thereafter the growth slows down. The following tentative split of length groups into age groups is given by Ould Taleb Sidi *et al.* (2011):

Age in years	Modal length (TL) in cm	Range of length in catch
1	26	10-28
2	33	29-33
3	35	>33

Admittedly, this simple split may not be very accurate, due to variations in growth from one year to another, and from one area to another. However, the split could be refined in future, using more precise length data, and information on the time of capture and the presumed date of birth of the fish. The essential point is that we can probably distinguish between the recruiting year-class and the rest of the population. This provides us with a new possibility to study the development of the population.

In order to utilize the existing information on age structure of catches and population, we should start to work with numbers of fish at age, instead of with total weight of the catch and the stock at sea (or an index thereof). Even if we can only distinguish between adults and recruits, we are already in a better position to assess the state of the stock and predict its development than with production models.

3. AN ASSESSMENT BASED ON NUMBERS INSTEAD OF BIOMASS

Assuming that we can split both the catch and the acoustic stock estimates into a recruiting year-class and an adult component, we could do some simple calculations along the lines proposed below. This exercise is based on the assumption that the fish

recruit to the adult stock (and fishery) in their second year of life, and that we can distinguish the recruiting year-class from the rest of the population, both in the catch and in the acoustic surveys. The first of January is considered as the birthday of the fish, and the following annotation is used for the various parameters:

- N_1 = adult stock (three years and older) in numbers at the start of year 1
- Na_1 = acoustic estimate of adult stock in numbers at the start of year 1
- N_{1+} = adult stock in numbers at the end of year 1
- Na_{1+} = acoustic estimate of adult stock in numbers at the end of year 1
- R_{1+} = number of recruits (2 year-olds) at the end of year 1
- Ra_{1+} = acoustic estimate of number of recruits at the end of year 1
- C_1 = catch of adults in numbers in year 1
- D_1 = natural deaths of adults in numbers year 1
- M = instantaneous rate of natural mortality on adults and juveniles
- F_1 = instantaneous rate of fishing mortality on adults in year 1
- Z_1 = instantaneous rate of total mortality on adults in year 1; of course $Z_1 = M + F_1$
- q = scaling factor between acoustic estimates and absolute numbers of fish

If we conduct an acoustic survey at the end of year 1 (December), we estimate the adult stock in numbers at Na_{1+} and the recruiting year-class at Ra_{1+} . The real adult stock in numbers is

$$N_{1+} = q \cdot Na_{1+}$$

and the real recruitment is

$$R_{1+} = q \cdot Ra_{1+}$$

Assuming mortality between December and January to be zero, the adult stock at the start of year 2 will be:

$$N_2 = N_{1+} + R_{1+} = q \cdot Na_{1+} + q \cdot Ra_{1+} = q (Na_{1+} + Ra_{1+})$$

Assuming natural mortality in year 2 to be M on all age groups, and fishing mortality to be F_2 , the adult stock at the end of year 2 will be:

$$N_{2+} = N_2 \cdot e^{-(F_2 + M)} = N_2 \cdot e^{-Z_2}$$

The acoustic survey at the end of year 2 will give us an estimate of the adult stock at this moment:

$$Na_{2+} = q \cdot N_{2+}$$

A comparison of the acoustic estimates for the adult stock at the beginning and at end of the year will provide us with an estimate of total mortality:

$$q \cdot N_{2a+} = q (Na_{1+} + Ra_{1+}) (e^{-Z_1})$$

$$N_{2a+} = (Na_{1+} + Ra_{1+}) (e^{-Z_1})$$

The problem now is how to partition this total mortality (Z_1) into natural mortality (M) and fishing mortality (F_2). We do have an estimate of the catch in numbers (C_1), but we do not know the number of natural deaths (D_2), nor the absolute stock size from

which the catch was taken. Therefore, we cannot use the catch in absolute numbers to calculate fishing mortality.

To solve this problem, we have to make an assumption about either q or M . Any of these two assumptions will enable us to calculate all the other parameters. The safest choice is to make an assumption about M (as is always done also in VPA). An assumption for M could be based on the assumed maximum life span of the fish, or the estimated age composition of the unexploited population. This is a separate problem that will not be considered in detail here.

Once we have made an assumption about M , we can use the catch in absolute numbers (C_2) to estimate fishing mortality (F_2). If we know fishing mortality, we can calculate the stock in absolute numbers at the beginning and end of the year (N_2 and N_{2+}), and the scaling factor (q) between acoustic estimates and absolute stock numbers. These simple calculations need no further explanation here.

If we continue this procedure for a number of years, we should get a series of annual values for adult stock size, recruitment and fishing mortality. This would provide us with an interesting new perspective on the development of the stock. It would also allow us to use recruitment estimates at the end of one year to predict the adult stock in the following year and hence to provide more practical management advice. Finally, the recruitment series would be interesting for the study of interannual variability in recruitment, and the relationship between environment and recruitment.

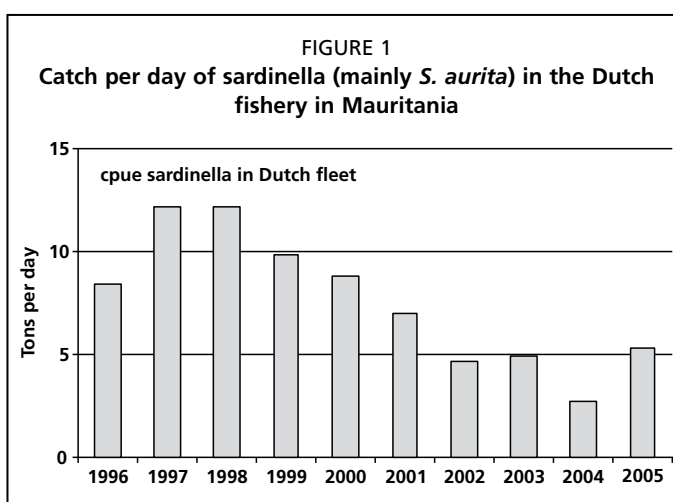
The approach that has been outlined here hinges on the reliability of the acoustic surveys. If their accuracy was not sufficiently high (as it seems to be presently the case), the above approach may not be feasible. However, the acoustic surveys are constantly being improved, and it is expected that their results will gradually become more reliable. In the following sections, we shall briefly consider some current problems of the surveys, and possible means to solve them.

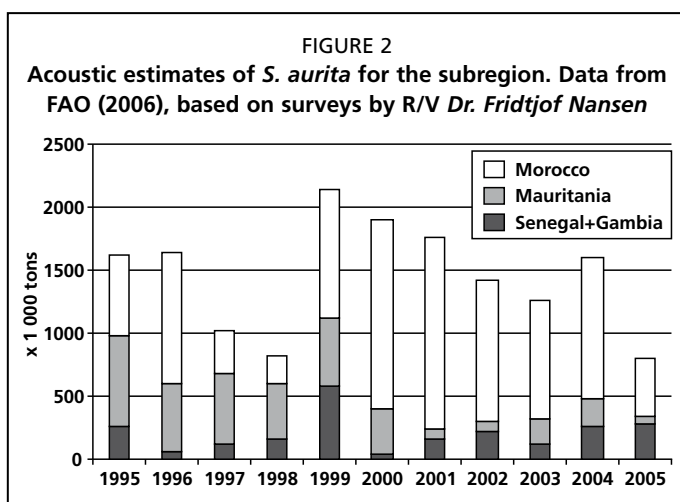
A second requirement is an adequate sampling of the length frequencies in the catch in all countries where the stock is exploited. For a fishery as important as that for sardinella, this is a minimum requirement.

4. POSSIBLE IMPROVEMENT OF ACOUSTIC SURVEYS

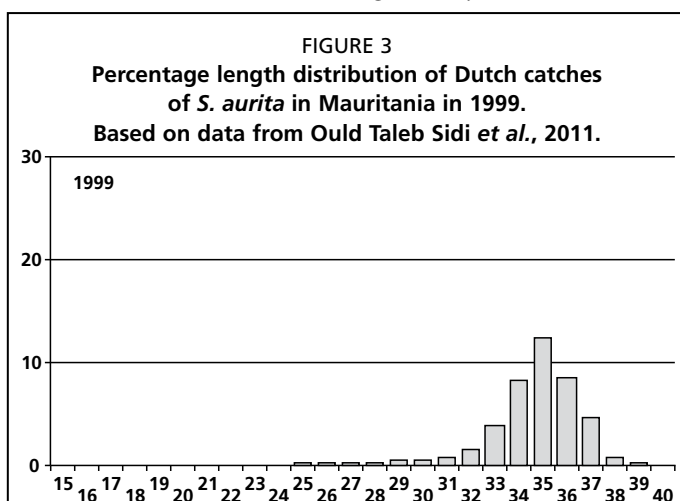
All assessments of *S. aurita* in recent years have been based on acoustic surveys by the Norwegian research vessel R/V *Dr. Fridtjof Nansen*. This vessel made acoustic surveys of the West African shelf on a regular annual basis between 1995 and 2007. The surveys were conducted between mid-October and mid-December, and in some years a second survey was conducted in June.

The surveys by R/V *Dr. Fridtjof Nansen* have made an enormous contribution to our understanding of the changes in pelagic stock in West Africa. Without these surveys, very little progress would have been made in recent years. However, the esteem for these surveys is so great that scientists in the region sometimes have a tendency to consider their results as unquestionable. This is a mistake. The acoustic data provided by R/V *Dr. Fridtjof Nansen* are the best we have, but we have to remain aware of possible errors in these data. There have been years in which the results of the surveys have been very different from the results of the fishery, and this may cast some doubt on the accuracy of the acoustic data for those years.





stock abundance. An accumulated stock of older fish seems to have existed at the time, and this stock was gradually fished down in subsequent years.



plausible hypothesis is that the older fish were there also in 1997 and 1998, but that the acoustic survey somehow did not find them.

If we want to put even more reliance on acoustic surveys in future, we have to identify possible flaws in the present surveys, and try to amend them. A full discussion of possible errors in the acoustic surveys and ways to improve them is beyond the scope of this paper. However, in the following paragraphs some areas are indicated where improvements might be possible.

Species identification

S. aurita is a fast swimming fish that is difficult to catch in pelagic trawls. Throughout the history of acoustic surveys in West Africa, research vessels have had problems in catching this species. This is not surprising, considering the fact that even large and powerful Dutch trawlers sometimes do not succeed in catching the fish. If a research vessel manages to catch a sample of fish, it is not certain whether the species and length composition of the sample is representative of the composition of the schools that have been observed on the echo sounder.

This could be an explanation of the difference in proportion between *S. aurita* and *S. maderensis*, observed between acoustic estimates and catches of the Dutch fleet in Mauritania (El Moustapha and Ould Taleb Sidi, 2011, this volume). Because *S. aurita* is a more offshore species than *S. maderensis*, its swimming capacities are probably superior. During commercial trawling operations, it is often observed that *S. aurita* keeps

As an example, we may compare the annual acoustic estimates for *S. aurita* from R/V Dr. Fridtjof Nansen (FN) with the catch per day in the directed sardinella fishery by Dutch trawlers in Mauritania. The Dutch trawlers exploit the sardinella during the spring and summer; the time when the bulk of the stock is assumed to be in Mauritania. Of course the catch per unit of effort in a directed pelagic fishery is a poor index of stock abundance. Still, it seems a reasonable assumption that the high catches in the first years after the arrival of the Dutch trawlers (1997–1998) were a reflection of a high

The acoustic surveys for 1997–1999, however, give a very different picture of stock development. In the years 1997–1998, the acoustic surveys produced relatively low stock estimates, and it was only in 1999 that the acoustic index sharply increased. However, the length distributions in that year showed that the catches consisted exclusively of large and old fish; fish that must have been there also in the two preceding years (Figure 3). The large increase in stock size, suggested by the acoustic data in 1999, cannot have been the result of an improved recruitment. The most

swimming in the mouth of the net, and it sometimes takes quite a while before the fish are exhausted and disappear towards the cod-end. Commercial trawlers continue fishing for at least 20-30 minutes after they have observed a school of sardinella entering the net. This is done in order to prevent the fish from escaping from the net at the moment of hauling. If a research vessel uses a small net at low speed, and makes hauls of short duration, a large fraction of the *S. aurita* may escape from the net. In case the school contains a mixture of *S. aurita* and *S. maderensis*, the percentage of *S. aurita* in the catch may under-represent the actual proportion of this species in the school. Experimental tows in the vicinity of commercial trawlers could show whether the research vessel catches *S. aurita* and *S. maderensis* in the same proportion as the commercial vessels do.

The problems in species identification are likely to increase now that R/V *Dr. Fridtjof Nansen* has stopped making its annual surveys along the West African coast, and the national research vessels have to take over this work. These national research vessels are generally smaller and less well equipped for pelagic trawling. There seems to be an urgent need for improving the capacities of these vessels for pelagic trawling (as has been already done in Mauritania).

Timing of the surveys

The regional surveys in West Africa are conducted between mid-October and mid-December. At this time, the bulk of the adult population is normally found in Morocco, but the fish are about to start their southward migration towards Senegal. This migration is supposed to occur over deeper water, because the fish during this migration are not detected by commercial trawlers, and probably neither by research vessels. In years when the migration starts early, part of the adult population might not be covered by the acoustic survey. This risk could be avoided by advancing the autumn survey by one to two months.

If sufficient vessel time could be made available, it would be useful to organize a second annual survey in late spring/early summer. Such a survey would provide an extra estimate for the adult population and also for the recruitment.

Coverage of coastal areas

At certain times of the year, important quantities of *S. aurita* and *S. maderensis* are found in shallow coastal areas. This applies particularly to the recruiting year-class. Sampling of the schools in these shallow areas presents a number of problems, such as the lack of appropriate fishing gear and the reluctance of captains to take their research vessel into these areas. There is a need to develop special gear and techniques to sample the fish in these shallow areas.

Vessel avoidance

During spring and summer, sardinellas swim in schools close to the surface, and they move away sideways on the approach of the vessel. Dutch vessels in Mauritania have developed a fishing method by which the vessel constantly turns in order not to have the net straight behind the vessel.

For a research vessel using a vertical echo sounder, such behavior presents a problem. If the fish schools avoid the vessel, the number of schools observed directly underneath the vessel may give underestimation of the actual abundance of schools in the area. In future, one might consider the use of sonar for making acoustic estimates in such situations.

5. CONCLUSIONS

The production models that have been used so far in the assessment of *S. aurita* are limited by the fact that they do not differentiate between age groups. Their output, therefore has only limited value for making stock projections. Another drawback is

that the models do not provide recruitment estimates for individual years. This is a serious handicap in the study on environmental effects on recruitment variability.

A possible way to improve the current assessment is to adopt a method that uses information on catch and stock in numbers per age group. Although there is little hope that we can read the age of sardinella up to ten years or more in the near future, we can presently distinguish recruits from the adult population on the basis of length distributions. This offers the possibility to use a simple age structured approach that only distinguishes between these two age groups.

Such an approach will rely heavily on the input of acoustic estimates for stock size and recruitment. This is an incentive for further improvement of the acoustic surveys, and a more exhaustive use of the length data provided by the surveys.

6. REFERENCES

- FAO. 2005. *Report of the FAO Working Group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa*. Nouadhibou, Mauritania, 26 April–5 May 2005. FAO Fisheries Report, No. 785, 180 pp.
- FAO. 2006. *Report of the FAO Working Group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa*. Banjul, Gambia, 2–11 May 2006. FAO Fisheries Report, 811, 192 pp.
- Ould Mohamed El Moustapha, A., Ahmed Ould Taleb, M. et Corten, A. 2011. Évaluation des ressources pélagiques en Mauritanie par les méthodes acoustiques. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11–14 mars 2008, Casablanca, Maroc*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. pp. 247–257.
- Ould Sidina, E. , Samb, B. & Corten, A. 2011. Growth of *Sardinella aurita* in West Africa as determined from length distributions. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11–14 mars 2008, Casablanca, Maroc*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. Abstract. This volume, page 519.
- Ould Taleb Sidi, M., Ould Sidina, E. and Corten, A. 2011. Impact of industrial fisheries on *Sardinella aurita* in West Africa. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11–14 mars 2008, Casablanca, Maroc*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. Abstract. This volume, pp. 139–151.
- Schaefer, M.B. 1954. *Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries*. Bull. IATTC, 1 (2): 27–56.
- Schaefer, M.B. 1957. A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific ocean. *Bullettin IATTC*, 1(2): 245–285.

Suggestions for improving the quality of estimates of the state and trends of small pelagic fish stocks off the Northwest African coast

Suggestions d'amélioration de la qualité des estimations de l'état et des tendances des stocks de petits poissons pélagiques au large des côtes de l'Afrique du nord-ouest
(English only/En anglais seulement)

N.N. Timoshenko and P.P. Chernyshkov

Atlantic Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (AtlantNIRO)
5, Dm. Donskoy St., Kaliningrad, 236022 Russia
<timoshenko@atlant.baltnet.ru>

Timoshenko, N.N. and Chernyshkov, P.P. 2011. Suggestions for improving the quality of estimates of the state and trends of small pelagic fish stocks off the Northwest African coast. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

Simple random sampling may result in biased age-composition of annual catch off the Northwest Africa. Design-based approach based on the best practical approximation to a probability sampling scheme is felt to be best for collection of basic biostatistical data. Investigated seasonal catch has to be compartmentalized into geographic and temporal sampling parts. The use of CPUE as a measure of abundance becomes more and more questionable due to diversification of the gears, vessels and commercial decisions about fishing locations and times in the area. Other abundance indices, not affected by time-related changes in fishing gear parameters, vessels and fishery management would be more acceptable. Good consistency in the results of young fish surveys would indicate that they are a suitable source for the virtual population analysis (VPA) tuning. Despite a long series of acoustic surveys, acoustic methods still appear to be at an experimental stage in the region. The observed range of changes in the estimated biomass from year to year seems to be improbable. Nevertheless, on condition that the fitting technique is modified, the numerous data produced by these surveys are acceptable for use in the cohort analysis.

RÉSUMÉ

Un simple échantillonnage aléatoire peut fournir une estimation biaisée de la composition en âge des captures annuelles au large de l'Afrique du nord-ouest. Une approche modélisée, basée sur la meilleure approximation pratique possible d'un schéma probabiliste, est considérée meilleure pour la collection de données biostatistiques de base. Les captures saisonnières échantillonnées devraient être séparées en composantes géographiques et temporelles. L'utilisation de la CPUE comme mesure d'abondance est de plus en plus remise en question à cause de la diversification des engins, des navires et des décisions commerciales concernant les lieux et les périodes de pêche dans la région. D'autres indices d'abondance, non affectés par des changements temporels dans les paramètres des engins, des navires et de la gestion des pêches seraient plus acceptables. Une bonne cohérence dans les prospections sur les juvéniles indiquerait que ces prospections pourraient être une bonne source de calibration de l'analyse des populations virtuelles (APV). Malgré l'existence d'une longue série de données, les méthodes acoustiques semblent encore être au stade expérimental dans la région. L'étendue des variations de biomasse estimée d'une année à l'autre semble improbable. Néanmoins, à condition que la technique d'ajustement soit modifiée, les nombreuses données produites par ces prospections sont acceptables dans l'analyse des cohortes.

1. INTRODUCTION

In the recent years, progress has been achieved in preparing the efficient recommendations on fishery resources management in the region. This is primarily related to the more detailed investigation of different fishery components and more intense data exchange between laboratories. Recruitment data have been integrated which is especially useful at high fishery intensity.

Every new survey undertaken in the subregion provides new information confirming the acceptability of the recruitment assessments. The data that can be used for indirect predictions have been also accumulated. At the same time, more evidence have appeared of the low reliability of the acoustic results. The collection of representative data on catch composition and fishing efficiency is complicated. All these factors lead to the need to carefully consider the ways in which fish stocks assessment could be improved.

2. MATERIAL AND METHODS

The data on catch size and composition in 1984–2007 were obtained from the database of AtlantNIRO. The data on acoustic and trawl surveys are available in the documents of FAO working groups on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa.

2.1 Updating catch composition data

Usually, the quantity of data collected on fish length is formally acceptable. For example, in 2006, the Russian mackerel catch was sufficiently carefully controlled by observers. In any month, the sampling rate exceeded the usual norm for pelagic fishes (i.e. 200 individuals per 1 000 t). One of the approaches used in an assessment of catch structure is to assume a random pattern of samples. This is not quite applicable in the region, however. For example, a simple calculation of age distributions of chub mackerel, using the length data sampled in November 2006, gives the age composition described in the upper line of Table 1. Meanwhile, in the considered area, the measurements could be provided both in relation to the whole catch and the bycatch. Besides, the current catches frequently amounted to more than 100 tonnes. Age distribution, calculated taking into account the amounts of catch is presented in the following line of table and

seems rather different. Evidently, in the final account the samples should be weighed in accordance with the amount of catch they represent. Even more difference is visible in the lower line. That composition was observed in the same shelf area between 21° and 24°N. However, that area was split into three grounds, each one of them with a relatively homogeneous length composition of the catches. More than 70 percent of monthly catches is obtained from the ground where age 2 predominated.

TABLE 1
Catch-by-age of *Scomber japonicus* in Russian fishery in the Moroccan EEZ in November 2006 using different approaches to the generalization (×1000)

Method\age	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Simple random	6 527	648	6 305	4 793	6 436	3 505	1 610	349	26
Weighed by trawl catches	6 240	940	7 654	4 098	4 490	2 967	2 029	561	38
Weighed by trawl catches and grounds	9 491	3 993	24 162	6 413	2 833	1 464	993	261	12

Following such weighting, the calculated age composition of certain fleets could change considerably. The data on catches by sub-areas provide an even closer approach to the actual catch composition. This is especially important, when catches are recorded by the trade name. For example, this is the case for horse mackerel. In reality, there are at least three species, which proportions in catch are assessed by observers in each sub-area. This can explain why the sampling rate may exceed the measurements norms. After applying the sampling data on disaggregated catches, the length composition of the catch does not have much in common with the one that might be obtained without such disaggregations. This difference indicates that there is still room to improve consistency of the input data used in VPA.

2.2 Updating fishing effort data

The catch rate was closely related to stocks density in the years when trawlers were looking mostly at the catch weight. The differences in prices for fish species were insignificant and no special instructions to catch particular fish species were issued. Actually, the selection of fish aggregations by fishermen was based on their density. Presently, fishermen are guided by other criteria, primarily by the instructions to catch certain species and to avoid a banned bycatch. Besides, the ratio between prices for fish and fuel is not stable. When the price for fuel grows, “light” fish aggregations are preferable to dense ones which require more searching. Fish searching cost becomes reasonable, when fish price is increasing rapidly. The higher CPUE observed tends to correspond to such situations and are not necessarily related to higher fish biomass.

Summarizing the data on fishing effort has become more difficult. Formerly, it was sufficient to provide it by vessel types. At present, the number of vessel types is almost equal to the number of vessels due to numerous modifications which improve individual vessels’ productivity and processing capacity to a variable extent. The coefficients of effort standardization, applied in the early days, need revising after accumulation of sufficient data. This requires summarizing the catch data from different vessels, fishing at the same time and in the same area. Such data volume is still insufficient at the moment.

Therefore, it should be stressed, that the use of CPUE in the models of abundance dynamics is less and less attractive.

2.3 Improvement of recruitment surveys

The results of young fish surveys (YFS) undertaken in the area were satisfactory until now. This is evidenced by the consistency of the indices obtained in successive surveys. It is the most reliable method of estimation of the young age groups abundance indices.

Without such data the analytical assessment of stock dynamics becomes a complicated process with many uncertainties. For fishes with a short life cycle, TAC prediction is highly unreliable without recruitment data. The stable catchability for certain fish species from year to year is one of YFS advantages. Small fish are unable to avoid actively the trawl. For this reason, most hauls are positive and catch size distribution can be perfectly described with simple statistical laws. Besides, the fishing gear in these surveys does not come in contact with the bottom and does not damage it.

The observation of the randomness principle in information collection is the basis of YFS arrangement. Another principle is that the statistic characteristics of the researched fish aggregation should be most reliable and this reliability should not vary considerably from year to year. These principles are best applied when the surveys are carried out in the period when fish is more uniformly distributed in the study area, and the study area totally covers the recruitment distribution area. In the Northwestern Africa area the acceptable period could be found and the optimal survey scheme was prepared (Timoshenko and Vinitsky, 2007). The survey advantage is the possibility to have short interruptions during the surveys for some reason or other. In the acoustic survey, any break reduces the estimate precision due to the surveyed fish migration during the break. This is of no particular importance for YFS so far as small fish is less active. Every year, experience shows that the locations of fish concentrations as well as the ratio of indices by zones, are similar. This stability allows to improve the statistic characteristics of the indices that were already good before. As a matter of fact, five young fish surveys were carried out by AtlantNIRO in cooperation with coastal institutes in 2003–2008. In the process, the locations with the highest catch dispersion were revealed both in Moroccan and Mauritanian waters. The locations were therefore selected, where additional stations would be most useful in view of their impact on the final indices. Such addition may be provided at the expense of the areas, where no positive hauls were obtained during five surveys.

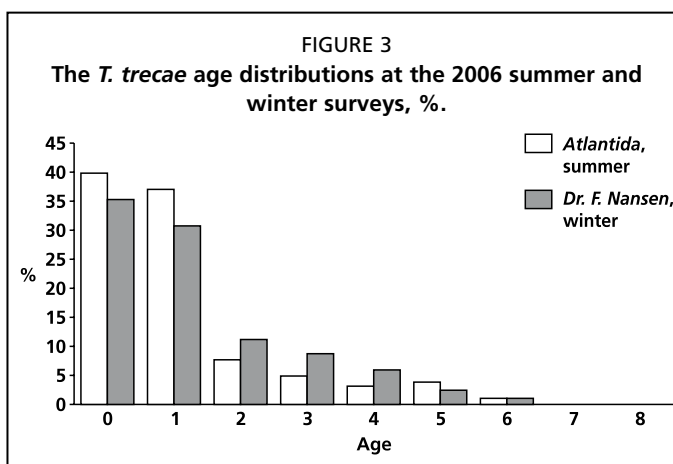
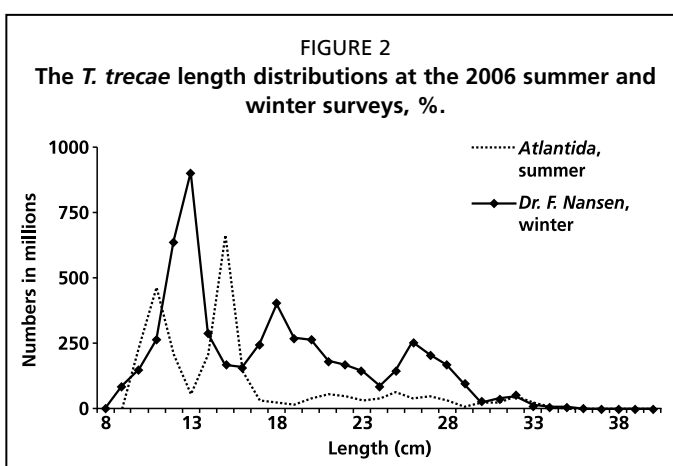
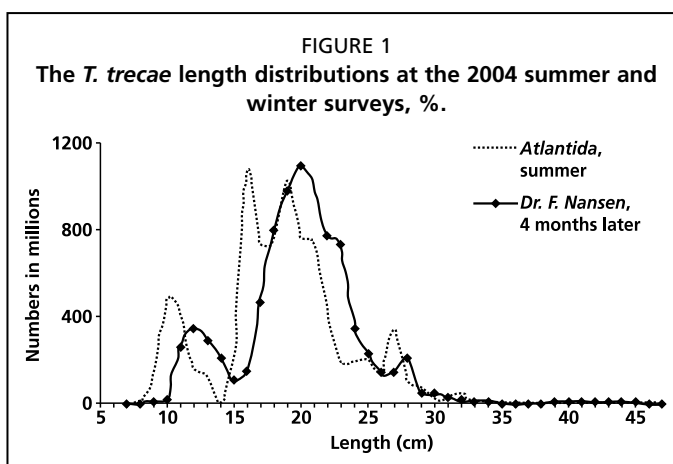
2.4 Combining the materials of different surveys

The highest number of indices in the area was obtained during the acoustic surveys. In some other areas, these surveys may provide acceptable estimates of abundance and biomass indices. The estimates precision depends on S_A scattering between lag-intervals, quality of target strength estimates and quality of eco-records interpretation. Apparently, the latter most negatively affected the results off Northwest Africa, where eco-signal is reflected by fishes belonging to numerous species. The surveys undertaken by AtlantNIRO frequently gave the results contradicting the basic postulates of fish abundance dynamics. Thus, in 2007 the recorded biomass of *T. trecae* exceeded by a factor of three the estimate obtained in the previous survey. This could be true only in the total absence of a fishery and a 10-fold increase in recruitment. This discrepancy could be explained by the incomplete accessibility of the fish to the acoustic sampler, in certain areas or depths. Similar discrepancies occurred also in other survey series, where areas are covered more completely. Tripling of the *T. trecae* biomass from 1999 to 2000 with a subsequent four-fold reduction by 2001 could occur only in the following unrealistic conditions: (i) appearance of an unknown year-class in 2000, which was by an order of magnitude more abundant than the previous one; and (ii) absence of a fishery in 2000 and subsequent catching of this entire cohort in 2001. These assumptions are unlikely. All these considerations give a faint hope to obtain an efficient application of acoustic indices as reliable indices of stock size.

The utilization of indices structure instead of their absolute value may become one of the solutions.

The data available show that the length frequencies obtained in the summer surveys of the AtlantNIRO, were in general similar to those obtained in the R/V *Dr. Fridtjof Nansen*'s surveys at the year end (Figure 1). Certainly, these cannot be absolutely

identical since fish is growing during this time period elapsed between the two surveys. This resulted in the shift of DR. FRIDTJOF NANSEN's length frequency to the right relative to AtlantNIRO's data. Besides, these size frequencies frequently differ in the left and right parts of the length scale. This is because very small and very large fishes are seldom presented in the control catches. At the same time, coincidence is available in the middle part of the length frequency. Possibly, a recalculation of these main parts of length frequencies by age could improve the coincidence between the two structures (Figures 2 and 3). Their interannual succession will not depend on which survey data has been used. It would remain only to elaborate the VPA tuning criterion on this basis. The important point is that such criterion will not be related to the absolute value but to a relative index. The residuals between observed and calculated series of age composition estimated by acoustic surveys, expressed in relative units, should be as object of minimization when the same catchability-by-age is applied.



3. REFERENCES

- Timoshenko, N. & Vinnitsky, P. 2007. Planning, Results and Improvement of the Quantitative Calculations for Pelagic Fish Species Recruitment in the Central Eastern Atlantic. Fisheries and Biological Research by AtlantNIRO in 2004–2005. Vol. 1. Kaliningrad, Trudy AtlantNIRO, p. 24–39.

**Theme 4: Management of fisheries
on shared resources/Aménagement
des ressources partagées**

Système d'allocation des quotas de pêche d'une ressource partagée: étude de cas du stock nord-ouest africain de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*)

Allocation system of fishing quotas for a shared resource: case study of the Northwest African stock of round sardinella (*Sardinella aurita*)
(French only/En français seulement)

Mahmoud Ebaye Ould Mohamed

Parc national du Banc d'Arguin
B.P. 5355, Av. Gamal Abdel Nasser
Nouakchott, Mauritanie
<ebaye_mhd@yahoo.fr>

Ebaye Ould Mohamed, M. 2011. Système d'allocation des quotas de pêche d'une ressource partagée: Étude de cas du stock nord-ouest africain de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*). In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

Le stock nord-ouest africain de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) effectue des migrations latitudinales entre 12° et 30°N. Il est exploité par des flottilles artisanales et industrielles le long des côtes du Sénégal, de la Gambie, de la Mauritanie et du Maroc.

Bien que l'effort de pêche augmente, les captures diminuent. Les groupes d'évaluation des stocks de la FAO (2004, 2005, 2006, 2007) indiquent une situation de surexploitation à partir de 2004 et recommandent une diminution de l'effort de pêche atteignant 50 pour cent en 2008 (FAO, 2007). Outre une nécessité de suivre l'état de stocks (campagnes acoustiques régionales et application de modèles d'évaluation des stocks), les pays ont l'obligation internationale de collaborer dans la gestion des ressources partagées entre les différents pays (Réf.). Ce travail propose donc une démarche qui pourrait conduire à un accord de partage des quotas (en pourcentage) de pêches entre les différents pays selon un modèle à double critère intégrant les niveaux moyens de captures pour quatre périodes distinctes et l'importance sociale de l'activité de pêche pour chaque pays.

Mots clés: *Sardinella aurita*, quotas de pêche, Afrique du nord-ouest

ABSTRACT

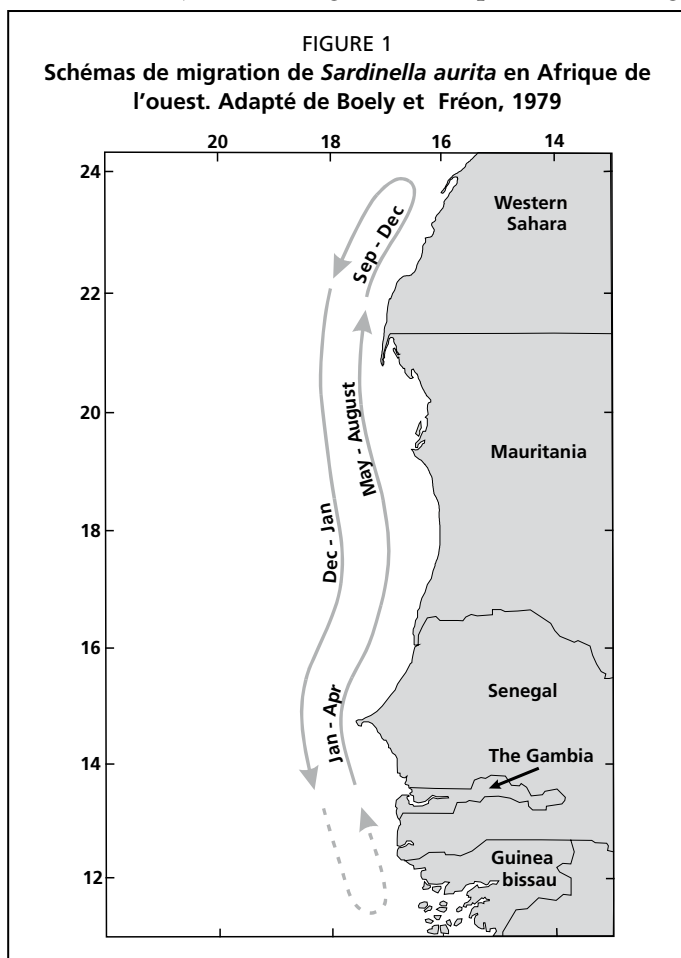
The Northwest African stock of round sardinella (*Sardinella aurita*) migrates between 12 and 30° of latitude north. It is exploited by artisanal and industrial fleets off the coast of Senegal, Gambia, Mauritania and Morocco.

Although fishing effort increases, catches are declining. The stock assessments working groups of FAO (2004, 2005, 2006, 2007) indicate a situation of over-exploitation from 2004 onwards and recommend a reduction in fishing effort of up to 50 percent in 2008 (FAO, 2007). In addition to a need to monitor the state of stocks (acoustic regional surveys and application of stock assessment models), countries have the international obligation to collaborate in the management of shared resources (Ref.). This work proposes therefore an approach that could lead to the sharing of fishing quotas (in percentage) between the different countries according to a dual-criteria model integrating the average catch levels for three distinct periods and the social importance of fishing activity for each country.

Keywords: *Sardinella aurita*, fishing quotas, Northwest Africa

1. INTRODUCTION

La pêche de la sardinelle ronde en Afrique de l'ouest constitue l'un des enjeux majeurs de la gestion des pêches de la région nord-ouest africaine eu égard à son



poids socio-économique notamment au Sénégal et à l'accroissement des captures des flottilles industrielles notamment en Mauritanie. Le stock nord-ouest africain de sardinelle ronde (*Sardinella aurita*) effectue des migrations latitudinales entre 12° et 24°N (Figure 1). Une extension septentrionale a été mise en évidence par les campagnes du N/R Dr. Fridtjof Nansen jusqu'à 30°N. Ce stock est exploité simultanément par des flottilles artisanales et industrielles le long des côtes du Sénégal, de la Gambie, de la Mauritanie et du Maroc.

L'objectif de cet article est de contribuer à la réflexion nécessaire concernant une gestion commune des ressources partagées de la région nord-ouest africaine. L'augmentation de l'effort de pêche et l'amélioration des techniques de pêche concourent à l'accroissement de la pression de pêche. Depuis le début de ce millénaire, le constat de la surexploitation du stock de la sardinelle ronde a été établi. Cette situation requiert une concertation des politiques de gestion des pêches entre les différents côtiers.

L'absence d'une structure de gestion à laquelle les pays côtiers délègueraient la gestion partagée des ressources entraîne, *in fine*, une surexploitation de cette ressource et pourrait conduire à des conséquences désastreuses pour les populations tributaires de l'apport en protéine animale de cette ressource stratégique. Durant les dernières années, on assiste à une ruée vers les ressources naturelles due à l'accroissement à la demande. Le diagnostic des groupes de travail consécutifs est alarmant. «Les résultats indiquent que le stock de sardinelles tend à être surexploité (surtout la sardinelle ronde). Il est à remarquer que compte tenu de l'état de surexploitation de la sardinelle ronde, il a été fortement recommandé pour l'année en cours la réduction des captures à 220 000 tonnes.

La pêcherie pélagique étant multispécifique, il est urgent de prendre des mesures d'aménagement par une régulation qui prend en considération la distribution transfrontalière des stocks (Groupe de travail FAO, 2006): (i) organiser le partage de capture ou l'effort total permis entre les différents pays; (ii) différencier les licences pélagiques en deux catégories (clupéidés et carangidés et autres); et (iii) encourager une réduction des engins de pêche sélectifs vis-à-vis de la sardinelle ronde (principalement pour la pêche artisanale).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les captures par pays et par segment (artisanal et industriel) de 1990 à 2006 sont présentées au tableau 1. L'essentiel des captures de la sardinelle ronde est réalisé d'une part par une flottille artisanale sénégalaise et d'autre part par une flottille industrielle étrangère en Mauritanie. L'étroitesse de la zone économique exclusive de la Gambie explique que les captures y soient marginales. Au Maroc, les captures de la sardinelle ronde sont des captures accessoires de flottilles ciblant d'autres espèces pélagiques (sardine, chinchards et maquereau).

TABLEAU 1

Captures (x 1000 t) par type de pêche (artisanale et industrielle) de la sardinelle ronde du Maroc, de la Mauritanie, du Sénégal et de la Gambie de 1990 à 2006 (source: GT FAO 2007 d'évaluation des stocks des petits pélagiques de la zone nord-ouest africaine)

Pays	Maroc (zone C)		Mauritanie		Sénégal		Gambie		Total pays		Total général
Segment	PI	PA	PI	PA	PI	PA	PI	PA	PI	PA	
1990	103,1		78,6		10,8	83,7	2,7	0,0	195,2	83,7	278,8
1991	18,8		50,4		20,3	95,1	0,9		90,5	95,1	185,6
1992	0,3		53,8		19,6	155,9	0,1	0,0	73,7	155,9	229,6
1993	3,5		35,4		4,5	144,9	0,1	0,0	43,5	144,9	188,5
1994	3,3		23,4		3,5	132,1	0,0		30,2	132,1	162,3
1995	14,6		65,2		5,9	94,8	0,0	0,0	85,7	94,8	180,5
1996	12,3		205,8		6,6	138,7	0,0	0,0	224,7	138,7	363,4
1997	29,6		168,1	20,1	6,0	141,7	0,0	0,1	203,7	161,8	365,5
1998	81,5		243,7	14,9	2,4	113,2	0,0	0,0	327,6	128,2	455,8
1999	84,3		173,4	12,5	3,5	80,0	0,1	0,0	261,4	92,5	353,9
2000	46,3		178,0	20,2	0,4	111,5	0,1	0,0	224,8	131,7	356,5
2001	13,9		163,6	18,9	1,3	122,3	0,2	0,0	178,9	141,2	320,1
2002			171,9	20,6	1,3	116,7	0,2	0,8	173,5	138,1	311,6
2003	0,1		183,2	25,7	0,4	121,2	0,2	0,6	183,9	147,5	331,3
2004	1,4		115,5	22,1	0,9	139,7	0,2	0,5	117,9	162,2	280,1
2005	12,8		172,2	17,8	1,0	197,9	0,1	0,9	186,2	216,7	402,8
2006	33,9		109,9	16,2	0,3	150,5	0,1	1,0	144,2	167,7	311,9

Les captures totales par segment (artisanal et industriel) par pays pendant les quatre périodes considérées (1995-1995, 1996-1999, 2000-2006 et toute la série) sont reflétées dans le tableau 2. Le choix de quatre séries est dicté par l'évolution contrastée de la physionomie de la pêche caractérisée par cette série: des captures faibles de 1990 à 1995 avec une stratégie de non ciblage des sardinelles, une intensification des captures de 1996 à 1999 avec un ciblage notamment de la sardinelle ronde et une baisse progressive des captures de 2000 à 2006 malgré le ciblage de cette espèce. Ces trois périodes correspondent donc à des phases d'activités de pêche respectivement intenses, décroissantes et faibles. A cet égard, elles peuvent être considérées comme étant représentatives du niveau de l'activité de pêche dans la sous-région. La quatrième série a été rajoutée afin d'avoir une tendance moyenne de l'évolution sur une décennie et demie.

Afin de faire ressortir le contraste entre ces différentes séries, la moyenne arithmétique a été calculée pour la série de chaque pays (tableau 2).

TABLEAU 2

Captures moyennes en poids (x 1000 t) et en pourcentages des quatre périodes considérées

Captures	Maroc	Mauritanie	Sénégal	Gambie	Total
Moyenne 1990-95	24	51	129	1	204
%	12	25	63	0	100
Moyenne 1996-99	52	210	123	0	385
%	13	54	32	0	100
Moyenne 2000-06	15	177	138	1	331
%	5	53	42	0	100
Moyenne des captures (2000-2006)	27	140	131	1	299
Pourcentage	9	47	44	0	100

Le poids social de la pêche a été estimé selon l'importance du sous-secteur de la pêche artisanale dans les différents pays. Dans cette analyse, les poids suivants ont été attribués, à titre indicatif, pour les besoins de la démonstration: Sénégal = 0.4 suivi; Gambie = 0.3; Mauritanie = 0.2 et Maroc = 0.1. Bien que ces poids soient subjectifs, ils sont basés sur une connaissance du poids social de la pêche dans chaque pays. Au Sénégal, la pêche est le premier secteur de l'économie nationale en tant que principal pourvoyeur d'emplois (600 000 personnes) alors que, pour la Mauritanie, ce chiffre n'est que de 31 000 emplois directs et indirects. Ceci est dû au fait que la production au Sénégal est le fait surtout d'une flottille nationale artisanale alors qu'en Mauritanie les captures sont effectuées par des flottilles étrangères à long rayon d'action.

En Mauritanie, les captures de la pêche artisanale sont en augmentation constante ces dernières années avoisinant les 20 000 tonnes. Il est à noter que la pêche à la senne tournante mauritanienne est effectuée par des équipages sénégalais affrétés par des opérateurs mauritaniens, ce qui traduit la surcapacité de pêche au Sénégal et la migration qui en résulte vers les pays limitrophes. Il est à noter également que la Mauritanie accorde 300 licences de pêche aux pirogues artisanales (sennes tournantes) sénégalaises dont profite la flottille de pêche artisanale de Saint-Louis. En Gambie, c'est la pêche artisanale qui prédomine avec une domestication de l'activité de pêche et des filières de production mais, compte tenu de la faible population, le poids socio-économique en est réduit. La capture des sardinelles au Maroc ne constitue qu'une capture accessoire destinée principalement à la farine. Le poids économique est donc marginal. Les coefficients de pondération entendent prendre en compte ces différences. Outre la résorption du chômage, la pêche joue aussi, dans les différents pays, un rôle à l'équilibre de la balance des paiements et à la satisfaction des besoins de la population la plus active.

Une pondération de l'activité pêche pendant les quatre périodes considérées a été effectuée selon deux critères: (i) un axe bioécologique représenté par la moyenne

arithmétique des captures totales et un axe social correspondant au niveau moyen de développement de la pêche artisanale, mesuré également par les captures de ce sous-secteur.

Les quotas de captures qui résulteraient de l'approche proposée ont été calculés sur la base des produits des pourcentages normalisés des quatre périodes pour les deux critères considérés. Ces quotas sont exprimés en pourcentage. La méthode utilisée pour calculer les parts des différents pays repose sur le produit de la moyenne arithmétique des captures totales (industrielles et artisanales) de la sardinelle ronde pour les différentes périodes, pondérée par le poids social de la pêcherie des sardinelles rondes dans chaque pays.

3. RÉSULTATS

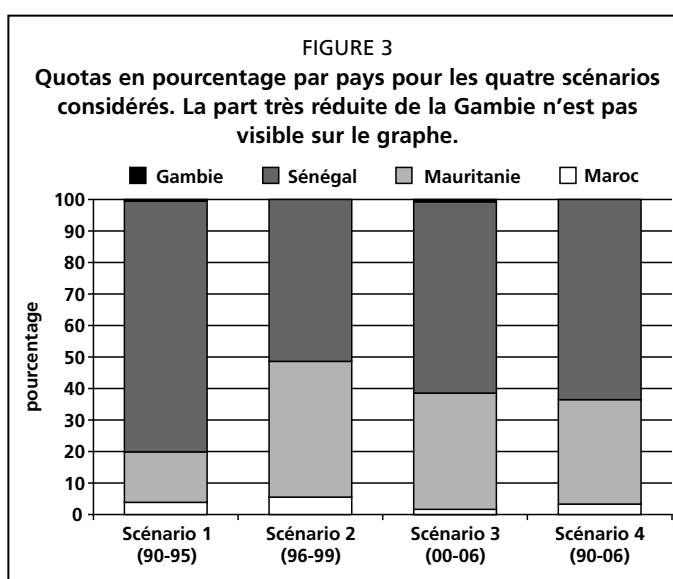
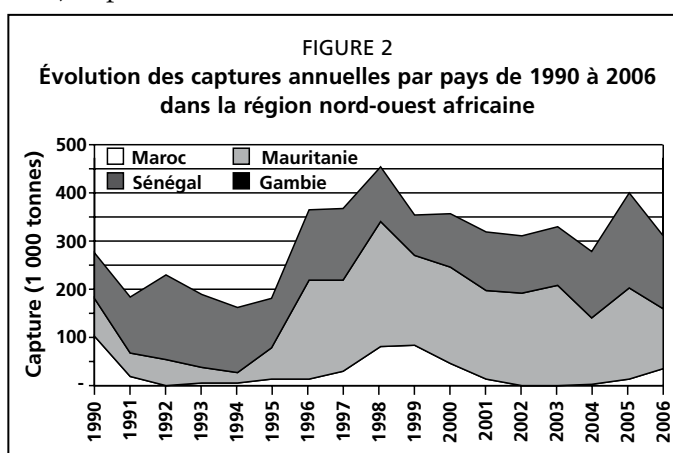
L'évolution des captures totales de 1990 à 2006 de la Mauritanie met en évidence un niveau de capture faible avant 1996 (figure 2). Après cette date, l'entrée de la flottille hollandaise ciblant les sardinelles (surtout la sardinelle ronde) a induit une augmentation substantielle des captures de l'ordre de 100 pour cent en 1996 par rapport à 1995. Les captures ont atteint le niveau de capture le plus élevé en 1998 avec environ 455 000 tonnes, elles ont ensuite fluctué avec une tendance à la diminution.

Les résultats ont permis de calculer, sur la base du croisement des captures et des poids sociaux de la pêche, les quotas de pêche (en pourcentage) entre les quatre pays de la sous-région pour les quatre périodes considérées (figure 3). L'objectif recherché à travers cet exercice est d'identifier des critères objectifs susceptibles d'être acceptés par les différents pays de la sous-région quitte à affiner, le moment venu, le paramétrage de ce modèle de partage des quotas de pêche.

Les résultats de ce modèle simplifié montrent que la part sénégalaise prédominerait dans les quotas de captures avec au moins 51 pour cent du Total autorisé de capture (TAC) pour le scénario 2 (période 1996-1999) caractérisé par l'accroissement des captures dans la ZEE mauritanienne par le biais de la flottille de l'UE notamment hollandaise. Dans le scénario 1, le Sénégal obtiendrait 80 pour cent du TAC. Ce pourcentage tomberait à 60 et 63 pour cent du TAC respectivement avec les scénarios 3 et 4 (figure 3).

La Mauritanie viendrait en deuxième position avec le quota le plus faible (16 pour cent du TAC) pour le scénario 1, le quota le plus élevé (44 pour cent du TAC) pour le scénario 2 et des quotas intermédiaires de l'ordre de 38 pour cent et 33 pour cent du TAC dans les scénarios 3 et 4, respectivement.

Il ressort de cette simple analyse que la Mauritanie et le Sénégal bénéficieraient ensemble d'une proportion du TAC global de sardinelle



ronde comprise entre 86 et 95 pour cent, quelle que soit la série considérée comme base de calcul. Dans ce mode de calcul, le Sénégal serait avantagé par l'incidence socio-économique de l'activité de la pêche artisanale alors que la Mauritanie tirerait profit d'une présence d'une flottille industrielle étrangère notamment dans la période récente (flottille hollandaise). Les critères socio-économiques ont été jugés fixes pour les différentes périodes considérées.

4. DISCUSSION

Bien que négociables par définition, les poids sociaux des pêches doivent être obtenus selon un modèle multicritère objectif sur lequel les différents pays doivent s'accorder. Il faut intégrer les différentes pêcheries dans le système de partage afin que chaque pays soit satisfait de son allocation des ressources. A titre illustratif, la sardinelle ronde est stratégique pour la Mauritanie alors que la sardine est stratégique pour le Maroc. De par sa position biogéographique, les différentes espèces pélagiques sont répertoriées en Mauritanie. Dans les discussions politiques, des systèmes de compensation entre pays peuvent être élaborés.

Le système d'allocation des ressources requiert un suivi rigoureux des indicateurs pris en compte pour le partage. A cet effet, le suivi à travers les campagnes acoustiques régionales et les groupes de travail annuel d'évaluation des stocks doit être consolidé de façon à servir de base pour une gestion commune de ces ressources afin d'éviter les effondrements de stocks observés dans d'autres écosystèmes d'upwelling. Les modèles bioéconomiques doivent y être intégrés.

Ce travail préliminaire peut être amélioré en prenant en compte différents critères de partage des captures. Une étude approfondie devrait être menée afin d'inventorier les différents paramètres à considérer, leurs poids respectifs et en mesurer leur degré d'interaction. A ce prix, les conditions d'application d'un modèle de partage multicritères pourront ainsi être réunies, permettant une allocation sur des bases acceptables par toutes les parties prenantes.

Lors de l'Atelier sur l'aménagement des ressources partagées de petits pélagiques en Afrique du nord-ouest (Banjul, République de Gambie, 30 avril–3 mai 2002), des recommandations ont été faites à l'intention des scientifiques, des décideurs et des professionnels de la pêche afin de mettre un système équitable de répartition de ces ressources selon le principe de la gestion adaptative:

- Mettre en place un système d'aménagement adéquat et spécifique des pêcheries pélagiques incluant: une mise en valeur des activités de recherche (pour prédire les TACs et les capacités de pêche correspondantes); un renforcement des capacités des pays; et une implication des professionnels dans le processus de mise en place du système d'aménagement.
- Mettre en place un mécanisme de concertation assez flexible et robuste pour pouvoir affronter les moments de crise (baisse des stocks). Ce mécanisme doit être stable dans le temps et avoir une certaine flexibilité permettant une adaptation aux situations fluctuantes des ressources pélagiques et des marchés.
- Ne pas limiter le système au partage d'un TAC mais utiliser également le cas échéant d'autres paramètres de contrôle de l'accès, de la capacité de pêche, etc.
- Améliorer les informations concernant les quantités pêchées par des flottilles nationales et étrangères pêchant dans les ZEE des pays concernés.

5. RÉFÉRENCES

- Boely, T. & Fréon, P. 1979. Les ressources pélagiques côtières. In J.P. Troadec et S. Garcia eds. *Les ressources halieutiques de l'Atlantique centre-est. Première partie: les ressources du Golfe de Guinée, de l'Angola à la Mauritanie*. FAO Fisheries Technical Paper, 186: 167 pp.
- FAO. 2002. *Workshop on the Management of Shared Small Pelagic Fishery Resources in Northwest Africa, Banjul, Republic of The Gambia, 30 April–3 May 2002/Rapport de l'atelier sur l'aménagement des ressources partagées de petits pélagiques en Afrique du nord-ouest, Banjul, République de Gambie, 30 avril-3 mai 2002*. FAO Fisheries Report/Rapport sur les pêches No 675. 44p.
- FAO. 2006. *Report of the FAO Working Group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa. Banjul, Gambia, 2-11 May 2006/Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale. Banjul, Gambie, 2-11 mai 2006. Africa*. FAO Fisheries Report/Rapport sur les pêches No 811: 192 pp.
- FAO. 2007. *Report of the FAO Working Group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa. Agadir, Morocco, 17-26 April 2007/Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale. Agadir, Maroc, 17-26 avril 2007*. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches No. 849: 238p.

Bioéconomie et gestion de la pêche des petits pélagiques¹ - cas de l'Atlantique centre marocain

Bio-economy and management of the small pelagics fishery – case of the Central Moroccan Atlantic
(French only/En français seulement)

Abdelkadir Kamili¹ et Francisc Maynou²

¹ Institut National de Recherche Halieutique (Centre régional à Agadir)
<kamili_s@yahoo.fr>

² Instituto de Ciencias del Mar del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ICM-CSIC)
Barcelona (España)

Kamili, A. et Maynou, F. 2011. Bioéconomie et gestion de la pêche des petits pélagiques - cas de l'Atlantique centre marocain. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

L'étude a pour objectif de comprendre et d'analyser la pêche des petits pélagiques en Atlantique centre marocain et de formuler des recommandations de gestion. Pour ce faire, le travail consistera dans un premier temps à un examen descriptif de la pêche suivi d'une étude combinant deux types d'analyses:

1. L'analyse technico-socioéconomique et financière a montré que les dépenses totales d'un senneur côtier se composent, d'une part, de frais communs à la charge de l'armateur et les membres de l'équipage (soit 30 pour cent du coût total, dont 43 pour cent de taxes et prélèvements et 57 pour cent de coûts d'exploitation), et d'autre part, de coûts supportés uniquement par l'armateur (soit 70 pour cent du coût total, dont les coûts annuels variables représentent 40 pour cent et les coûts annuels fixes 60 pour cent). Ces derniers coûts de l'armateur ne sont prélevés qu'après soustraction des frais communs et des frais d'équipage. L'analyse de la rentabilité montre que les performances économiques des senneurs sont influencées par la taille du navire, le coût du carburant, la composition

¹ Article issu de la thèse de fin d'étude de A. Kamili réalisé pour l'obtention du titre de Master of Science en Economie et Gestion des pêches. Pour consulter le document intégral, voir le lien suivant:
www.gemub.com/pdf/Kamili.pdf

spécifique des captures et leurs prix de vente. Le taux de rentabilité moyen a été estimé à 6 pour cent.

2. L'analyse bioéconomique, en se basant sur le modèle Mediterranean Fisheries Simulation Tool (MEFISTO), a montré clairement que l'effort de pêche recommandé, pour répondre aux objectifs du plan d'aménagement de la pêche sardinière, devrait se situer entre 170 et 180 jours/an. Ce qui correspond à une diminution moyenne de 10 pour cent par rapport à l'effort total observé actuellement (2004). Ces propositions semblent être les plus appropriées à appliquer sans compromettre ni la biomasse ni l'activité de pêche. De même, les analyses ont montré que les armateurs ne seraient pas capables de faire face à un surcoût du gasoil.

Mots clés: Atlantique centre marocain, sardine, senneurs, rentabilité, bioéconomie, MEFISTO, gestion des pêcheries

ABSTRACT

The study aims to understand and analyze the small pelagics fishery in the Central Moroccan Atlantic and to elaborate management recommendations. The work will consist primarily in a descriptive analysis of the fishery followed by a study combining two types of analyses:

1. The techno-socio-economic and financial analysis showed that the total expenditures of a coastal purse seiner is composed, on the one hand, of common expenses to the charge of the shipowner and the members of the crew (30 percent of the total cost, including 43 percent of taxes and other dues and 57 percent of exploitation costs) and, on the other hand, of costs only supported by the shipowner (70 percent of the total cost, with variable annual costs accounting for 40 percent and annual fixed costs accounting for 60 percent). These ship-owner costs are taken only after subtraction of the common expenses and the crew cost. The analysis of profitability shows that the economic performances of the purse seiners are influenced by ship size, fuel cost, the specific composition of the catches and their sale prices. The average profitability was estimated at 6 percent.
2. The bio-economic analysis, based on the Mediterranean Fisheries Simulation Tool model (MEFISTO), showed clearly that the recommended fishing effort needed to fulfil the sardine fisheries management objectives should range between 170 and 180 days/year. This corresponds to an average reduction of 10 percent compared to the total effort currently observed (2004). These proposals appear to be the most appropriate to implement without compromising the biomass and the fishing activity. In the same way, the analyses showed that the ship-owners would not be able to cope with an extra cost of fuel.

Keywords: Central Moroccan Atlantic, sardine, purse seiners, profitability, bioeconomy, MEFISTO, fisheries management

1. INTRODUCTION

Le Maroc dispose d'une expérience importante en matière de gestion des pêcheries des petits pélagiques. Une telle expérience est confirmée par l'existence de textes de loi qui datent des années 1930 et qui témoignent que la problématique du secteur existe depuis longtemps. Cependant, malgré les efforts réalisés par le gestionnaire marocain, les

problèmes n'ont pas cessé d'exister vu les changements continus dans l'environnement socio-économique et politique qui régit l'activité de la pêche au Maroc. Ces changements sont de plus en plus aggravés par les intérêts et les objectifs de gestion opposés des différents organismes et administrations. Ceci contribuera à la complexité de la coordination, de la planification et de la gestion de cette pêcherie. La réussite de la mise en œuvre des stratégies, programmes et politiques nationales sur la ressource nécessite impérativement d'organiser et coordonner entre les différents intervenants dans le secteur et de favoriser la coopération à tous les niveaux des pouvoirs publics et du secteur privé (l'industrie et les communautés des pêcheurs) afin d'assurer une gestion durable des pêcheries.

Devant l'importance socio-économique et la situation de plus en plus inquiétante de la pêcherie des petits pélagiques, vu l'état de surexploitation observé dans la majorité des stocks, le gestionnaire marocain est appelé à intervenir de manière urgente et efficace pour réorganiser et orienter cette pêcherie.

C'est dans ce contexte que la présente étude est effectuée pour: (i) contribuer à la compréhension des mécanismes qui régissent l'activité de la pêcherie des petits pélagiques en Atlantique centre marocain; (ii) déterminer comment les facteurs socio-économiques contrôlent les comportements des différents acteurs; et (iii) analyser, comprendre et prévoir l'évolution du système selon divers scénarios d'alternatifs économiques et de gestion. En effet, les politiques publiques et l'environnement économique influencent directement ou indirectement la nature, les modalités et la dynamique de l'activité de pêche. La méthodologie du travail, consiste à analyser la pêcherie à travers une analyse socio-économique et financière et une analyse bioéconomique de la pêcherie.

En effet, il est nécessaire de bien évaluer les gains et les coûts associés à l'activité de la pêcherie des petits pélagiques. Pour répondre à cet objectif, le présent travail présentera une étude socio-économique et financière des bateaux par classe de tonnage en jauge brute (TJB). Le but est de contribuer à l'évaluation des performances techniques, économiques et financières des senneurs côtiers de l'Atlantique marocain.

L'utilisation des techniques de modélisation bioéconomique de la pêcherie permettra par la suite de comprendre, de diagnostiquer la situation bioéconomique actuelle de la pêcherie, d'apprécier et de quantifier les effets possibles de l'application de certaines mesures de gestion. Le modèle utilisé dans le présent travail a été développé par une équipe composée de biologistes et d'économistes². Il prend l'appellation anglo-saxonne: "Mediterranean Fisheries Simulation Tool" et connu sous le nom abrégé MEFISTO (version 3.0).

² J. Lleonart et F. Maynou: Institut de Ciències del Mar (CSIC), Psg. Marítim de la Barceloneta 37-49, 08003-Barcelona (Spain).

R. Franquesa: Gabinet de Economía del Mar, ERE-310, Facultat d'Econòmiques, Universitat de Barcelona, Av. Diagonal 690, 08034-Barcelona (Spain).

2. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

2.1 Définition de la pêche étudiée

La pêche concernée par cette étude est définie selon les critères suivants:

Indications	Définitions
Zone de pêche	- Zone A située entre Safi et Sidi Ifni (32°30'N-29°30'N) - Zone B située entre Sidi Ifni et Cap Bojador (29°30'N-26°N)
Navires et engins de pêche	Tous les senneurs opérants dans la zone de pêche prédéfinie et utilisant comme engin de pêche une senne tournante et coulissante.
Ressources exploitées	* Espèce principale: • Sardine (<i>Sardina pilchardus</i>) * Espèces secondaires: • Maquereau (<i>Scomber japonicus</i> et <i>S. scombrus</i>) • Anchois (<i>Engraulis encrasicolus</i>) • Chinchard (<i>Trachurus trachurus</i>)
Année de référence	2004 (Les variables biologiques, techniques et économiques qui représentent l'état bioéconomique de base de la pêche en 2004 correspondront à l'année 0 (t0) du modèle bioéconomique.)
Caractéristiques de l'échantillon utilisé pour l'étude socio-économique	Principales caractéristiques
	Classes des bateaux selon le TJB
	[25-50] [50-70] [70-90] ≥90
	Nombre d'unités 14 18 30 7
	T.J.B moyen (Tx) 40 61 82 101
	Puissance motrice moyenne (CV) 225 342 383 409
	Age moyen des navires (ans) 41 26 18 12

2.2 Sources et description des données

Les données exploitées dans ce présent travail proviennent, d'une part des échantillonnages biologiques effectués par l'INRH-Agadir et, d'autre part, des données techniques et économiques collectées auprès des administrations et sur la base d'entretiens et d'enquêtes socio-économiques auprès des pêcheurs et agents comptables des bateaux. Afin de couvrir l'ensemble des catégories des bateaux, les données manquantes ont été collectées par échantillonnage représentatif de groupes homogènes de bateaux. Les données collectées sont soigneusement traitées pour tester leur degré d'adaptabilité aux particularités du modèle bioéconomique employé.

2.2.1 Données biologiques et paramètres démographiques du stock de la sardine

Les paramètres biologiques et démographiques nécessaires au démarrage du programme bioéconomique (MEFISTO) sont résumés à travers le tableau 1.

TABLEAU 1

Paramètres biologiques et démographiques du stock de la sardine

Paramètres de Von Bertalanffy* et de la relation taille-poids de Ricker**					Mortalité naturelle (M)	Nombre des cohortes
a	b	L _∞	K	t0		
0,0067	3,061	29,60	0,220	-2,6	0,56	7

* L'équation de Von Bertalanffy (1938) est donnée par: $L(t) = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$ avec

L(t): longueur du poisson.

L_∞: longueur totale du poisson s'il continue à croître indéfiniment.

K: coefficient de croissance.

t0: âge théorique qu'aurait le poisson si sa taille est théoriquement nulle.

t: âge du poisson.

** La relation taille-poids de Ricker (1980) est donnée par: $P = a \cdot L^b$ avec

P: poids du poisson (en grammes).

L: longueur totale (en cm).

b: facteur de condition ou constante allométrique.

a: constante de proportionnalité.

La mortalité naturelle (M) a été estimée sur la base de la méthode de Pauly (1980) en utilisant le software FISAT-II (Fish Stock Assessment Tools, FAO 2002). Cette méthode exige la connaissance de la température annuelle moyenne du milieu qui est estimée pour toute la côte atlantique marocaine à 19,35°C. (Orbi *et al.*, 1998; El Habouz, 1998-99).

Les vecteurs de la mortalité par pêche et le nombre initial d'individus par classe d'âge (F et N) ont été estimés moyennant une Analyse Virtuelle des Populations (VPA) par moyen du programme VIT (Lleonart et Salat, 1992). Les principaux résultats obtenus sont dressés dans le tableau 2.

TABLEAU 2

Données estimées de la maturité sexuelle, le nombre d'individus et la mortalité par pêche par classe d'âge

Âge des cohortes	Maturité sexuelle (%)	Nombre d'individus (N)	Mortalité par pêche (F)
0	19,96	1 902 301 836	0,044
1	52,99	1 040 280 427	0,833
2	92,85	258 350 890	0,717
3	99,98	72 069 578	0,185
4	100	34 209 229	0,241
5	100	15 355 904	0,093
6	100	7 988 799	0,024

Pour des raisons de manque d'études sur la sélectivité et la capturabilité (notamment en fonction de l'âge du poisson), on considère par hypothèse qu'il n'y pas de sélectivité et que tous les âges sont capturables. Par conséquent, le facteur de sélectivité (S) et le coefficient de capturabilité initiale (q_a) sont supposés égaux à 1.

Les proportions des rejets de sardine par bateau et par classe d'âge sont considérées comme nulles.

2.2.2 Données économiques et techniques

Les données économiques et techniques nécessaires pour le modèle bioéconomique utilisé, ont été organisées selon trois principales catégories: les données relatives à la flotte, les données relatives au navire et les données relatives au marché (tableau 3).

TABLEAU 3

Données économiques et techniques nécessaires au modèle bioéconomique MEFISTO

DONNÉES RELATIVES À LA FLOTTILLE	DONNÉES RELATIVES AU NAVIRE	DONNÉES RELATIVES AU MARCHÉ
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de bateaux dans la flottille étudiée = 351 senneurs côtiers. - Valeur payée au pêcheur par l'administration afin de quitter l'activité de pêche: au Maroc cette valeur est nulle. - Part de revenu total appartenant au propriétaire après avoir éliminé les coûts de carburant et de commerce = 47 pour cent. Ce pourcentage tient compte de la prime de filet. - Augmentation annuelle de la capturabilité due au progrès technologique: vu le manque d'étude dans ce sens on attribue la valeur nulle à cette variable. - Augmentation annuelle de la capturabilité due au capital investi: vu le manque d'étude dans ce sens on attribue la valeur 1 à cette variable. - Proportion des bénéfices investis dans le capital. Estimés à 3 pour cent. - Nombre maximum d'heures de pêche/jour: 12 heures. - Nombre maximum de jours de pêche/an fixé (observé) = 345 jours. - Nombre moyen d'heures de travail par jour = 9 heures. - Nombre moyen de jours de travail/an = 195 jours. - Consommation moyenne quotidienne de glace par navire = 0 Dh. - Coûts de commercialisation qui se composent de: taxe de péage, taxe de pesage, taxe parafiscale (taxe de criée), taxe régionale ODEP et ONP, prélèvements de l'œuvre royale de sauvetage, prélèvements de la caisse nationale de sécurité sociale, prélèvements du comité des oeuvres sociales des professionnels de la pêche côtière d'Agadir et prélèvements de la caisse de secours = 10 pour cent. - Le taux maximum de financement supporté par la banque est de 70 pour cent. (40 pour cent observé). - Prix moyen du carburant = 3 884 Dh/litre. - Coûts d'opportunité (%). c.à.d. le coût de l'usage du capital investi, équivalent au gain maximum que l'on aurait pu obtenir dans le meilleur emploi alternatif possible. Le coût retenu est de 2,23 pour cent de la valeur de l'unité. Il représente le taux de rémunération de l'épargne au niveau de la banque centrale du pays (Bank Al-Maghrib, 2004). - Coûts financiers (%): coût de paiement des crédits de la banque = 10,3 pour cent. - Proportion de l'augmentation de l'effort quand les bénéfices sont positifs: Cette proportion est estimée par le rapport moyen entre le nombre des marées totales et le nombre de marées avec production = 1 536. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capital du bateau (approché par sa valeur actuelle en incluant l'ensemble des équipements et les engins de pêche). Il est estimé par classe de TJB. - Capacité: la mesure de capacité utilisée est le tonnage en jauge brute (TJB). - Dettes envers la banque au temps 0 (2004) par navire: En raison d'indisponibilité de données fiables, il a été considéré que ces dettes étaient nulles pendant l'année de référence 2004. - Consommation en carburant: estimée en litre/ jour. - Taille de l'équipage du navire, y compris le propriétaire s'il en fait partie. - Dépenses quotidiennes autres que le carburant et la glace (ex: réparation de filet, vivres...) - Dépenses annuelles (ex: réparations de moteur et de la coque, licence de pêche...). - Pourcentage des coûts annuels fixes (ex. licence de pêche). - Pourcentage des coûts annuels variables (ex: peinture, réparations). - Booléen (0-1) indiquant si le navire était en activité à l'année 0 de la simulation: dans notre cas tous les bateaux étaient actifs durant l'année de références 2004. - Effort du navire en termes d'activité: nombre de jours par an (même définition utilisée par MEFISTO). - Capturabilité par bateau supposée égale à 1. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prix de base ou prix moyen de l'espèce principale (sardine), $g_1 = 1\,254$ Dh/kg. - Coefficient de régression de la relation âge-prix: entre les prix et les moules de la sardine $g_2 = -0,005$. - Coefficient de régression de la relation offre-prix, relative aux captures: entre les prix et les productions de la sardine $g_3 = 0$. - Coefficient de régression de la relation offre-prix, relative aux importations: égale à 0 puisqu'il n'y a pas d'importations de sardine, $g_4 = 0$. - Variable de contrôle = 1. - Écart type de la variation des prix (= 0 à l'année zéro de simulation). - Type de fonction qui relie les espèces principales (sardine) et les espèces secondaires (maquereau, anchois, chinchard): $C_j = \mu_{ij} + v_{ij} C_i$. - Paramètre $\mu_{ij} = 21140$: intersection du graphique de la relation entre le poids total C_j de toutes les espèces secondaires j et le poids total de l'espèce principale C_i. - Paramètre $v_{ij} = 0,2809$: pente du graphique de la relation entre le poids total C_j de toutes les espèces secondaires j et le poids total de l'espèce principale C_i. - Prix moyen des espèces secondaires (4 163 Dh/kg)

3. ASPECTS SOCIO-ÉCONOMIQUES ET ANALYSE FINANCIÈRE DE LA PÊCHERIE DES PETITS PÉLAGIQUES EN ATLANTIQUE CENTRE MAROCAIN

3.1 Analyse des circuits de commercialisation

La pêche des petits pélagiques domine de manière très claire l'activité halieutique au Maroc. En effet, durant l'année 2004, les senneurs marocains ont réalisé 748 058 tonnes de petits pélagiques pour une valeur de 1 milliard 250 millions de Dh. Cette production représente 82 pour cent de la production totale. La composition spécifique en petits pélagiques est dominée principalement par la sardine qui représente à elle seule 86 pour cent de la production des petits pélagiques. Les prises de maquereau représentent 9 pour cent, suivi du chinchard avec 2 pour cent et de l'anchois avec 1 pour cent.

A l'échelle nationale, l'analyse de l'écoulement de la production des petits pélagiques a montré qu'en 2004, 48 pour cent des captures sont destinées aux unités de la farine et de l'huile de poisson, 35 pour cent sont traitées au niveau des unités de conserve, 12 pour cent sont acheminées vers le marché de consommation de bouche et 3 pour cent vers les unités de congélation. De faibles parts sont réservées à la salaison ou comme appâts pour d'autres pêcheries.

A l'échelle de la zone d'étude, on trouve que 47 pour cent des captures sont destinées aux usines de sous-produits, 26 pour cent aux usines de conserves et 22 pour cent aux marchés de consommation humaine (poisson de marée). La congélation se fait par certaines usines de conserve (3 pour cent), principalement pour assurer l'approvisionnement en matière première pendant les périodes de faible production.

Les usines de conserve s'approvisionnent selon un système tournant de répartition des apports: l'écoulement de la production suit l'ordre d'une liste pré-établie d'usines demanderesse selon des quotas définis au préalable en fonction des capacités d'absorption des conserveries, du nombre de bateaux sortis en mer et des apports potentiels. En cas de forte production, le Comptoir d'agrèage du poisson industriel (CAPI) détermine la quantité de poissons que chaque senneur peut livrer aux usines de conserve. Ces dernières peuvent s'approvisionner également, mais rarement, directement auprès des bateaux avec lesquels elles ont des contrats de vente et dont la production leur est livrée directement.

De manière générale, les usines de sous-produits absorbent la grande partie des débarquements des petits pélagiques. Ceci est expliqué principalement par deux raisons: d'une part, les bateaux ne disposent pas de moyens de conservation à bord et les captures sont déposées dans des cales, en vrac et sans glace, ce qui détériore leur qualité. D'autre part, la capacité des conserveries est inférieure aux tonnages débarqués, surtout durant les périodes de forte production.

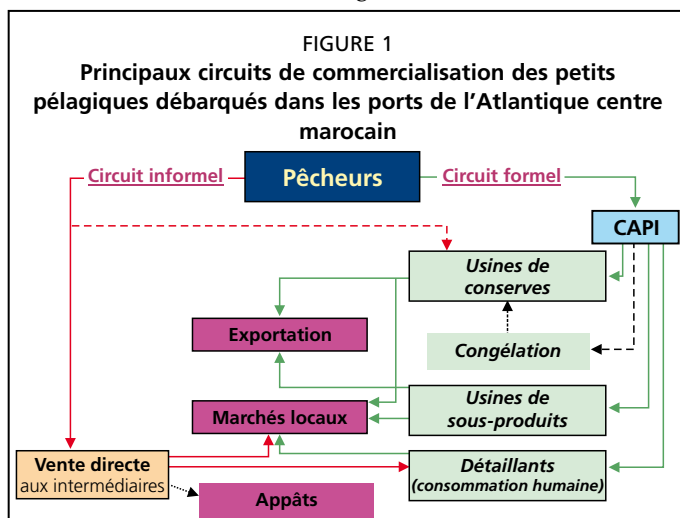
Dans le cas où le tonnage déclaré est très faible (de manière générale moins de 3 tonnes) la production est destinée à la consommation humaine en passant par une criée au niveau du CAPI. La production est transportée dans des camions isothermiques et pesée sur un pont bascule afin d'enregistrer le tonnage exact des ventes. Ce tonnage servira par la suite au calcul des montants des taxes et des prélèvements imposés sur le chiffre d'affaires brut.

La pratique des ventes illicites³ est fréquente chez les sardiniers qui ne déclarent pas leurs captures sous le prétexte que les tonnages de poissons sont très faibles et sont considérés par conséquent comme "FAKIRA"⁴. Dans ce cas, la production est vendue dans les cales des bateaux à des intermédiaires qui se chargent à leur tour à revendre la production sur le quai soit aux usines, soit aux détaillants. En conséquence,

³ Selon Y. Elghoulam en 2004, les sardiniers vendent en circuit informel 37,7 pour cent de leurs débarquements effectifs au port d'Agadir.

⁴ FAKIRA: Nom local signifie "prime des matelots", prélevée soit en nature (poisson) soit en espèces (argent) avant la vente de la production. Le montant de cette prime est de manière générale équivalent à celui d'une part (tableau V) et partagé sur l'ensemble des marins. De même, les ventes illicites passent également sous la même appellation.

le bateau est enregistré au niveau du CAPI comme n'ayant effectué aucune capture ou



même aucune marée. Ceci peut affecter considérablement la qualité des données statistiques enregistrées officiellement, notamment en ce qui concerne la production et le nombre de marées effectué par bateau. D'autre part, les grands tonnages de poissons, souvent usinables, peuvent être sous-déclarés au niveau du CAPI pour contourner le lourd système de taxation en profitant du manque de sévérité du contrôle des débarquements.

Les circuits de commercialisation les plus fréquents peuvent être schématisés (voir figure 1).

3.2 Analyse des systèmes de formation des prix

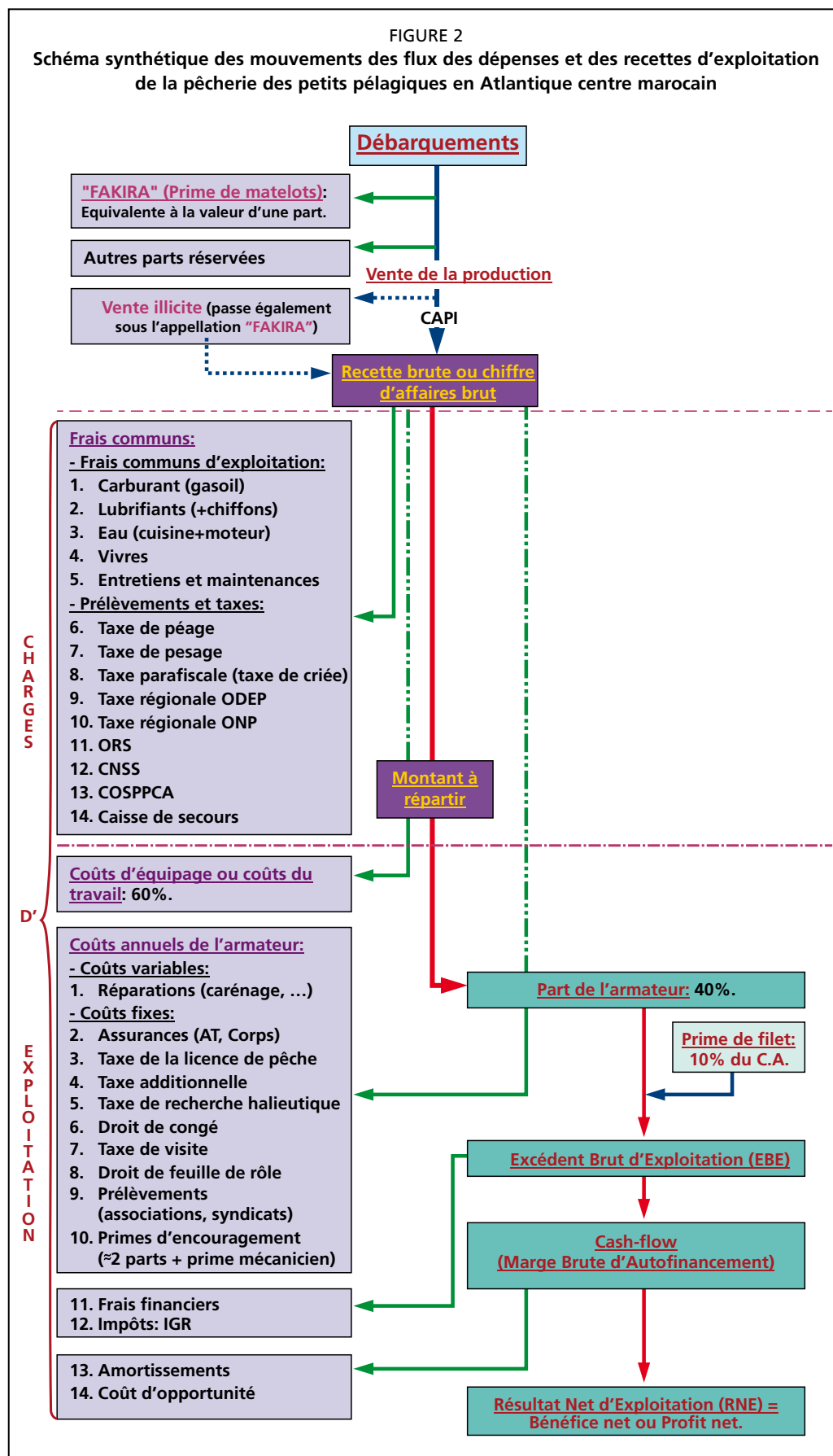
A l'exception du poisson destiné au marché en frais, la formation des prix au débarquement ne repose pas sur une vente aux enchères. Les prix de la sardine sont fixés périodiquement (selon l'état de la pêcherie) au cours d'une réunion entre l'administration, les industriels et les armateurs. Les termes de l'accord font l'objet d'un arrêté ministériel⁵ qui détermine soit un prix minimum, un prix maximum ou un prix fixe. Les prix diffèrent selon la destination du poisson (conserves, congélation, sous-produits). Les autres espèces de petits pélagiques, autres que la sardine, sont généralement vendues selon un système de vente aux enchères.

La stratégie de fixation des prix selon les différents débouchés repose donc sur le principe du maintien d'un minimum de rentabilité de la pêcherie des petits pélagiques et se fonde sur des considérations de débouchés et non pas sur des considérations d'abondance du stock (Meuriot, 1987). Cette mesure stratégique a pour caractéristique d'éviter la chute du prix moyen des apports en raison d'une surabondance des débarquements par rapport aux possibilités d'absorption des usines. Cependant, ce système de fixation des prix et de destination des apports montre des défaillances qui résident principalement dans l'affaiblissement de la relation de dissymétrie existante entre l'offre et la demande: Le produit de la pêche possède un caractère périssable et les bateaux ne disposent pas de capacité de stockage, les pêcheurs se trouvent donc forcés à vendre leurs captures le jour même. Par contre, les conserveries ont la possibilité de retarder temporairement leurs achats (main d'œuvre flexible, équipements souvent déjà amortis, etc.). Par conséquent, le système aboutit à un manque de flexibilité d'ajustement des prix et de la qualité des apports à l'évolution des marchés. En conséquence de ce dysfonctionnement de la loi de l'offre et de la demande, les prix fixes ne sont donc pas réels et n'émettent pas de vrais signaux sur la valeur réelle des poissons débarqués.

3.3 Analyse des comptes d'exploitation et de la structure des coûts des senneurs par classe de TJB

L'analyse détaillée des différents composants des coûts et des recettes a permis de dresser un schéma synthétique (figure 2) résumant les mouvements des flux des dépenses et des recettes d'exploitation de la pêcherie des petits pélagiques.

⁵ La fixation des prix est régit par le dahir n° 1-58-321 du 1er jourmada I 1378 (13 novembre 1958) relatif au prix du poisson industriel (B.O. du 5 décembre 1958, p. 1969).



3.3.1 Comptes d'exploitation des sardiniers par classe de TJB

TABLEAU 4

Comptes d'exploitation annuels des sardiniers par classe de TJB

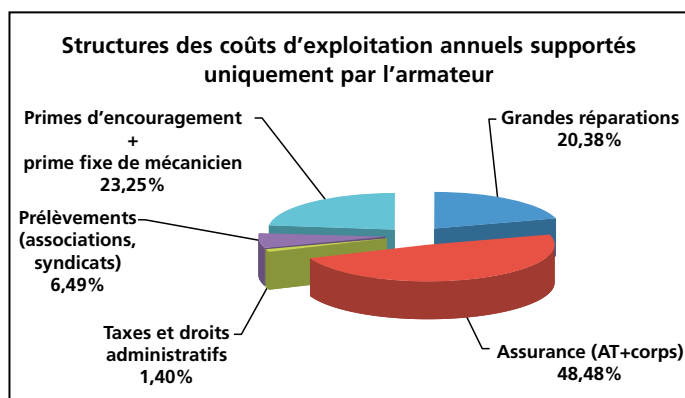
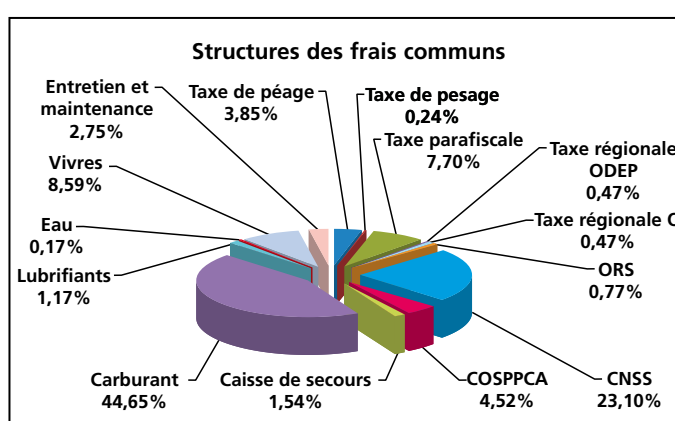
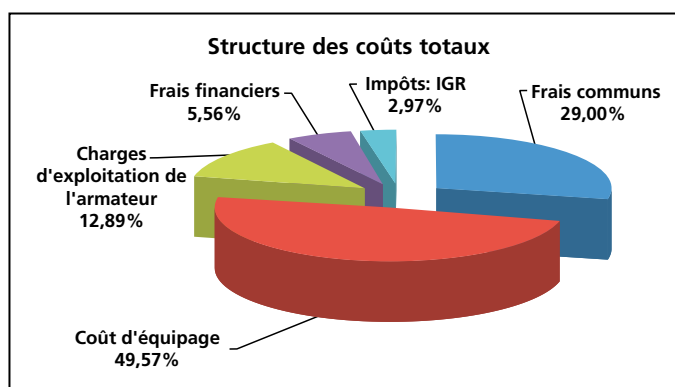
Désignation	Classes des bateaux selon le TJB			
	[25-50]	[50-70]	[70-90]	≥90
Capital moyen des navires (Dh)	2750000	3410000	3870000	4400000
Production moyenne (tonnes)	1818	2593	3203	3680
(I) Effort de pêche total (jours)	207	232	240	251
(II) Chiffre d'affaires brut moyen (Dh)	1599774	2394710	3058048	3777314
Frais communs par an (Dh):				
* Prélèvements et taxes:				
1. Taxe de péage	15998	23947	30580	37773
2. Taxe de pesage	1091	1556	1922	2208
3. Taxe parafiscale (taxe de criée)	31995	47894	61161	75546
4. Taxe régionale ODEP	1963	2936	3747	4621
5. Taxe régionale ONP	1963	2936	3747	4621
6. ORS	3200	4789	6116	7555
7. CNSS	95986	143683	183483	226639
8. COSPPCA	18797	28138	35932	44383
9. Caisse de secours	6399	9579	12232	15109
* Frais communs d'exploitation:				
10. Carburant (Gasoil/an)	181078	276803	339180	459324
11. Lubrifiants	6221	8110	8390	10309
12. Eau (cuisine+moteur)	829	1159	1199	1509
13. Vivres	24144	47861	64667	105032
14. Entretien et maintenance	14500	18000	20000	25000
(III) Total des frais communs (Dh/an)	404165	617391	772355	1019629
(IV) Montant à répartir = (II) - (III)	1195609	1777319	2285693	2757685
(V) Coût d'équipage ou coût du travail = 60% x (IV)	717365	1066391	1371416	1654611
Montant moyen de la part /sortie en mer = (V) / (I)/(nombre moyen des parts)	92	122	152	174
(VI) Part qui revient à l'armateur = 40% x (IV)	478244	710928	914277	1103074
Charges d'exploitation annuelles de l'armateur (Dh)				
* Coûts variables				
1. Grandes réparations (carénage, ...)	50000	60000	65000	80000
* Coûts fixes				
1. Assurance AT	41594	62262	79509	98210
2. Assurance Corps	47993	71841	91741	113319
3. Taxe de la licence de pêche	1500	2500	2500	2929
4. Taxe additionnelle	75	250	250	293
5. Taxe de recherche halieutique	975	1625	1625	1904
6. Droit de congé	100	150	150	164
7. Taxe de visite	50	100	100	129
8. Droit de feuille de rôle	25	25	25	25
9. Prélèvements (associations, syndicats)	11998	17960	22935	28330
10. Primes d'encouragement y compris la prime fixe du mécanicien	45206	65498	82258	97861
(VII) Total des charges d'exploitation de l'armateur	199517	282212	346094	423164
(VIII) Prime de filet (moyenne/an)	159977	239471	305805	377731
(IX) Excédent Brut d'Exploitation = [(VI)- (VII)]+ (VIII)	438704	668187	873988	1057641
(X) Frais financiers	95095	137500	134836	172500
(XI) Impôts: IGR	40200	58277	78661	110882
(XII) Cash-flow = (IX) - [(X) + (XI)]	303409	472410	660492	774259
(XIII) Dotation aux amortissements	198500	219700	242500	276300
(XIV) Coût d'opportunité	61325	76043	86301	98120
(XV) Excédent Net d'Exploitation = (XII) - [(XIII)+(XIV)]	43584	176667	331691	399839
Taux de rentabilité = (XV)/capital du navire	1,6%	5,2%	8,6%	9,1%

3.3.2 Analyse de la structure des coûts

Sans compter les dotations aux amortissements et le coût d'opportunité, l'analyse de la structure des coûts globaux, montre une dominance claire du coût de travail qui occupe à lui seul la moitié des coûts totaux, soit 50 pour cent. Les frais communs se situent en deuxième rang avec 29 pour cent. Le reste des coûts se répartit entre les charges d'exploitation de l'armateur (12,9 pour cent), les frais financiers (5,6 pour cent) et les impôts (3 pour cent).

Les frais communs se composent de plusieurs coûts dont 44,7 pour cent pour les dépenses en carburant. Ce dernier poste constitue par conséquent l'élément principal qui peut briser la rentabilité de l'unité de pêche. La deuxième partie des coûts pesant lourdement sur la rentabilité du bateau est celle relative aux prélèvements de la Caisse Nationale de Sécurité Sociale (CNSS) avec 23,1 pour cent.

La partie des charges exclusivement supportées par l'armateur est dominée principalement par les frais d'assurance (AT: accident de travail et corps: bateau) avec 48,5 pour cent. En deuxième lieu, on trouve les primes d'encouragement en faveur du patron et second patron et la prime fixe du mécanicien avec 23,3 pour cent. Les grandes réparations occupent le troisième rang avec 20,4 pour cent. Le reste des charges de l'armateur est partagé entre prélèvements, taxes et droits administratifs avec 7,9 pour cent.



3.4 Analyse des indicateurs de rendements sociaux

3.4.1 Système de rémunération du travail et analyse des revenus des membres de l'équipage

Les membres de l'équipage des senneurs ne sont pas rémunérés par un salaire fixe, ni même par un salaire minimum garanti, comme c'est le cas dans la pêche hauturière. Le mode de rémunération des marins ou plutôt le mode de distribution du produit de la pêche repose sur un système dit «à la part» qui témoigne du caractère traditionnel de cette pêcherie. La valeur de la part dépend étroitement de la valeur des ventes et des frais communs. Le nombre de part revenant à chaque membre de l'équipage dépend de la nature de travail qui lui est confié (tableau 5).

TABLEAU 5

Équipage, système de partage et revenus estimés des membres de l'équipage des senneurs côtiers

Type de travail	Nombre de personnes à bord	Nombre de parts	Nombre de parts + primes (de la part de l'armateur pour encouragement)	Classes des bateaux selon le TJB			
				[25-50]	[50-70]	[70-90]	≥90
				Valeur moyenne de la part/marée (Dh)			
				91,64	121,91	151,56	174,33
				Revenu moyen selon le type de travail/marée (Dh)			
- Patron de pêche	1	3	3 + 1,5 en moyenne	412	549	682	784
- Second patron	1	2	2 + ¼ de la part	206	274	341	392
- Mécanicien	1	2	2 + prime fixe**/mois.	218	283	343	389
- Second mécanicien	1	1,25	1,25	115	152	189	218
- Personne chargée du ramassage de la corde de coulisse (Couba*)	1	1,25	1,25	115	152	189	218
- Personne chargée de tendre la corde de coulisse sur le treuil (Retenue ou Rnida ou tandour*)	1	1,25	1,25	115	152	189	218
- Canotier (guetteur)	1	1,5	1,5	137	183	227	261
- Ramendeur	1	2	2	183	244	303	349
- Chargé du ramassage des anneaux	1	1,5	1,5	137	183	227	261
- Matelots (nombre moyen de marins)	19	1 (x 19)	1 (x 19)	91,64 (1 741)	121,91 (2 316)	151,56 (2 880)	174,33 (3 312)
- Cuisinier	1	1,25	1,25	115	152	189	218
- Personne à terre chargée de gardiennage et de nettoyage du navire (Mousse*)	1	0,5	0,5	46	61	76	87
- Personne à terre chargée de l'agréeage (Gérant)	1	1	1	92	122	152	174
- Comptable	1	0,25	0,25 + ¼ de la part	46	61	76	87
Total	32	37,75					

* Appellations locales.+

** Vue la nature du travail du mécanicien qui nécessite un suivi quotidien de l'état de la mécanique des moteurs, il reçoit mensuellement une rémunération fixe de la part de l'armateur même si le bateau n'est pas opérationnel. Le montant de cette rémunération dépend de la taille et de l'état du navire et surtout de l'état du moteur. Il varie généralement entre 600 Dh et 850 Dh et même plus avec une moyenne de 750 Dh/mois.

Les résultats montrent que la valeur moyenne de la part augmente sensiblement avec la taille du bateau. Cette valeur passe du 92 Dh/marée pour la classe des bateaux de faible tonnage à 174 Dh/marée pour la classe des bateaux de grand tonnage.

3.4.2 Analyse des revenus des armateurs et des rentabilités des sardiniers par classes de TJB

En se basant sur l'Excédent Net d'Exploitation (après amortissement et enlèvement du coût d'opportunité) (tableau 4), les revenus des armateurs sont toujours positifs et augmentent clairement avec la taille des bateaux. Les revenus nets des grands navires peuvent atteindre en moyenne 399 839 Dh/an, ou neuf fois ceux des petits navires. Cette grande différence peut être expliquée par le fait que le bateau disposant d'un TJB élevé, travaille plus de jours durant l'année, avec un taux plus important de marées réussies (avec apport), leurs stratégies de pêche étant orientées vers les zones de pêche les plus riches. Ceci minimise la part des coûts fixes relatifs à chaque marée. En effet, dans l'activité de pêche, se cachent des dépenses annuelles à la charge de l'armateur qui ne peuvent être supportées à l'échelle de la marée que si le nombre de jours de travail est élevé.

Le taux de rentabilité passe de 1,6 pour cent pour la classe des petits bateaux à 9,1 pour cent pour la classe des grands bateaux (tableau 4). Le taux de rentabilité moyen de toute la flottille est estimé à 6 pour cent. Étant donné que le coût d'opportunité est

considéré dans le calcul de ce taux, sa valeur positive montre que l'activité de pêche des petits pélagiques en Atlantique centre marocain est relativement rentable, non seulement à l'échelle individuelle (navire), mais aussi à l'échelle de la région. Le coût d'opportunité retenu pour cette étude est de 2,23 pour cent de la valeur de l'unité. Ce taux représente le taux de rémunération de l'épargne au niveau de la banque centrale du pays (Bank Al-Maghrib, 2004).

4. ANALYSE BIOÉCONOMIQUE DE LA PÊCHERIE DES PETITS PÉLAGIQUES EN ATLANTIQUE CENTRE MAROCAIN

4.1 Gestion des pêcheries des petits pélagiques au Maroc

Au Maroc, la gestion des pêcheries des petits pélagiques se base principalement sur les dispositifs suivants:

- La limitation de l'accès à la pêche: le gel des investissements visant la limitation de l'effort de pêche a été instauré depuis 1992.
- Les droits et taxes, se divisent en: (i) Taxes liées à l'exploitation, prélevées à base d'un pourcentage appliqué sur le chiffre d'affaires (péage, pesage, taxe parafiscale, etc.) ; et (ii) Taxes annuelles indépendantes du chiffre d'affaires; Elles se calculent à base du TJB (taxe de la licence de pêche, taxe additionnelle, taxe de recherche halieutique, etc.)
- Les interdictions temporaires et spatiales de la pêche: notamment au large des côtes comprises entre les parallèles 25° et 24°, sur une distance de 15 milles marins.
- L'interdiction des engins de pêche: le seul engin interdit depuis déjà 1958 est celui du Cerco ou Cercle américain.
- La réglementation des tailles marchandes: le moule maximum autorisé pour la sardine est de 40 unités/kg au sud du Cap Noun et de 45 unités/kg au nord du Cap Noun et en Méditerranée, pour le maquereau (20 unités/kg), pour l'anchois (60 unités/kg) et enfin pour le chinchard (14 unités/kg).

La mise en place d'un plan de gestion des pêcheries des petits pélagiques en Atlantique se traduit par une démarche différenciée en:

- i. un plan d'aménagement axé sur la préservation et la valorisation optimale des captures issues de la pêche de l'Atlantique nord et centre;
- ii. un plan de développement et d'aménagement pour la pêche sud.

Les objectifs du projet du plan d'aménagement se focalisent principalement sur la gestion de l'effort de pêche afin d'alléger la pression de pêche sur les stocks surexploités et afin d'assurer leur préservation durable. De même, ils visent à promouvoir et sécuriser les postes d'emplois et à préserver les investissements réalisés dans cette branche de pêche des petits pélagiques.

4.2 Fondements des modèles bioéconomiques en halieutique

L'analyse des systèmes d'exploitation des ressources vivantes de la mer se fonde sur les règles qui régissent les rapports entre les différents facteurs de production. Les interactions obéissent à trois caractéristiques fondamentales (Gilly, 1989):

- La première, biologique. Relève de la dynamique des populations. La capacité de régénération des stocks d'animaux marins est limitée et dépend de plusieurs caractéristiques endogènes (mortalité naturelle, vitesse de croissance) et exogènes (mortalité par pêche).
- La seconde ramène à la notion de propriété et concerne le caractère fugitif des ressources. L'appropriation des ressources n'existe qu'à partir de leur capture. Il est donc impossible de laisser des ressources dans la mer en ayant la certitude de les reprendre plus tard s'il n'existe pas d'engagement collectif entre tous les utilisateurs, ou d'allocation explicite de la ressource.

- La troisième, en référence à l'économie, dérive des deux premières. Aucun exploitant individuel n'a un contrôle direct (ou entier) sur son propre niveau de production. Chacun est maître du choix de la combinaison de facteurs qu'il utilise (montant de l'investissement, engins utilisés, durée d'exploitation), mais c'est l'interaction entre la taille des stocks et l'agrégation des décisions individuelles qui détermine la production de chaque exploitant.

Les conséquences économiques et sociales de ces interactions sont très importantes. Si on analyse la dynamique d'une pêcherie donnée dans une situation d'accès libre en l'absence de mécanismes de régulation, l'effort de pêche aura tendance à croître devant une situation de rentes positives. Chaque pêcheur tente d'obtenir une part plus importante de la richesse créée sur la pêcherie (surplus des producteurs). Les captures par unité d'effort auront alors tendance à diminuer, alors que les coûts unitaires de l'effort vont augmenter. Cette évolution se fera jusqu'à dissipation totale du surplus des producteurs, et même au-delà dans la mesure où les ajustements ne sont pas instantanés. Suite à cela, le système réagit et l'effort global diminue. Avec le temps, les rentes évoluent et deviennent positives en donnant lieu à l'augmentation de l'effort global et ainsi de suite jusqu'au point d'équilibre bioéconomique où le profit s'annule à long terme.

4.3 Brève présentation du modèle bioéconomique MEFISTO

Le modèle bioéconomique MEFISTO (Mediterranean Fisheries Simulation Tool) est un système de fonctions mathématiques qui a pour but de reproduire les conditions bioéconomiques dans lesquelles la pêche se produit et d'envisager des simulations stochastiques annuelles de différentes mesures de gestion. Il est adapté en même temps à la nature dynamique des ressources vivantes et aux rapports économiques qui régissent l'activité de pêche. Son critère principal de gestion est basé sur la limitation de l'effort de pêche bien que d'autres mesures techniques et économiques soient disponibles.

Le modèle a été construit sur la base de trois modules: Le module du stock simule la dynamique de la ressource halieutique; il reçoit chaque année des informations sur l'effort de pêche et sur la capturabilité auprès du module du pêcheur ou des données initialement introduites; il génère le volume de capture prévu pour l'année et le transmettra au module du marché qui à son tour convertit en valeur ces captures moyennant des fonctions de prix. Prenant en compte la fonction de capital, le module du pêcheur simule le comportement économique du pêcheur en introduisant la valeur calculée par le module du marché pour fournir l'effort de pêche et la capturabilité.

C'est un modèle fondé sur un système de rémunération dit «à la part». Il est multi-spécifique et multi-flottille et peut contenir par conséquent plusieurs modules de stocks, de marchés et de pêcheurs.

Le modèle a en revanche quelques limites. Il ne tient pas compte des considérations environnementales, ne considère pas les taux admissibles de capture (TACs) et les mesures administratives économiques acquièrent autant d'importance que les mesures techniques. De même, l'utilisation de ce modèle demande une base de données très importante. L'absence de bonnes sources d'information implique que la certitude scientifique des résultats obtenus est mise en jeu.

4.4 Choix des scénarios de gestion et conditions de simulation

Les simulations ont été réalisées selon deux groupes de scénarios. Le premier est relatif à l'analyse des résultats des simulations en l'absence de toute mesure de gestion. L'objectif est d'une part de tester la qualité des données utilisées en ignorant les variabilités stochastiques de recrutement et de prix et d'autre part de voir comment se comporte la pêcherie dans le futur si ces variabilités sont prises en compte. Le deuxième groupe de scénarios est relatif à l'analyse des résultats des simulations suite à l'application de certaines mesures de gestion. Ce groupe est fondé particulièrement

sur les objectifs du projet du plan d'aménagement proposé pour la pêcherie des petits pélagiques au Maroc, notamment sur le stock central de la sardine. Pour répondre aux objectifs dudit plan, on a effectué plusieurs scénarios basés principalement sur différents alternatifs de l'effort de pêche exprimé en jour.

Il a été également entrepris un ensemble de scénarios de différents alternatifs de prix du gasoil. Ceci est important vu l'augmentation remarquable à l'échelle mondiale du prix du carburant et qui pourrait porter préjudice à toute l'activité de pêche si des mesures d'accompagnements ne sont pas prises en considération.

La libéralisation des prix de la sardine destinée aux usines de conserve et de sous-produit a été également testée.

L'ensemble des simulations a été basé sur les conditions suivantes:

- Les simulations ont été réalisées avec 100 itérations et sur 25 ans de projection.
- L'analyse est effectuée à l'échelle de toute la flottille sardinière et non pas à l'échelle individuelle (unité de pêche).
- La mise en application des mesures de gestion a été supposée commencer à partir de l'année 2008 et les analyses ont été effectuées en distinguant entre le court (2009), le moyen (2013) et le long terme (2029).

4.5 Choix de la fonction de recrutement et calcul des variabilités

Pour des raisons de simplicité, la fonction de recrutement retenue est de type linéaire avec variabilité aléatoire: $R = (\alpha + \beta \cdot SSB) e^{\varepsilon}$. Les constantes α et β sont estimés moyennant une série de données relatives aux recrutements (R) et aux biomasses des stocks reproducteurs (SSB). Cette série de données a été préparée en réalisant des analyses virtuelles des populations (VPA) à l'échelle de plusieurs années. Les données utilisées dans la VPA ont été basées sur les productions annuelles de la sardine dans la zone d'étude (de 1983 à 2001). Les paramètres biologiques et de croissance de la sardine sont considérés les mêmes que ceux de l'année de référence 2004. α et β sont donc estimés respectivement à 0 et à 0,0524 ton⁻¹.

La variabilité dans le recrutement (ε est introduite dans MEFISTO sous forme de logarithme népérien de l'écart type. Dans ce cas, la variance n'est plus estimée par σ^2 , mais plutôt selon la formule suivante⁶: $\text{Var}(R) = (e^{2\cdot\mu + \sigma^2}) \cdot (e^{\sigma^2} - 1)$, μ et σ^2 représentent respectivement la moyenne et la variance de la variable $\text{Ln}(R)$. Vu la complexité de l'estimation de la variance selon cette formule, une représentation empirique a été proposée dans la même source⁵. Ainsi, dans la présente étude, ε a été approchée par l'équation empirique suivante: $\varepsilon = [\text{Ln}(R_{\max}) - \text{Ln}(R_{\min})]/4$. La valeur obtenue est: $\varepsilon_{\text{recrutement}} = 0,532$.

Quant à la variabilité du prix, elle est estimée par son écart type. Dans ce cas, il a été jugé inutile de passer par l'estimation de la variance des prix en utilisant la formule précédemment défini, puisque la distribution des prix suit une loi normale. Tout calcul fait, la valeur obtenue est: $\varepsilon_{\text{prix}} = 1,619$.

4.6 Analyse des résultats des scénarios de base sans intervention du gestionnaire

4.6.1 Scénario de base avec fonction de recrutement constante et variabilités nulles des prix et du recrutement

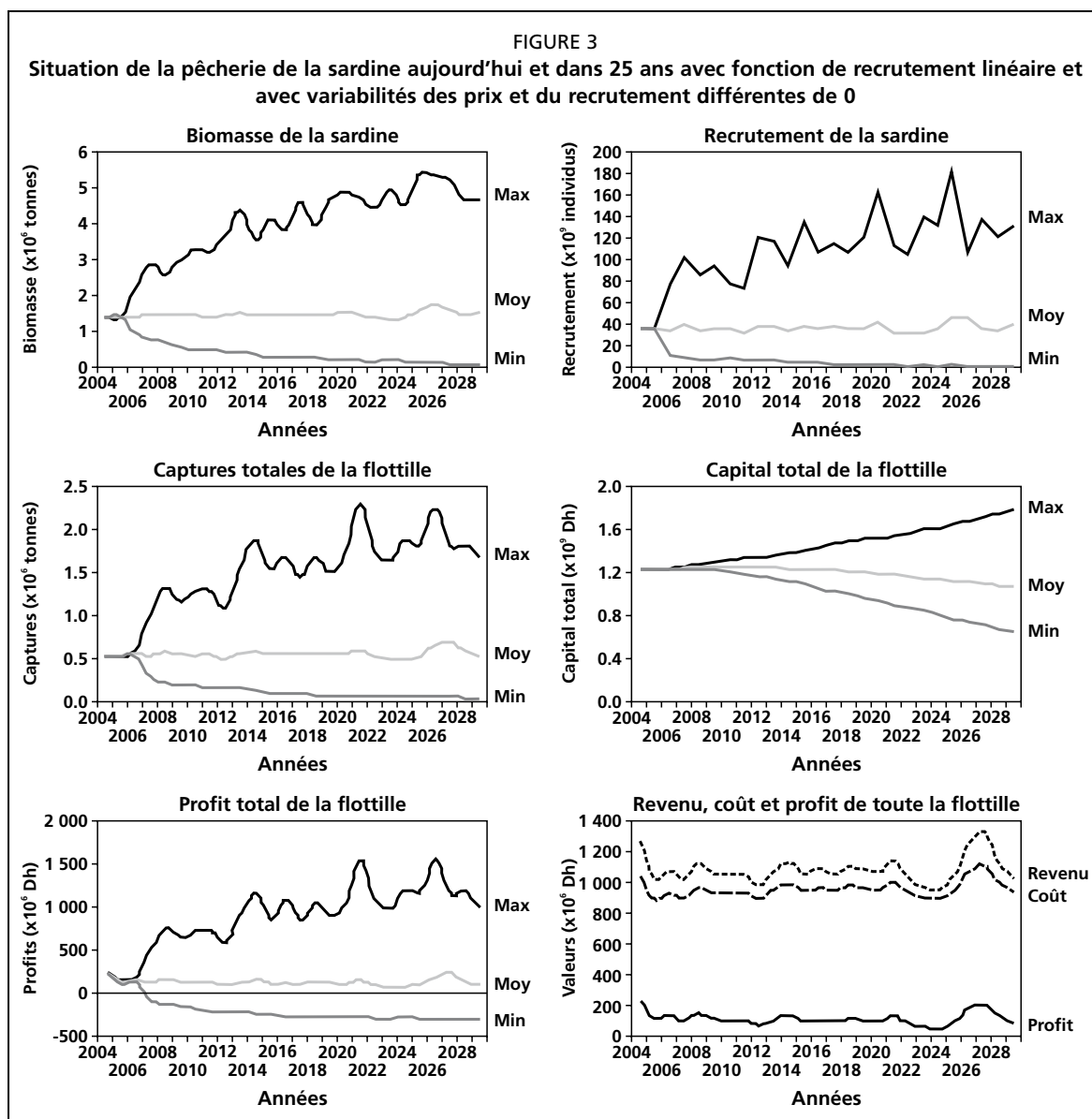
L'objectif de ce scénario est de tester la stabilité des données utilisées à travers le temps. Les résultats obtenus montrent qu'en absence de toute mesure de gestion et toute variabilité stochastique l'ensemble des indicateurs reste constant à travers les 25 ans de projection. Seul le capital total de la flottille enregistre une légère augmentation, expliquée surtout par la proportion des bénéfices réservés à l'investissement dans le

⁶ www.weibull.com/Acceltestweb/lognormal_distribution.htm

capital, estimée à 3 pour cent. A partir de ces résultats, on peut juger que les données utilisées sont homogènes et stables.

4.6.2 Scénario de base avec fonction de recrutement linéaire et variabilités des prix et du recrutement différentes de 0

Ce scénario de base donnera une idée approchée à la réalité de l'état de la pêcherie sardinière, à l'état actuel et à 25 ans de projection avec l'hypothèse de l'absence de nouvelles mesures de gestion durant cette période (figure 3).



A travers cette figure, on comprend aisément que la biomasse du stock de la sardine se caractérise par des fluctuations annuelles, influencées principalement par la variabilité dans le recrutement. Si on maintenait les mêmes conditions actuelles dans le futur, l'état moyen du stock ne subirait qu'une légère baisse. Mais il aurait de fortes probabilités d'augmenter ou même de baisser énormément à partir de l'année 2006. Les tendances de la production totale et des revenus générés dépendraient étroitement des niveaux des biomasses disponibles. Quant au capital total de la flottille, il connaîtrait une baisse avec le temps. Cette baisse peut être expliquée par l'apparition d'unités de pêche déficitaires et qui ne pourraient plus couvrir les dépenses annuelles relatives à l'investissement dans le bateau. Ceci implique que ces bateaux délaisseraient tous

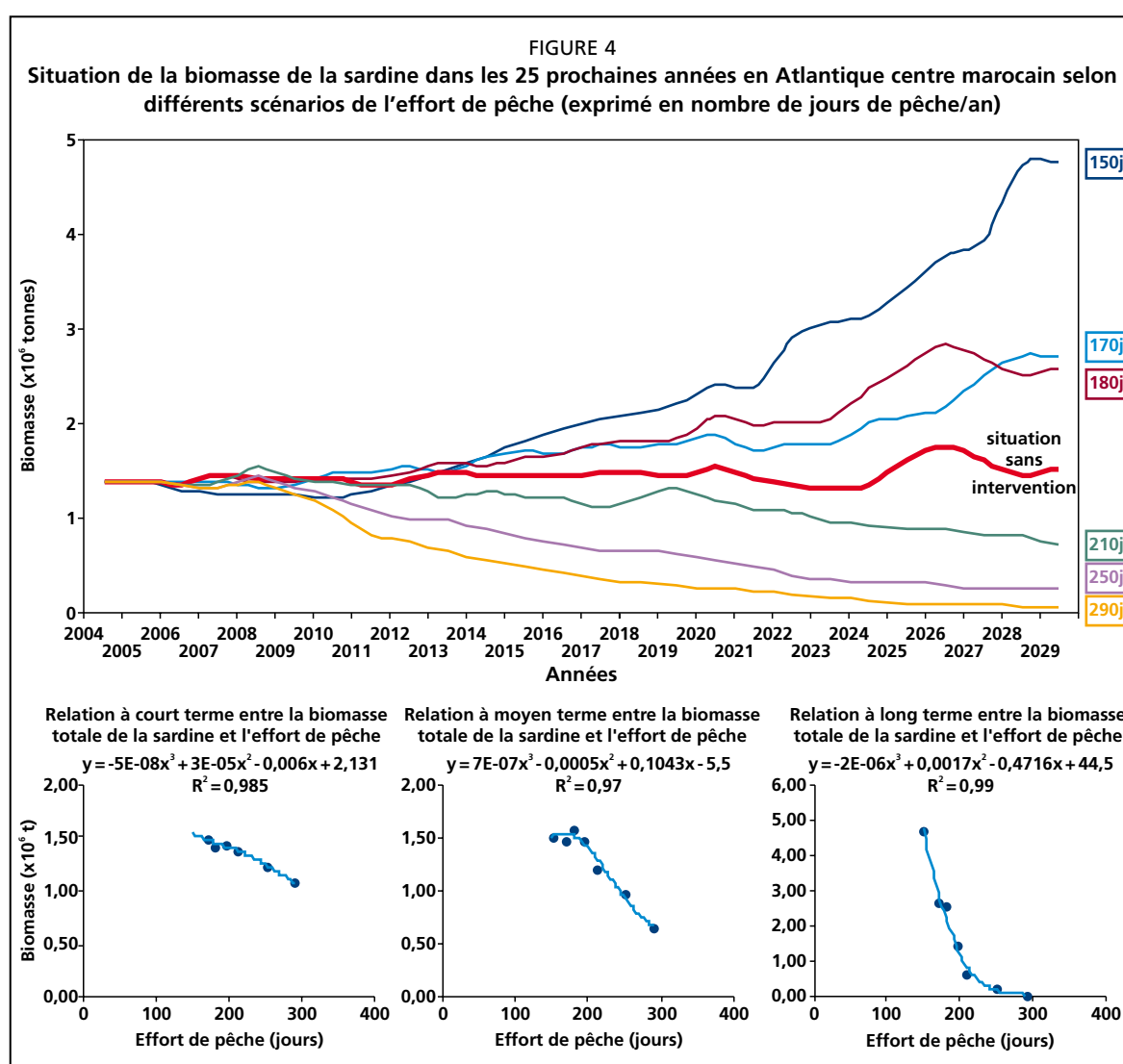
les coûts variables annuels (peintures, réparations, etc.), détériorant ainsi leur capital et celui de la flotte dans son ensemble. Cette constatation peut être appuyée par les niveaux de profits totaux qui s'abaisseraient avec le temps. La probabilité que les profits soient négatifs est de 15 pour cent en 2007 et atteint 28 pour cent en 2012.

4.7 Analyse des résultats des scénarios avec intervention du gestionnaire

4.7.1 Groupe I de scénarios: Limitation dans l'effort de pêche en termes de nombre maximum de jours de pêche par an

Six scénarios de l'effort de pêche ont été choisis: 150 jours/an, 170 jours/an, 180 jours/an, 210 jours/an, 250 jours/an et 290 jours/an. Le nombre moyen de jours de pêche observé à l'état actuel est estimé à 195 jours/an.

a. Effets sur la biomasse totale de la sardine

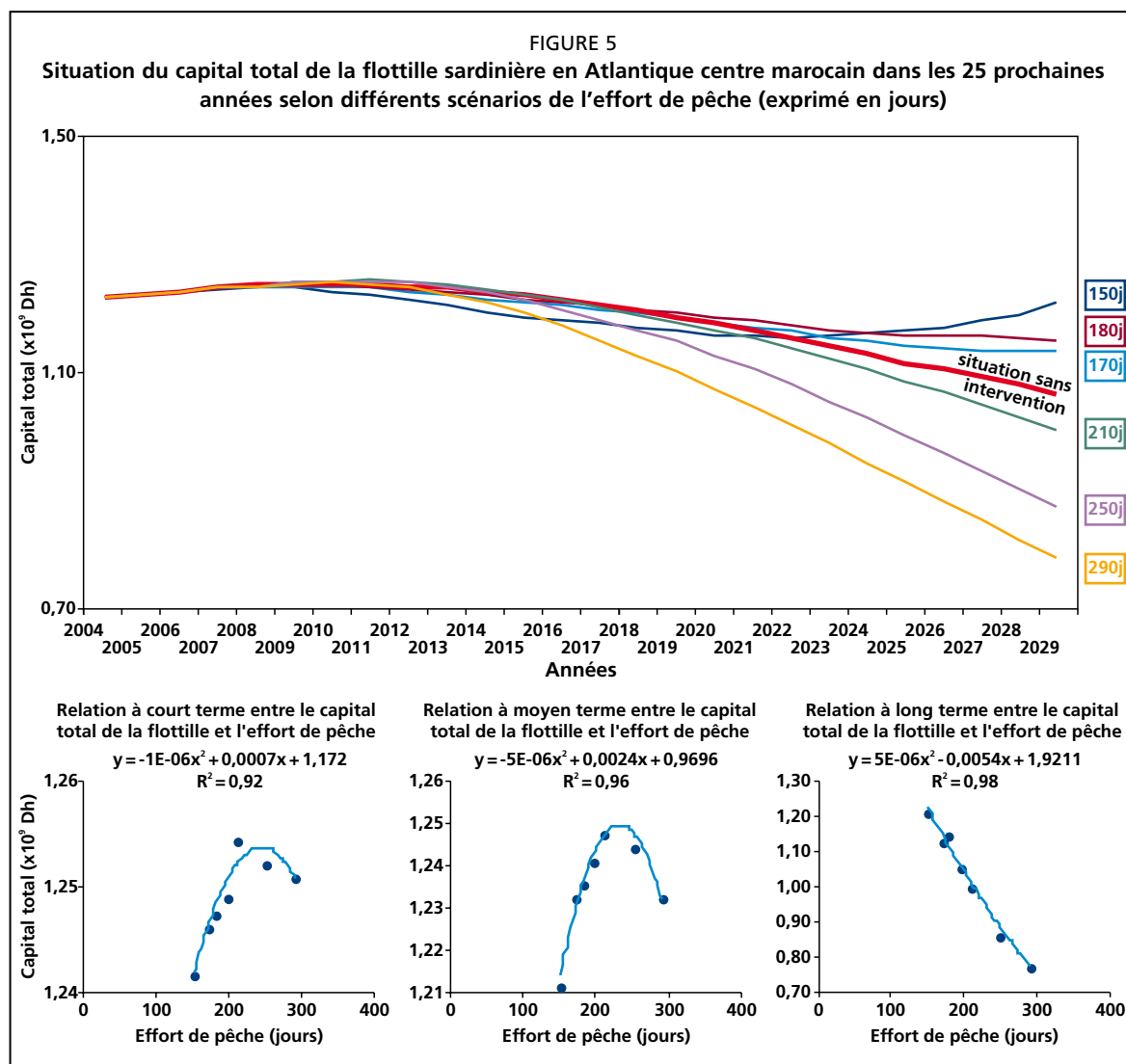


Les différents scénarios de la figure 4 montrent trois situations différentes:

- **Situation défavorable au stock:** Correspond aux scénarios avec un effort de pêche supérieur à celui observé à l'état actuel (195 jours/an). Avec ces scénarios, la biomasse est affectée juste après la mise en application de la mesure de gestion en 2008. Elle baisserait à des niveaux très critiques vers les dernières années de simulation.

- **Situation optimale:** Les scénarios correspondants aux efforts de 170 jours/an et 180 jours/an, semblent être les meilleures propositions de l'effort de pêche à appliquer sans porter préjudice ni à la biomasse ni à l'activité de pêche proprement dite.
- **Situation très favorable au stock:** Avec un scénario de 150 jours/an, la biomasse de la sardine s'améliore énormément et atteindrait des niveaux très élevés. Mais cette situation peut générer des problèmes sociaux suite à la baisse du nombre total d'heures de travail.

b. Effets sur l'évolution du capital total de la flottille des sennieurs

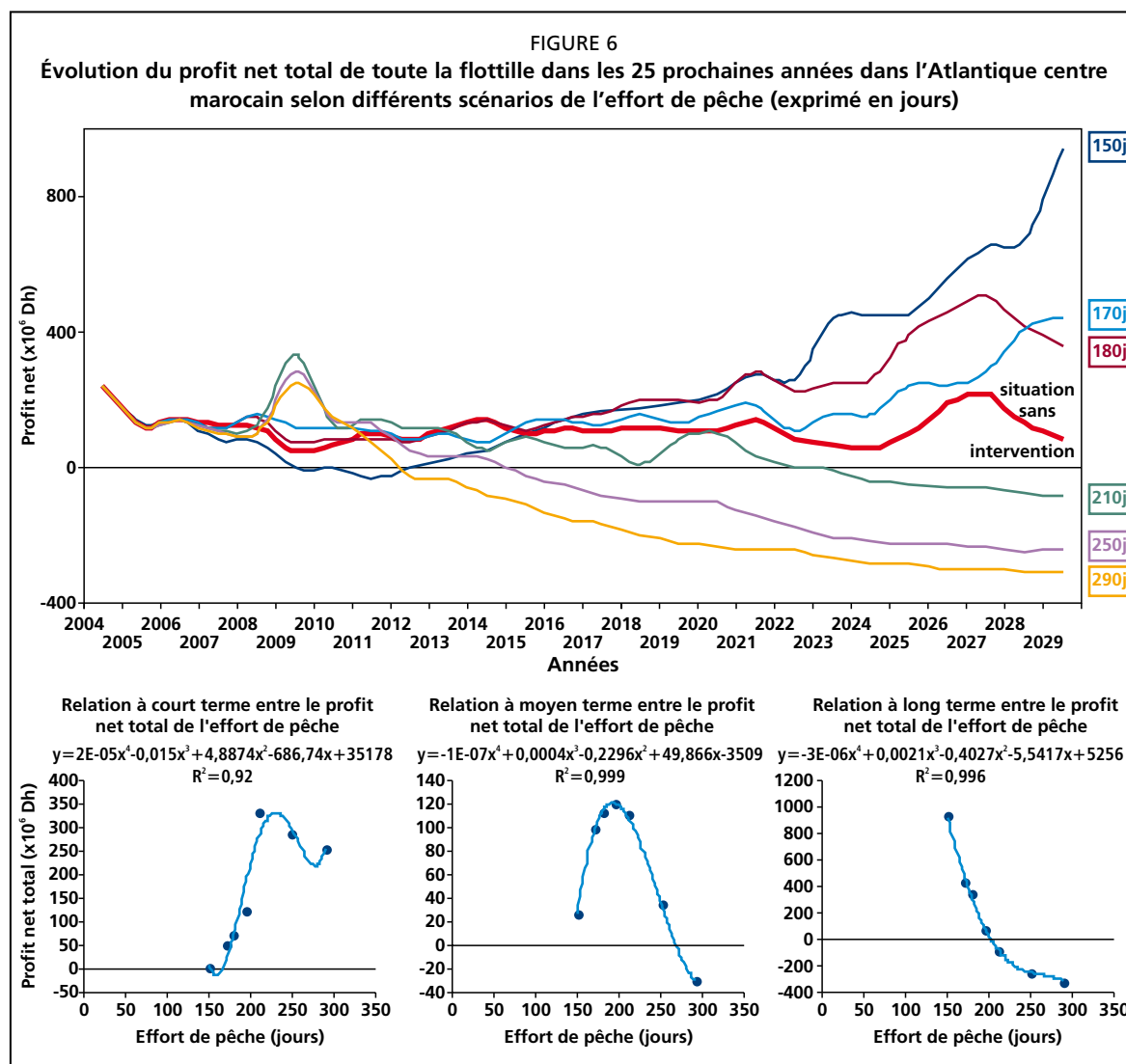


À long terme, l'augmentation de l'effort de pêche se traduit clairement par une forte diminution dans le capital total de la flottille. Cette diminution commencerait à être remarquée à partir des années 2014 et 2015 (figure 5). La diminution du capital est ressentie également pour le niveau d'effort observé à l'état actuel. Cette diminution dans le capital total de la flottille pourrait être expliquée par l'incapacité de certains armateurs, à moyen et à long terme, de supporter les coûts annuels variables destinés à la maintenance du bateau contre l'usure et qui garantit en conséquence la préservation de son capital.

La figure 5 montre également que l'effort de pêche qui pourrait garantir la préservation des investissements réalisés dans la branche de la pêcherie des petits

pélagiques, devrait être situé en dessous de 180 jours de pêche/an. Cependant, cet effort ne doit pas être inférieur à 150 jours/an afin d'éviter le risque d'une éventuelle chute du capital à moyen terme.

c. Effets sur l'évolution des profits nets totaux de toute la flottille



La figure 6 montre qu'à court terme les profits seraient de plus en plus importants avec l'augmentation du nombre de jours de travail. Cependant, cette situation ne durerait pas longtemps. Elle s'inverserait à moyen terme en faveur des faibles efforts et à long terme la relation entre les profits et l'effort de pêche deviendrait complètement négative. Pour les niveaux d'efforts supérieurs à 210 jours/an, les profits deviendraient négatifs avec le temps. Par conséquent, leur application n'est absolument pas recommandée. Avec un effort de 150 jours/an, le profit net de la flottille aurait une grande probabilité de devenir négatif à court et à moyen terme, alors qu'il dépasse tous les profits générés d'autres scénarios à long terme. Cet effort n'est pas recommandé vu que la possibilité qu'il soit négatif à court et à moyen terme pourrait engendrer des problèmes sociaux incontrôlables.

Ainsi, si on raisonne à court terme, l'effort recommandé devrait se situer aux alentours de 240 jours/an, alors que si le raisonnement se fait à moyen terme, l'effort recommandé devrait se situer aux alentours de 200 jours/an. Enfin, un effort inférieur à 150 jours/an est recommandé pour le long terme.

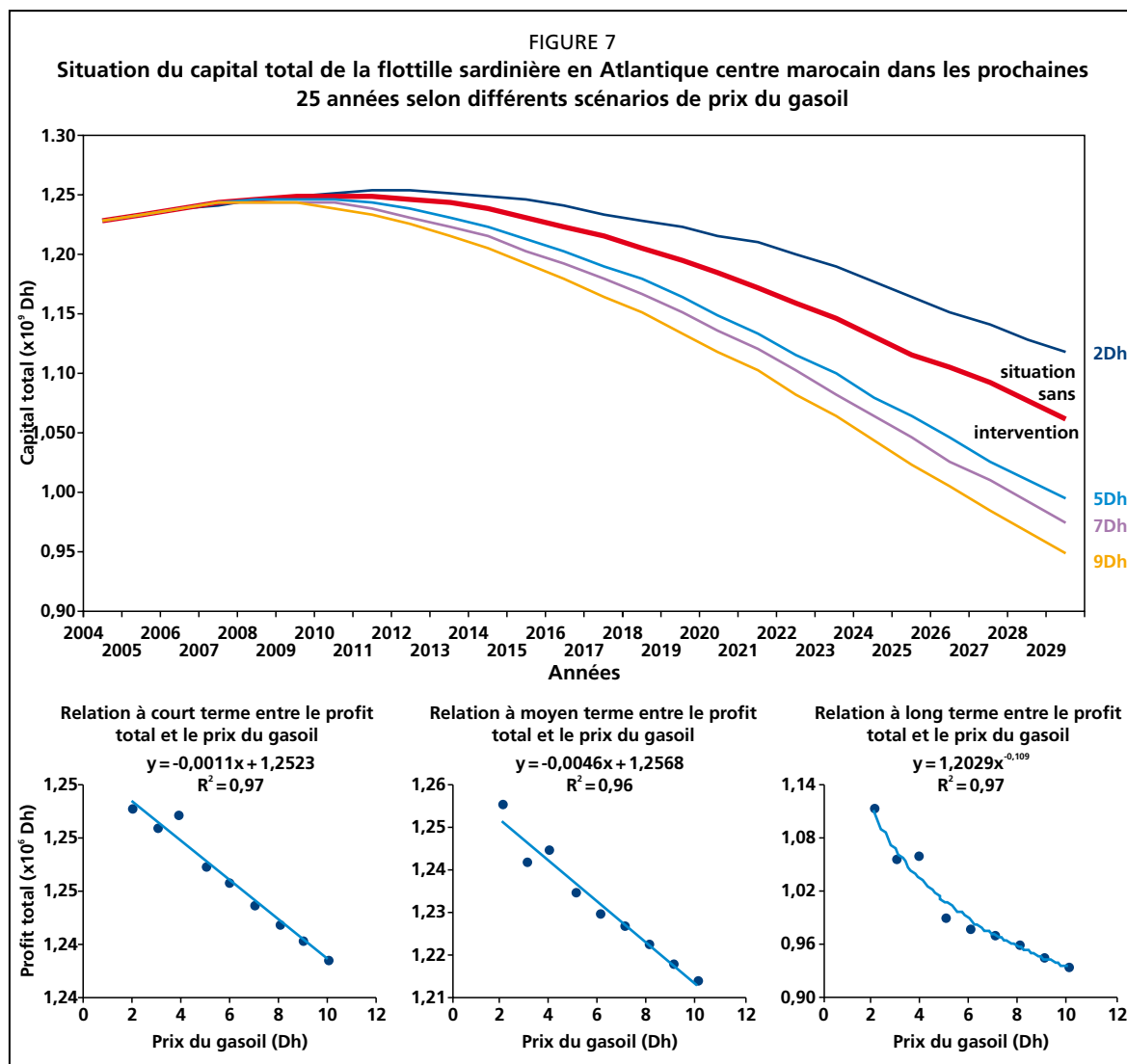
Cependant, une bonne gestion doit prendre en compte toutes les échelles de temps (courte, moyenne et à long terme). C'est pour cette raison que le raisonnement doit se baser sur le choix de la courbe de l'effort de pêche qui présente la meilleure trajectoire possible à toutes les échelles de temps et pour tous les indicateurs. Dans ce cas, l'effort de pêche recommandé est situé entre 170 et 180 jours/an. Ce qui correspond à une diminution de l'effort de pêche total de 8 pour cent à 12 pour cent par rapport à celui observé en 2004 (195 jours de pêche/an).

4.7.2 Groupe II de scénarios: Changement dans le prix du gasoil

On propose pour ce deuxième groupe de scénarios plusieurs alternatifs du prix du gasoil. Les prix proposés sont: 2 Dh/litre, inférieur au prix moyen observé en 2004 (3,88 Dh/litre), 5 Dh/litre, 7 Dh/litre et 9 Dh/litre.

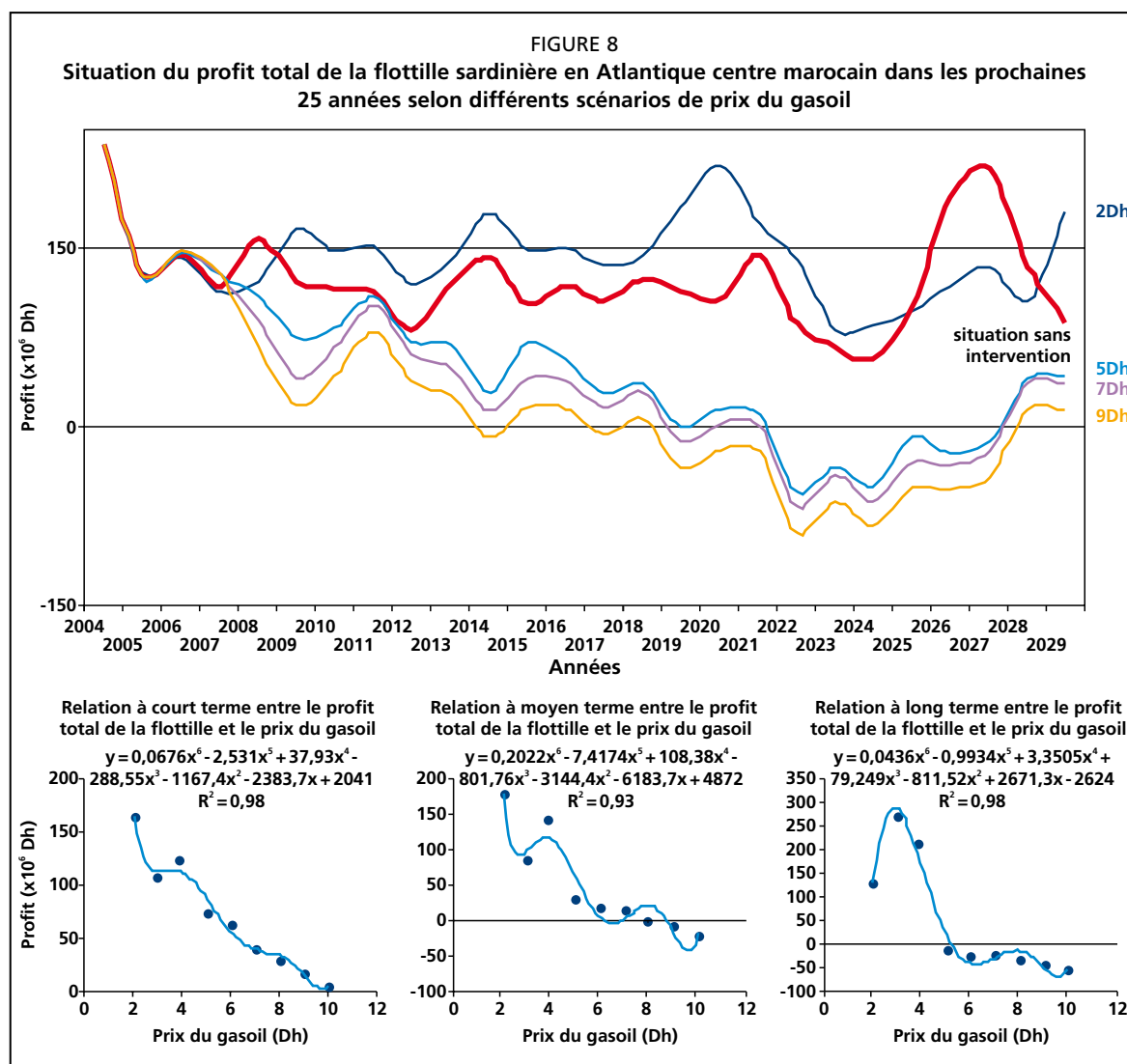
a. Effets sur l'évolution du capital total

L'effet du changement des prix du gasoil est clairement ressenti au niveau de l'évolution du capital total de la flottille. En effet, les simulations de la figure 7 montrent que l'augmentation du prix du gasoil aurait toujours un effet négatif sur le capital total.



b. Effets sur la situation du profit total

La figure 8 montre que les armateurs ne seraient pas en mesure de faire face à un surcoût du gasoil. En effet, la diminution du profit est de plus en plus accentuée lorsqu'on passe des prix faibles à des prix plus élevés du gasoil. À moyen et à long terme, avec des prix qui dépassent 5 Dh/litre, les profits auront tendance à être négatifs. Avec des prix inférieurs à la moyenne observée en 2004 (3,88 Dh/litre), les profits seraient normalement améliorés. D'après les résultats, on montre que le prix du gasoil d'environ 4 Dh/litre constitue la limite maximale que les armateurs pourraient supporter afin que leurs profits soient maintenus positifs.



4.7.3 Groupe III de scénarios: Libéralisation des prix de la sardine

À ce niveau, on propose d'analyser la situation de la pêche dans le cas où les prix de la sardine, destinée aux usines de conserve ou de sous-produits, seraient libéralisés. Par conséquent, on suppose dans cette nouvelle situation que ce sont les forces du marché qui donnent naissance aux prix en imposant la loi normale de l'offre et de la demande.

Afin d'apprécier clairement les effets des modifications des prix de la sardine, on a utilisé une base de données qui différencie entre toutes les catégories de la sardine commercialisée. Cette analyse est obligatoirement fondée sur l'hypothèse de l'absence d'effet d'autres facteurs à court et à moyen terme comme, par exemple, le développement des infrastructures, du transport, etc.

Les résultats des simulations ont montré une absence presque totale d'effet de la libéralisation des prix. Seule une très légère amélioration (négligeable) dans les revenus a été remarquée à moyen et à long terme. On a préféré ne pas présenter les résultats graphiquement, parce que les différences entre les deux situations ne sont pas lisibles.

Cette absence d'effet de libéralisation des prix peut être expliquée probablement par le fait que les prix de la sardine destinée aux conserveries et aux usines de sous-produits, bien que «fixés», sont révisés périodiquement en fonction de l'état de la pêcherie. Ceci est un mécanisme qui adapte ces prix fixes à la situation de l'offre et de la demande. Ainsi, les prix de la sardine usinable depuis 1941 à 1997 sont présentés dans le tableau 6.

TABEAU 6
Évolution des prix de la sardine usinable de 1941 à 1997

Année	Moule au kg	Prix à la tonne
1941-1942	1 à 35	1 800 Francs
	36 à 45	1 700 Francs
	46 à 60	1 600 Francs
1942-1943	1 à 45	2 500 Francs
	46 à 55	2 300 Francs
1930-1944	1 à 45	3 000 Francs
	46 à 55	2 800 Francs
1945-1946	62 maximum	3 300 Francs
1946-1947	62 maximum	6 000 Francs
1980	Non limité	850 Dh
1981-1982	18 à 30	920 Dh
1982-1983	18 à 30	1 000 Dh
1984	18 à 30	1 090 Dh
1985	18 à 30	1 150 Dh
1986	18 à 30	1 250 Dh
1990	18 à 30	1 620 Dh
1992	18 à 30	1 850 Dh
1997	18 à 30	Safi, Agadir, Essaouira: 1850 Dh
		Tan-Tan: 1 400 Dh
		Laâyoune: 1 350 Dh
		Dakhla: 1 000 Dh

Source: A. Tîmoule et DIP in L. Sbaï, 1999.

La libéralisation des prix aurait probablement un grand avantage si l'on considère d'autres variables qui ne sont pas introduites dans le modèle bioéconomique employé comme notamment: la qualité des produits débarqués, l'amélioration des circuits de distribution, l'encouragement des programmes de valorisation des produits de la pêche, etc. En effet, le système actuel de fixation des prix limite les améliorations technologiques à bord des senneurs visant à livrer un produit de meilleure qualité.

4.8 Recherche future dans les modèles bioéconomiques en halieutique

Les résultats obtenus par le modèle bioéconomique MEFISTO sont de grande valeur dans la mesure où ils permettent d'améliorer la compréhension des mécanismes par lesquels le système de pêche fonctionne. Le modèle permet de tester différentes mesures de gestion et de voir leurs effets sur les indicateurs de la pêcherie à court, à moyen et à long terme. Les résultats obtenus sont donc utiles non seulement au scientifique mais également à l'administrateur, au décideur et au pêcheur.

De tels intérêts justifient l'utilité d'investir dans un projet de recherche consacré au développement d'un modèle bioéconomique spécifique à l'étude des pêcheries

marocaines. Un modèle qui doit être adapté aux spécificités des pêcheries locales et qui tient compte des considérations environnementales comme celle du phénomène d'upwelling. Le modèle doit servir comme une référence et un outil consultatif qui peut agir en tant que banque d'essai pour analyser différentes options de gestion. Il doit contribuer à la compréhension de l'utilité ou non de certaines mesures de gestion et doit établir la différence entre le court, le moyen et le long terme en incluant la dimension temps. Il est important que le modèle tienne compte des différents indicateurs de la pêche (biomasse, recrutement, capital, profit, etc.) afin de tester simultanément les effets de chaque mesure sur ces indicateurs.

La réalisation d'un tel projet nécessite l'appui d'instituts scientifiques, d'administration et de la profession. Le projet exige la disponibilité d'une équipe multidisciplinaire composée notamment de biologistes et d'économistes. Pour assurer la réussite du projet, il est indispensable de mener des programmes de collecte des données (biologiques, techniques et économiques), de stimuler de manière approfondie des études biologiques et techniques, d'encourager parallèlement des études socio-économiques et d'assurer l'échange de l'expérience avec d'autres équipes scientifiques.

5. CONCLUSION

La méthodologie de travail souligne l'importance de combiner entre deux types d'analyses: l'analyse de la structure socio-économique de la pêche et l'analyse bioéconomique qui envisage des simulations dans les 25 prochaines années.

L'analyse socio-économique et financière de la pêche a montré que les dépenses d'un sennear côtier se composent de deux principales rubriques:

- Les frais communs supportés aussi bien par l'armateur et les membres de l'équipage (30 pour cent du coût total). Ces frais se décomposent en coûts d'exploitation (57 pour cent), dominés principalement par les dépenses en carburant (44,65 pour cent) et en taxes et prélèvements (43 pour cent).
- Les coûts supportés uniquement par l'armateur (70 pour cent du coût total). Ces coûts englobent l'ensemble des coûts annuels variables (40 pour cent) et fixes (60 pour cent). Les coûts de cette deuxième rubrique ne sont prélevés qu'après avoir enlever les frais communs et les frais d'équipage.

L'analyse des coûts et des revenus a mis en évidence que les performances économiques des sennears côtiers de l'Atlantique centre marocain peuvent être influencés principalement par le coût du carburant, la composition spécifique des captures et leur prix de vente qui dépendent étroitement des débouchés de commercialisation et de la taille du navire, étant donné que le taux de rentabilité des navires augmente avec le TJB. En effet, ce taux passe de 1,6 pour cent pour les petits bateaux à 9,1 pour cent pour les bateaux de grand tonnage. Le taux de rentabilité moyen a été estimé à 6 pour cent.

Les résultats de l'analyse bioéconomique montrent clairement que l'effort de pêche recommandé devrait se situer entre 170 et 180 jours/an, ce qui correspond à une diminution moyenne de l'effort total de pêche d'environ 10 pour cent par rapport à celui observé en 2004. Ces propositions sembleraient être les meilleures à appliquer sans porter préjudice ni à la biomasse ni à l'activité de pêche proprement dite.

L'analyse des simulations de différents prix de gasoil a prouvé que les armateurs ne seraient pas capables de faire face à un surcoût du gasoil.

Concernant l'analyse de la libéralisation des prix de la sardine destinée aux conserveries et aux usines de sous-produits, l'examen des résultats des simulations n'a pas montré grand effet. Cependant, il est recommandé, à travers ce présent travail, d'étudier cet aspect en introduisant d'autres variables plus pertinentes comme celles relatives à la qualité des produits de la pêche. En effet, l'allocation optimale entre les débouchés ne peut être obtenue que par les forces du marché qui sont liées à leur tour aux considérations de la qualité.

Les différents résultats obtenus à travers cette étude restent conditionnés par la fiabilité des données utilisées, mais dépendent aussi des limites du modèle bioéconomique employé qui ne tient pas compte des considérations environnementales comme par exemple celles relatives à l'upwelling.

A travers ce travail, il s'est avéré important de penser à développer un modèle bioéconomique plus adapté aux spécificités des pêcheries marocaines, tout en stimulant de manière approfondie les études biologiques et techniques et promouvoir parallèlement des études dans certains aspects économiques comme les études socio-économiques des pêcheries, les études de marché, etc.

6. RÉFÉRENCES

- Al-Maghrib Bank, 2004. *Rapport Bank AL-Maghrib - Exercice 2004*.
- El Habouz, H. 1998-99. *Conditions régissant les performances d'un sennneur marocain et cycle biologique de la sardine (Sardina pilchardus) et l'anchois (Engraulis encrasicolus), débarqués par la flottille sardinière active au large d'Agadir*. Étude des pêcheries pélagiques dans le cadre du projet "SARVAL". 19 pp.
- Gilly, B. 1989. *Les modèles bioéconomiques en halieutique: démarches et limites*. France. pp. 25-33.
- Lleonart, J. & Salat, J. 1992. *VIT Programa de análisis de pesquerías. Informes técnicos de scientia marina 168-169*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Barcelona. 116 pp.
- Meuriot, E. 1987. *Préparation d'un plan d'exploitation de la pêche de petits pélagiques au Maroc dans la zone Centre Atlantique: Analyse bioéconomique de la pêche*. FAO, projet: MOR/81/002. 98 pp.
- Orbi, A., Hilmi, K., Larissi, J., Zidane, H., Zizah S., El Moussaoui, N., Lakhdar, J.I. & Sarf., F. 1998. *Hydrologie et hydrodynamique des côtes marocaines: milieux paraliques et zones côtières*. Commissariat général Expo'98, Lisbonne. 68 pp.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil international pour l'exploration de la mer*, 39 (2): 175-192.
- Sbaï, L. 1999. *Pêche industrielle et industries de pêche au Maroc*. Rabat. 409 pp.

Socio-economic importance of small pelagics in livelihoods of fisheries communities in Northwest Africa

Importance socio-économique des petits poissons pélagiques comme moyen d'existence des communautés de pêche en Afrique du nord-ouest
(English only/En anglais seulement)

Asberr Natoumbi Mendy

Fisheries Department

6, Marina Parade, Banjul, The Gambia

<anmendy@yahoo.fr>

Mendy, A.N. 2011. Socio-economic importance of small pelagics in livelihoods of fisheries communities in Northwest Africa. In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

This study focuses on the socio-economic importance of the small pelagics in the fisheries communities of Northwest Africa. The review, through existing information, examines the social and economic benefits the fishery generates for the fisher folk in these communities and the countries in general.

Fishing is a multipurpose operation that attracts several interactive jobs and commercial activities very much integrated in socioeconomic development of African coastal countries. The Northwest Africa subregion has important small pelagics stocks which form an essential component in the social and economic development of fisheries communities of the countries in the area. Catches from small pelagics fishery form 93 percent of total fish landings in the subregion in 2006. Small pelagics are the major source of animal protein for the coastal communities in this area contributing about 30 percent of the *per capita* protein consumption in Senegal in 2003 and 25 percent in The Gambia in 2006. The products are traded and consumed in the fresh, smoked or dried forms. The fishery offers direct jobs to thousands of men and women along the production chain and its ancillary activities in the subregion. The wealth and well-being generated from the interaction and intra-action among the various actors in the fishery, through harvesting, catch landing, processing, marketing and consumption, is immense. The fishery also has the potential for cultural fusion and food security enhancement in the coastal communities.

Keywords: socioeconomic, small pelagics, livelihoods, food security

RÉSUMÉ

Cette étude examine l'importance socio-économique des petits pélagiques pour les communautés halieutiques de l'Afrique nord-occidentale. La compilation de l'information existante permet de passer en revue les bénéfices sociaux et économiques que leur exploitation génère pour les populations vivant de la pêche et pour le pays en général.

La pêche est une activité multiforme qui procure divers types d'emplois, et attire de nombreuses activités commerciales intégrées dans le développement socio-économique des pays côtiers africains. L'Afrique nord-occidentale héberge d'importants stocks de poissons pélagiques qui constituent des facteurs essentiels du développement économique et social des pays de la région. Les captures des petits pélagiques représentent 93 pour cent des débarquements totaux de la sous-région en 2006. Ces ressources sont la première source de protéines animales des communautés côtières de la région avec une contribution de l'ordre de 30 pour cent de la consommation de protéines au Sénégal en 2005 et 25 pour cent en Gambie en 2006. Les produits sont commercialisés en frais, fumés ou séchés. La pêcherie fournit des emplois directs à des milliers d'hommes et de femmes dans la chaîne de production et dans les activités connexes de la sous-région. La richesse et le bien-être générés dans le secteur par les interactions entre acteurs, dans les opérations de capture, débarquement, traitement, commerce et consommation du poisson est immense. La pêche représente aussi un potentiel pour la fusion culturelle et l'amélioration de la sécurité alimentaire dans les communautés côtières.

Mots clés: socio-économique, petits pélagiques, moyens d'existence, sécurité alimentaire

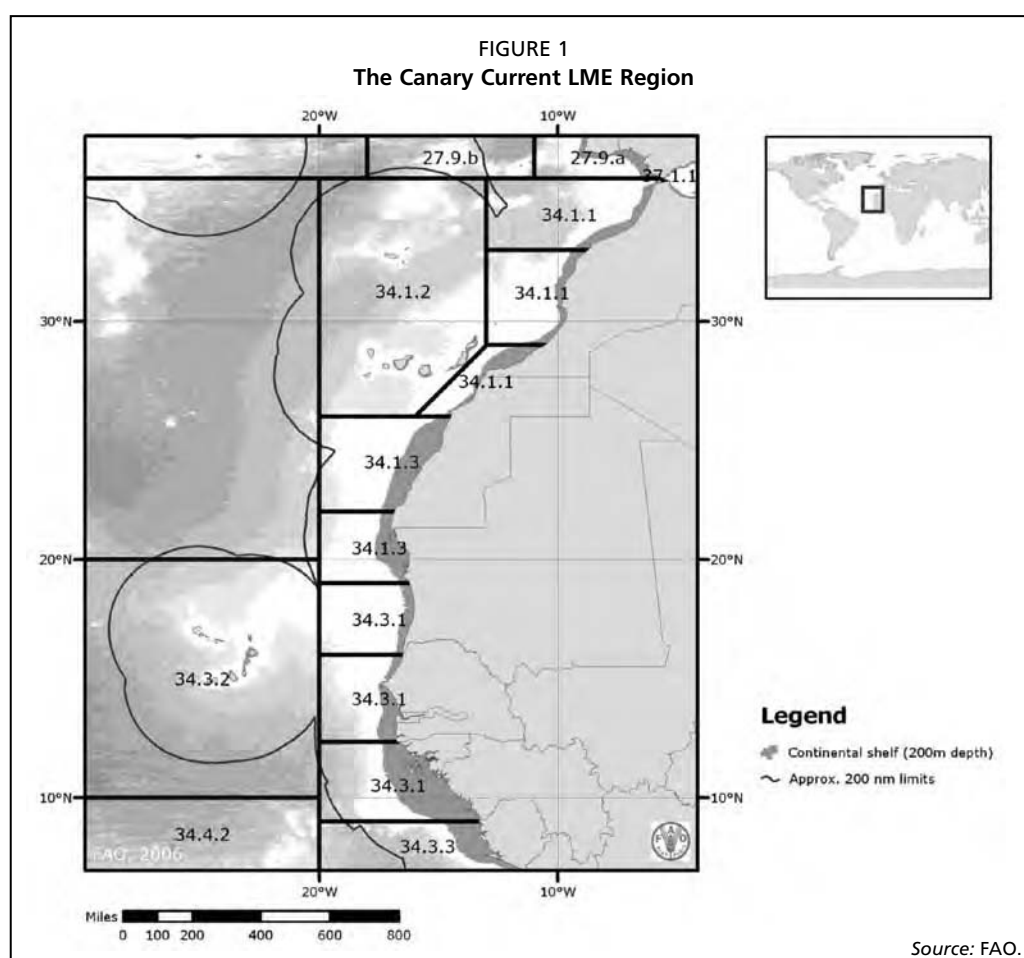
1. INTRODUCTION

The northern zone of the Eastern-Central Atlantic region (Morocco to Guinea including the Cape Verde islands) has an Exclusive Economic Zone (EEZ) of about 2 475 000 km², with an estimated population of approximately 51 million inhabitants. The area of study is defined as the Northwest Africa subregion (NASR) (Morocco, Mauritania, Senegal and The Gambia) and most of the people in these countries live in the coastal zone.

The Northwest Africa subregion lies within a very productive Canary Current Ecosystem, one of the world's major eastern boundary current systems. The productivity of the system is further enhanced by influxes of nutrients from the adjoining rivers and estuaries, which are transported and mixed throughout the water column by the very active upwelling system prevailing in the area. The system supports very important small pelagic resources (shared amongst coastal states) and a socially and economically viable fishery for the fishing communities of coastal states within NASR (Figure 1).

The small pelagic fishes constitute vital renewable natural resources for these countries. They provide wealth and well-being to the fisher folks and the fishing communities. The small pelagic fisheries are a source of food, income and employment for these communities in the subregion. The fisheries provide a multifaceted activity with several interactive jobs (including up and down the coast activities) in production, processing and marketing.

The main small pelagic species exploited in NASR by both the industrial and artisanal fleets are: sardine (*Sardina pilchardus*), sardinella (*Sardinella aurita* and



Sardinella maderensis), horse mackerel (*Trachurus trecae*, *Trachurus trachurus* and *Caranx rhonchus*), chub mackerel (*Scomber japonicus*), bonga (*Ethmalosa fimbriata*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*). Due to the strong migratory nature of these species, they are considered shared resources and are, therefore, targeted by fisheries operators of all the countries in the subregion. According to the Food and Agriculture Organization (FAO) Working Group on Small Pelagics off Northwest Africa, the total catch of small pelagic fishes was 1.91 million tonnes in 2006.

The small pelagic fishes constitute the bulk of all fish landings and are the most important marine resources in the subregion, especially in terms of food fish supply, contributing to wealth and well-being of fisherfolk and the NASR fishing communities and populations at large. *Sardinella*s and bonga shad form the bulk of the main species of small pelagic fish landed by the artisanal fishermen with most impact on the livelihoods of the fishing communities. The bulk of both species were landed by the Senegalese and Gambian artisanal fishermen. *Sardinella* and bonga species are consumed or traded fresh, smoked or in dried form. Mostly, processed (smoked and dried) products of these species are traded within the African region. The processed products are exported to Cameroon, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Guinea, Nigeria, Togo, Benin, DRC and Mali.

This paper provides the socio-economic importance of the small pelagic fisheries on the fishermen and the fisheries communities of the Northwest Africa subregion. This report focuses more on the exploitation and socioeconomic impact of two clupeid species that are the main target of the artisanal fisheries of Senegal and The Gambia; the bonga and the sardinella. The study also provides pertinent and general information on small pelagic fisheries in the subregion.

2. OVERVIEW

2.1 Small Pelagic Fishery

The small pelagics are targeted by both the industrial (national and foreign) and artisanal fleets in the region. The two fleets employ different techniques in their fishing operations; the artisanal fishing fleet uses motorized and non-motorized canoes in purse seine and surround gillnet fishing while the industrial fleet uses trawlers and purse seiners. The main small pelagic resources targeted by both fleets are:

- Clupeidae (*Sardinella aurita* and *Sardinella maderensis*, *Sardina pilchardus* and *Ethmalosa fimbriata*)
- Carangidae (*Trachurus trachurus*, *Trachurus trecae* and *Caranx rhonchus*)
- Engraulidae (*Engraulis encrasicolus*)
- Scombridae (*Scomber japonicus*).

Among the targeted small pelagic species; the two sardinellas (*S. aurita* and *S. maderensis*), bonga shad (*Ethmalosa fimbriata*), false scad (*Caranx rhonchus*) and chub mackerel (*S. japonicus*) are the main species landed by the artisanal fishermen. The sardinella and bonga species constitute the bulk of total landings with an average of 304 500 tonnes and 36 600 tonnes respectively in the last five years (2002–2006) (FAO, 2007). The other main pelagic species were mostly landed by the industrial fleet. Since the industrial fleet are mostly foreign-owned, the socioeconomic impact on fishing communities would be less felt as opposed to the artisanal fleet. Although benefits from compensatory fishing agreements may impact positively on the communities, their actual effects are yet to be quantified or valued.

The Senegalese and Gambian artisanal fishermen using motorized canoes and diverse fishing gears such as surround gillnets, purse seines and beach seines landed the bulk of sardinella and bonga combined. The Senegalese artisanal fishermen were responsible for over 91 percent of sardinella landings in 2005 while The Gambian fisherfolk landed most of the bonga (nearly 60 percent) in the same year.

2.2 Utilization of small pelagic fish

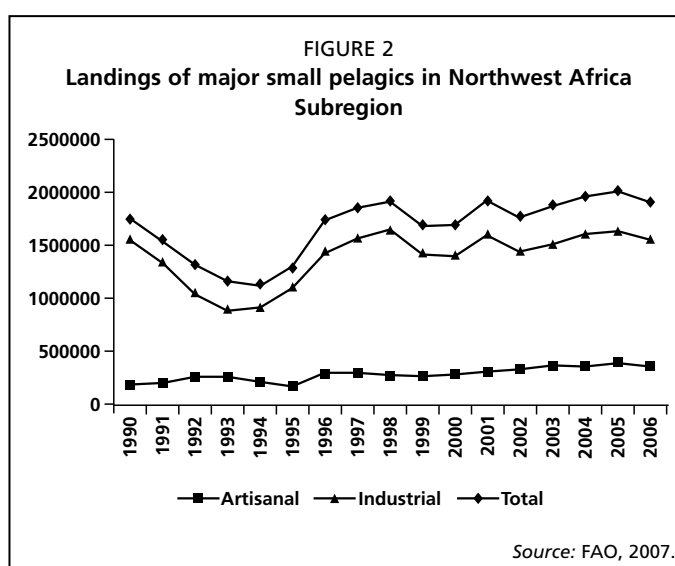
Small pelagic fisheries of the NASR have become the main supplier of animal protein for the coastal and rural populations due to unavailability and high price of the demersal fish which are mainly for export. They are consumed in fresh, smoked and dried form within and outside the subregion. The fish are processed (smoked and dried) mainly to extend shelf life (preservation) and add flavor.

2.2.1 Production

Fishing is a tradition and economic activity in most of the coastal states in the region. Like the demersal fish, small pelagics are targeted by both the industrial and artisanal fisheries. Total landings of the main small pelagic fish have been fluctuating around 1.66 million tonnes between the period 1990 to 2006 (Figure 2). The fishery has registered a 6 percent decline in landings from 2.02 million tonnes in 2005 to 1.91 million in 2006 (FAO, 2006). The small pelagic fishery represents close to 70 percent by weight of all landings in the NASR. Although the industrial fisheries were responsible for the bulk of landings of the small pelagic fish, it should be noted that landings from artisanal fisheries, especially the traditional Senegalese pirogue, are significant and gradually increasing.

In terms of importance (weight), the sardine (*S. pilchardus*) dominated the total catches of the main pelagic fish species in the region in 2006, constituting about 37 percent of overall catches. They were followed by the round sardinella (*S. aurita*) with nearly 16 percent of total landings. The landings of this species fluctuated around 300 000 tonnes over the last five years with 2005 registering around 400 000 tonnes.

The flat sardinella (*S. maderensis*) contributed about 8 percent (156 000 tonnes) to the total landings of small pelagic fish in 2006. Despite contributing only 35 000 tonnes (2 percent) to the total landings of the main small pelagic fish in 2006, bonga (*Ethmalosa fimbriata*) is an important fishery with substantial socioeconomic impact on the fishermen and the fisheries communities along the coast of The Gambia like the sardinella species in Senegal. The clupeids (*E. fimbriata*, *S. aurita* and *S. maderensis*) play an important role in the protein intake of most inhabitants of the coastal areas of Senegal, The Gambia and beyond.



2.2.2 Distribution

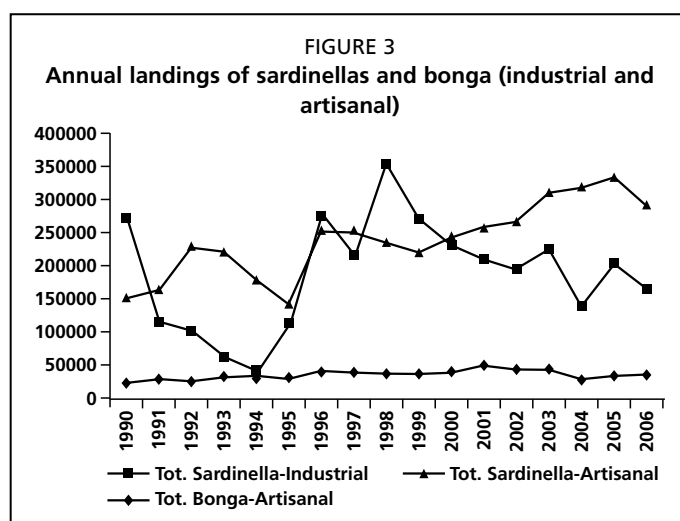
It could be argued that fish consumption in many households is dictated by preference and availability of alternative cheap animal protein source. Jallow (1994) asserted that the demand for fish is mainly driven by availability of fish, food habits of the local people, and socio-economic factors. The amount of fresh fish consumed depends on the area and the distance from the source (coastal fishing centres). Large quantities of fresh fish are consumed in the urban areas, fish landing centers and villages close to these centers. In some fishing sites, some individuals get fresh fish for free thanks to their relationships with the fishermen or gear owners. Others, especially those assisting with the unloading of canoes are paid in kind (four pieces of bonga per pan in The Gambia).

The choice of sardinella and bonga products depends on availability, price, taste preference, and purchasing power of consumers. Many urban and coastal dwellers in The Gambia and Senegal attract a lot of fresh sardinella and bonga that is used in cooking stews and fried fish specialties. Cities and towns further away from the fishing sites buy processed products in various forms according to their preferences. The willingness to pay for good quality fresh bonga has now increased with the sale of iced bonga in Senegal and Gambia (Alhaji, 1994). The construction of ice making plants and cold rooms at fish landing sites has also increased the consumption of fresh sardinella and bonga.

There is an important fresh sardinella and bonga market in Senegal and The Gambia. Fresh bonga is sold to “banabanas” (traders or middlemen), individual consumers who happened to be on the landing site when the canoes arrive and fish processors. In Gambia, banabanas buy fresh bonga from the canoe fishermen at the landing sites and transport it to marketing points mainly by bicycles and pick-up trucks. The Senegalese fish traders supply iced sardinella and bonga to the fish wholesale market in the capital, Dakar, and to other major towns (Alhaji, 1994). The fish is bought from fishermen along the Petite Côte and is iced and transported in insulated trucks. Insulated vans have now been introduced in the market resulting in an increase in distance coverage. Certain villages along the south bank road now receive fresh bonga. Banabanas who have access to ice can distribute better quality products and do get good economic returns. According to Jallow (1994) iced bonga costs about FCFA 65/kg (US\$0.32/kg) at the Dakar wholesale market. As a comparison, the more popular round sardinella (*S. aurita*), also iced, costs about 23 percent more at FCFA 80/kg (US\$0.39/kg).

2.2.3 Processing

Fish processing is an important social and economic activity for women. From a census conducted by the Centre for Oceanographic Research (CRODT) in 2003, over



6 600 processors were enumerated in the 77 fish processing sites visited. A significant number of men and women are involved in the transportation, washing and scaling of fish. Some of the workers are paid and others are unsalaried family members.

Approximately 50 percent of artisanal landings of clupeids are processed in Senegal and The Gambia (Figure 3). Fish processing is sometimes used to regulate supply and demand during the glut period. It also minimizes post-harvest losses because it becomes a reliable source of animal protein for communities in the interior of coastal countries.

The two species of the clupeids (sardinella and bonga) are consumed fresh, smoked, cooked, salted and dried, or fermented, salted and dried in Senegal and The Gambia. The type of products available would normally depend on the food habits, purchasing power, and infrastructural facilities in a particular area. In the hot and humid environment, sardinella and bonga are smoke-dried to preserve them for a longer period and distribute them farther.

Several processing methods are used in the subregion. Hot smoking is the main method of bonga processing in NASR, but fermenting, salting and sun-drying are most common. Roasting, salting and drying (ketiakh) is practiced in Senegal only. According to the Senegalese Department of Marine Fisheries (Dione, Sy and Ndiaye, 2005), the amount of fish processed annually has been increasing from 23 000 tonnes in 1990 to over 39 000 tonnes in 2003 (Table 1). Table 1 illustrates total annual processed fish with 60 to 70 percent being small pelagics.

TABLE 1
Evolution of artisanal processing (tonnes)

Year	1999	2000	2001	2002	2003
Guedj	3 546	3 973	4 492	3 612	4 223
Tambadiang	2 931	3 275	3 891	2 707	3 358
Kéthiakh	21 465	22 502	24 732	16 607	26 956
Méthorah	2 495	2 180	1 013	1 879	1 385
Yet	847	1 150	1 141	831	721
Touffa	11	3	9	64	133
Yokhoss	19	9	7	28	26
Salted dried	3 006	3 641	3 660	4 092	2 664
Pagne	62	48	51	34	72
Fins	44	53	70	63	41
shrimp	6	6	5	2	3
others	354	17	16	12	12
Total	34 786	36 857	39 087	29 931	39 594

Source: Dione, Sy and Ndiaye (2005).

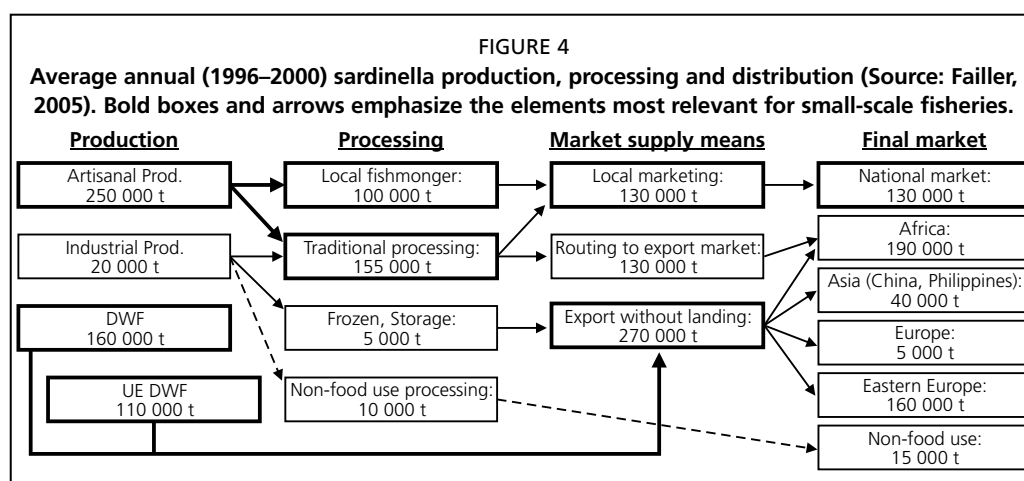
2.2.4 Marketing

Clupeids are sold in fresh, smoked and dried form in markets in the subregion depending on food habits, storage facilities, demand and supply. Wide distribution of fresh or frozen fish within some countries such as The Gambia is limited due to lack of cold storage facilities and an adequate marketing network. The processed fish are either sold in bulk to banabanas who in turn sell to retailers or given to family members to retail in main markets in the communities of nearby villages/towns. Prices of fresh and processed fish vary according to distance from the processing sites and the purchasing power of people. Processed fish products from the artisanal sectors of Senegal and The Gambia form a significant part of small pelagic fishery products traded across borders into neighboring countries and beyond. For example, in Senegal, 36 percent of the artisanal fishery catches are processed and the rest is sold fresh in equal proportions of about a third on the domestic market or exported to markets in neighboring countries, such as Côte d'Ivoire, Ghana, Mali, Mauritania and Nigeria. These regional cross-border trades in fish products are normally not recorded but are significant (Tall, 2003). Some of the key trading channels identified by Infopêche include:

- Gambia to Guinea, Cameroun, Nigeria and Senegal (smoked and dried bonga)
- Senegal to Cameroon, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Guinea, Nigeria (roasted sardinella).

Processed fish has the most extensive distribution network in the region due to its extended shelf life by smoking, salting and drying of the fresh fish. About 70 percent of fish consumed in the region is in smoked form (Tall, 2003). This is particularly true for smoked dried products and to a lesser extent, sun-dried, dry-salted and fermented products. Processed fish marketing is dominated by women and it involves large-scale wholesale buyers who purchase from the processors and sell to small-scale retailers. The consumers buy mainly from the retailers or middlemen. There is not much reference on the return on sales, but the positive impact of the trade is obvious on the wealth and well-being of the numerous operators in the fisheries communities.

Two major trade routes for small pelagic fish are regional or subregional and international, as shown below in Figure 4. The first type of trade system consists of sardinellas caught by artisanal fishermen using canoes or small coastal boats, landed fresh, consumed fresh by local population or processed, using drying and smoking techniques, and consumed by both national and West African populations. This trade system supplies an annual average of 130 000 tonnes of fresh fish to markets in Mauritania, Senegal and The Gambia and 120 000 tonnes of smoked or dried products.



3. SOCIO-ECONOMICS IMPACT

3.1 Population and employment

The estimated population of the four countries in the subregion (Morocco, Mauritania, Senegal, Gambia) was 51 million in 2007 and most of them live in the coastal areas. Only 33.3 percent (17.39 million) of the population are employed (Table 2).

TABLE 2

Population and labor force estimates (Source: CIA, 2008)

Country	Population (million)	Labour force (million)
Morocco	33.7	11.35 (2007)
Mauritania (IRM)	3.27	0.79 (2001)
Senegal	12.5	4.85 (2007)
The Gambia	1.6	0.40 (1996)
Total	51.07	17.39

The governments of these countries attach an immense importance to their fisheries sectors due to the vital role they play in generating employment. The level of direct and indirect employment generated by the fisheries sectors varies from one member state to another. It is important to note that small pelagic specific employment data are not readily available and, therefore, figures presented here include other fisheries, such as the demersals. Almost 1.4 million people are directly or indirectly employed in fishing and fisheries related activities (Table 3). This figure constitutes about 8 percent total labor force in the region. The artisanal fisheries subsector offers direct employment for just 172 000 people and the rest are in other related jobs (processing, marketing, etc.).

TABLE 3

Employment in the fisheries sector

Fisheries sector - Employment					
Country	Direct	Indirect	Direct artisanal	Total	Source
Morocco	176 000	274 000	65 000	450 000	FAO, 2008
Mauritania (IRM)	15 000	21 000	11 000	36 000	FAO, 2008
Senegal	100 000	500 000	90 000	600 000	UNEP, 2002
Gambia	8304	30 000	6104	38 304	FD, 2008
Total	299 304	825 000	172 104	1 124 304	

3.2 Economics

Fisheries has become market driven and dynamic in the food industry causing coastal states to reorient their development priorities to include the sector in order to take advantage of the economic opportunities. This led to increases in the use of artisanal fisheries to service export markets. The large demand for demersal fish by the export trade in combination with poor fisheries management has made the high value demersal fish scarce in the local markets and resulted in severe overfishing. Consequently, this has had an impact on the price of demersal fish in local markets, which have risen beyond the reach of the average household. Households have shifted to more readily available and cheaper pelagic fish species.

Artisanal fisheries, especially small pelagic fishery play an important role as a major source of employment in the coastal fisheries communities and it is a vital supplier of food fish. Direct employment generated by the small pelagic fishery creates multiplier effects in the other sectors of the economy. An increase or decrease in direct employment has economic and social implications on processors, fish traders, boat builders, transporters and other auxiliary workers. The revenue generated from fishing

and fisheries related economic operations has an equally important multiplier effect on down-stream and up-stream activities. The accruing incomes are used in the purchase of goods and services from other sectors of the economy, making small pelagic fishery important in the development of fisheries communities.



From Figure 5, a boat using surround gillnet has just landed in Gunjur fishing site with over 2 tonnes (72 pans) of bonga. The catch was sold for D200 per pan thus fetching about D14 400 (about US\$690). The incomes generated by this fishing economic unit (boat, fishermen and gear) will be used to expand and enhance productivity and to purchase goods and services from the other sectors of the economy, which will sustain direct and indirect employment in the community. When incomes generated from processing and marketing (within and outside the country) also contribute to the economy, one can conclude that the bonga fishery fuels economic development in Gunjur and in The Gambia at large.

The contribution of small pelagic fishery to the Gross Domestic Product (GDP) could not be assessed because of a lack of individual fishery specific information. GDP figures given in this report are mostly reflecting the whole fisheries sectors of coastal states in the subregion. Fisheries contribution to the GDP varies from one state to another. For example, in Mauritania, fisheries contribute about 10–12 percent to GDP, 40 percent to national income and 25 percent to the national budget (www.fao.org, 2008), while in Senegal, fisheries contribution to the total GDP is estimated at 2.3 percent and 11 percent of all primary gross domestic products (UNEP, 2002). Moroccan fisheries contribution to GDP is the lowest (2.5) in NASR (www.fao.org, 2008).

3.3 Cost and earnings

Financial and economic viability of fishing as a social and economic activity depends on sectoral policies. It was affected by the Structural Adjustment Programmes of the 1980s, the devaluation of the Franc CFA in Senegal, subsidies and other macro-economic measures implemented in the NASR, refer to Section 3.3.2 for an example. The devaluation of currencies and subsidies are known to have caused prices of imported fishing inputs (e.g. outboard engines, gears, fuel, etc.) to fall and that positively impacted on the livelihoods of fisherfolk. Trade liberalization policies and some general economic trends (inflation, high fuel cost, etc.) can result in poor performance of the FEUs and that can affect the livelihoods of the fisheries communities (FAO, 2004).

Economic and financial risks in artisanal fishing are everybody's business because remuneration is based on share system between the fishermen and owner of the fishing equipment and materials. There is no standard system for sharing of revenue generated from a fishing expedition, a share/quota depends on the type of fishing gear used and the landing site the unit operates from. According to Deme (2005) for a purse seiner,

after deduction of common expenses (fuel, food, ice, etc.) one-third is allocated to net and the other two-thirds to the crew. He estimated a total annual turnover of 3.6 million FCFA for purse seines with internal rate of return to investment of 21.3 percent. For surround gill net, the mean turnover was negative. The use of surround gillnet was not financially viable in Senegal and the revenue accruing from it was not enough to cover total costs. Purse seines and surround gillnets are the main artisanal fishing gears targeting the main small pelagic species. The mode of operation of the two gears varies; a purse unit comprises two boats and a gear 300 to 400 metres long while a surround gillnet unit is composed of one boat and a gear of 300 to 500 metres.

3.3.1 Economic profitability

Dème (2005) indicated that the net added value to the fisheries products was in excess of the total commercial value of goods and services plus the fixed costs consumed during fishing operation. For a unit of purse seine, the value is from 17 420 000 FCFA on average per annum and 6 255 000 FCFA for surround gillnet. Dème estimated that the average cost for job creation (capital invested/number of jobs created) oscillated between 358 750 and 1 005 000 FCFA due to high cost of fishing units and the size of the crew.

3.3.2 Profitability of fishing unit

The effects of the devaluation of the Franc CFA in Senegal was felt by the artisanal fishermen as annual revenue fell by 25 percent, from 9 to 7 million FCFA between 1993 and 1996 while the rate of return on capital investment has decreased from 83 to 45 percent (Dème, 2005). It took twice the time needed to recover capital cost than before the devaluation of the CFA. In the case of surround gillnet, the devaluation resulted in loss for the fishermen from a net gain of 448 000 FCFA to a loss of 47 000 FCFA. The period between 1996 and 1999 also registered a decline of 46 percent, from 6 854 377 to 4 674 965 for fishermen using purse seines and surround gillnets in Senegal. The same trend was observed between 1999 and 2004 for both gears.

4. SOURCE OF INCOME

4.1 Fisheries related income and impact

Fishing and its related activities attract a lucrative goods and services market and jobs for both men and women. There are several socio-professional work categories associated with the small pelagic fishery (Table 4). These professions attract income and social satisfaction. Men and women are engaged for fishing, unloading of fish at landing sites, marketing, transportation, boat building and repairs and net mending. The impact of the fishery on the health and education of the children supported directly by earnings of the various workers residing in the fisheries communities is also significant.

It is estimated that 1 768 men and women are directly involved in small pelagic fishery in Gunjur (Gambia) in 2008. Gunjur is a major landing site for small pelagics especially the clupeids (bonga and recently sardinella). In 2007, total landings of small pelagics in this landing site was estimated at just over 7 000 metric tonnes. It is estimated that over 60 percent of the 1 077 men are heads of households and are responsible for their households. With an average of 10 people per household, nearly 6 500 people's well-being will be affected by the income from the male socio-professional activities relative to the small pelagic (bonga and sardinella) fishery. In The Gambia, women contribute to education, health and feeding of their children from income earned from fisheries activities. Some women join Osusu (credit) associations to improve and expand on their businesses. In addition, governments levied various taxes on private incomes of fishermen and other economic operators in the fisheries sector for the development of the fisheries communities and the nation at large.

TABLE 4
Jobs associated with the small pelagic fishery of Gunjur

Socio-professional	Male	Female	Total
Canoe owners (surround gillnets)	38		38
(Purse seine)	6		6
Crew members	450		450
Fish unloaders	20	180	200
Fresh fish banabanas	205	100	305
Dried fish banabanas	10	5	15
Boat builders	10		10
Fish transporters (vehicle)	5		5
Fish transporters (cycle)	75		75
Fish transporters (motorcycle)	2		2
Processed fish traders	50	51	101
Fish dryers	10	205	215
Fish smokers	144	150	294
Net repairers	52		52
Total	1077	691	1768

4.2 Non-fisheries income and impact

Apart from fishing, fish processing and marketing some fishermen household members are engaged in other wealth and welfare activities such as retailing business, restaurant, etc. with input from fisheries related economic ventures. Fishermen build up capital from their fishing operations in the small pelagic fishery and construct apartments for rent and run transport businesses. Actually, the busiest and the economically active centers in The Gambia are those specialized in small pelagic fishing. The amount of goods and services transacted in Tanji and Gunjur, as two of these centers, are immense and range from fish, foodstuff, tobacco to fuel and clothing.

5. FOOD SECURITY

As the high value demersal fish become unaffordable, small pelagic fish and its products are now the main contributors to food security by directly providing the much needed animal protein. Governments of states in the region are now focusing on fish as the mainstay of food security policies due to failing agriculture and animal husbandry. While the primary aim of fishing nowadays is economic, fishermen keep fish for home and distribute some to helpers and unloaders for their consumption. Compared to demersal fish, small pelagic fish forms the bulk (over 90 percent) of fish given out to people for free. Senegalese and Gambians are major fish consumers and the average per capita fish consumption in these countries is estimated at 27 and 25 percent respectively, which is higher than the overall average for Africa (8 percent). It is estimated that over 70 percent of fish consumed in The Gambia is bonga (fresh, smoked and dried). Sardinellas represent nearly 75 percent of the overall fish consumed in Senegal (roasted, salted and dried – Kethiakh) (UNEP, 2002). The states collect taxes from the fishermen and those in fisheries related economic and social activities in the coastal fisheries communities. Imperative to note also are the impacts of fish trade on wealth and welfare of population across borders of neighboring states.

6. CULTURAL FUSION AND SMALL PELAGIC FISHERIES

Small pelagic fisheries draw multitudes of people from different backgrounds, tribe and ethnic affiliation. Most fishermen in the small pelagic fisheries are from the serer ethnic group with a large number of other tribal groupings participating in other socio-professions such as marketing, processing and transport. The interaction between the

different tribal and ethnic groups has greatly enhanced cultural and traditional values exchanges thus fostering strongly knitted communities with intermarriage between them. Some fishers have indicated that they found their wives in the fish landing sites they operate from. Such mingling and intermarriages further promote peace and harmony amongst the different groups thus creating conducive environment for socioeconomic growth. Unlike demersal fishery, a bonga or sardinella canoe attracts scores of people on landing (Figure 6). The same is witnessed during the marketing, processing and distribution of the catch.



7. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Small pelagic fishes are important and vital renewable natural resources for coastal states of Northwest Africa. They provide both wealth and well-being to the fisherfolk and the fisheries communities. The small pelagic fishery is a multifaceted activity, pursued as a source of food, income and employment. The participation of various professionals in the production, processing and marketing is guided by the principal objective of maximizing positive impact on jobs, incomes and livelihoods.

Coastal states are now focusing on the small pelagic fishery as priority subsector for direct (over 172 000) and indirect job creation and food security. The fishery has been seen to contribute significantly to socioeconomic (including cultural) advancement of the fisheries communities and the countries as a whole. Animal protein intake in countries such as Senegal and The Gambia is mainly provided by small pelagic fish. Bonga and sardinella contribute over 70 percent of per capita fish consumption in these countries. They provide direct jobs for over 172 000 people in the NASR while sustaining the livelihoods of hundreds of thousands more. Bonga and sardinella fisheries constitute over 80 per cent of total landings (6 500 t) in Gunjur in 2007; providing over 1 700 jobs to all categories of socio-professionals operating there. Although the multiplier effects emanating from the fishery have not been estimated, it is believed to be significant and it plays a vital role in the development of the fisheries communities.

The fishery provides important fish products traded within and outside the subregion. Processed fish products extend shelf life of the highly perishable fish allowing for wider distribution into remote areas. The traded fish provide incomes for persons involved in the distribution, marketing and processing while acting as source of animal protein for consumers both in the communities and outside. It also promotes cultural exchanges and peaceful coexistence between the diverse ethnic groups.

Although information on the socioeconomic advantages of the fishery are not adequate, the fishery has the potential to significantly contribute to the social and economic development of the coastal states in the subregion.

8. REFERENCES

- CIA. 2008. *World Factbook* (available at www.cia.gov; accessed February 2008).
- Dème, M. 2005. *Étude des coûts et revenus des principales unités de pêche artisanale sénégalaises*. Document interne du CRODT, 16 pp.
- Failler, P. & Samb, B. 2005. *Climate Variability and Change, Global Trade, and Regional Food Security: the Case of Small Pelagic Fish in West Africa*. FAO/SFLP, FAO Fishery Policy positioning paper, Rome, 41 pp.
- FAO. 2007. *Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. Agadir, Morocco. 17-26 April 2007. Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale. Agadir, Maroc. 17-26 avril 2007*. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No 849. Rome, FAO. 177 pp.
- FAO. 2008. *Country profiles* (available at www.fao.org; accessed February 2008).
- Jallow, A.M. 1994. Utilization of bonga (*Ethmalosa fimbriata*) In West Africa: FAO Fisheries Circular No. 870. Rome, FAO. 28 pp.
- Samb, B. 2006. *Case study of small pelagic fish resources in Northwest Africa*. Papers presented at the Norway-FAO Expert Consultation on the Management of Shared Fish Stocks, Bergen, Norway, 7-10 October 2002; FAO Fisheries Report (FAO), No. 695 (Suppl.); Norway-FAO Expert Consultation on the Management of Shared Fish Stocks, Bergen (Norway), 7-10 Oct 2002/FAO, Rome (Italy). Fishery Policy and Planning Div. , 2003, pp. 133-142.
- Tall, A., 2004. *Obstacles to the Development of Small Scale Fish Trade in West Africa*. pp: 18. INFOPECHE Abidjan Cote D'Ivoire
- UNEP. 2002. *Integrated Assessment of Trade Liberalization and Trade-Related Policies: A Country Study on the Fisheries Sector in Senegal*.

Les petits pélagiques côtiers et le marché africain, une alternative aux mesures de libéralisation imposées par l'OMC sur le marché européen?

Small pelagic fish and the African market, an alternative to OMC trade liberalization on the European market?
(French only/En français seulement)

Moustapha Dème

Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT)
BP 2241, Dakar, Sénégal
<moustapha.deme@gmail.com>

Dème, M. 2011. Les petits pélagiques côtiers et le marché africain, une alternative aux mesures de libéralisation imposées par l'OMC sur le marché européen? In/Dans S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/ Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

RÉSUMÉ

Les débarquements moyens annuels de petits pélagiques côtiers portent sur 318 461 tonnes sur la période 1996-2005. La sardinelle ronde et la sardinelle plate comptent pour plus de 70 pour cent de ces débarquements assurés essentiellement par la pêche artisanale.

Le marché africain absorbe plus de 30 pour cent du volume total de poisson sénégalais exporté pour une valeur commerciale de moins de 10 pour cent des recettes totales d'exportation. Ces exportations sont constituées à plus de 80 pour cent de petits pélagiques côtiers. Les tendances des exportations par type de produits montrent une nette prépondérance du poisson congelé (60 à 80 pour cent des tonnages) suivi du poisson transformé. Les exportations des produits frais sont relativement faibles liées à l'absence de fret.

Certaines dispositions internes et sous-régionales sont favorables à la pénétration des produits sénégalais sur le marché africain. Au niveau interne, ce sont particulièrement la subvention à l'exportation, le statut d'entreprise franche d'exportation et la dévaluation du franc CFA. Au niveau régional il s'agit de l'institution d'un régime tarifaire privilégié transitoire des échanges exonérant de

toutes taxes à l'entrée les produits halieutiques. Cependant, certaines contraintes bloquent le développement des échanges interrégionaux de produits halieutiques: (i) les difficultés d'acheminement des produits; (ii) la non maîtrise des marchés et des procédures administratives et douanières; (iii) la non fonctionnalité des mécanismes de compensation; et (iv) les nombreuses tracasseries administratives et douanières.

Les mesures susceptibles de renforcer la présence des produits sénégalais sur le marché africain incluent: (i) la mise sur le marché de produits répondant aux goûts et préférences des consommateurs; (ii) la prospection de nouveaux marchés; (iii) la sécurisation des conditions d'acheminement des produits; et (iv) l'assurance d'une offre sénégalaise stable de petits pélagiques côtiers pour les marchés domestiques et africains.

Mots clés: Sénégal, petits pélagiques côtiers, marché national, commerce international, marché africain

ABSTRACT

The average yearly landings of small pelagic fish are 318 461 tonnes over the period 1996–2005. Round sardinella and flat sardinella account for more than 70 percent of these landings, mainly provided by the small-scale fishery.

The African market absorbs more than 30 percent of Senegalese exports for a commercial value which is less than 10 percent of total export earnings. Frozen fish is preponderant (60 to 80 percent of volume) followed by processed products. Fresh fish exports are marginal due to the lack of air freight.

Certain domestic and subregional measures facilitate the penetration of Senegalese fishery products on the African market. Domestic measures include notably the export subsidy, the granting of free exporting enterprise status, and the devaluation of CFA franc. At regional level, it is the institution of a transient preferential tariff regime applicable to trade within the West African Economic and Monetary Union (UEMOA) exempting fishery products from all import taxes. However, some constraints limit the development of subregional fish trade such as: (i) product transportation problems; (ii) non-operational clearing mechanisms; (iii) insufficient knowledge of market, administrative and customs procedures; and (iv) frustrating administrative and customs.

Interventions likely to foster the presence of Senegalese products on the African market include: (i) the provision on the market of new products corresponding better to customers' taste and preferences; (ii) prospecting of new markets; (iii) improved security of product conditions during transportation; and (iv) the assurance of a stable Senegalese supply of small pelagic fish for the domestic and African markets.

Keywords: Senegal, small pelagic fish, domestic market, international trade, African market

1. INTRODUCTION

Au Sénégal, le secteur des pêches, en tant que composante essentielle du développement rural, apparaît comme stratégique pour arriver à une croissance soutenue de l'économie nationale en contribuant notamment à la réduction du déficit de la balance des paiements et du chômage ainsi qu'à la satisfaction des besoins des populations en protéines. Cette activité multifonctionnelle est à présent menacée par la libéralisation commerciale entreprise dans le cadre de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). En effet, les produits halieutiques sénégalais comme ceux de tous les pays ACP, entrent sur le

marché européen sans rencontrer les obstacles tarifaires (droits de douane) ou non tarifaires (quotas) imposés aux autres pays fournisseurs. Ceci a fortement contribué à la compétitivité du Sénégal sur le marché européen et occasionné des gains de parts de marché non négligeables. Toute remise en cause de Lomé serait susceptible d'entraîner des conséquences très négatives sur les exportations sénégalaises de produits halieutiques.

Les petits pélagiques côtiers peuvent être un moyen d'atténuer le choc en élargissant la gamme des produits exportés vers l'Afrique. Contrairement au marché européen qui est très sélectif et où les normes de consommation suivent des règles strictes, le marché africain l'est moins et il est demandeur de fortes quantités de petits pélagiques frais, congelés ou transformés artisanalement.

L'objet de cette étude est de concilier, dans un contexte de libéralisation, la recherche de compétitivité des exportateurs sur le marché africain de petits pélagiques côtiers et la satisfaction des besoins alimentaires locaux.

Les données de production et les potentiels halieutiques des principales espèces pélagiques d'intérêt commercial ont été tirés respectivement de la base de données du Centre de recherches de Dakar-Thiaroye (CRODT) et des documents du COPACE/FAO. Le dépouillement des bulletins de statistiques de la Direction des pêches maritimes (DPM) a permis de retracer l'évolution des flux commerciaux de petits pélagiques et leur marché final. Des interviews avec les professionnels et les administrations en charge du secteur ont aidé à l'identification des principales contraintes entravant une valorisation durable des petits pélagiques côtiers. Les entretiens avec les communautés étrangères impliquées dans les exportations de produits halieutiques transformés artisanalement dans la sous-région ont permis d'en évaluer les limites et de proposer quelques solutions pour lever les contraintes.

La première partie du document décrit le contexte de l'étude et ses objectifs et fait la synthèse des méthodologies utilisées. L'offre sénégalaise de produits halieutiques est déclinée dans la deuxième partie. La troisième partie fait le point sur les tendances observées en ce qui concerne la demande de petits pélagiques côtiers. Les potentialités d'exportation des petits pélagiques côtiers et les contraintes de pénétration des produits sénégalais sur le marché africain sont examinées dans la quatrième partie. En conclusion, des recommandations allant dans le sens d'une meilleure satisfaction de la demande nationale et du développement des exportations de petits pélagiques côtiers sur le marché africain ont été formulées.

2. OFFRE SÉNÉGALAISE DE PETITS PÉLAGIQUES CÔTIERS

Les principales espèces qui font l'objet d'exportation vers le continent africain sont la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*), la sardinelle plate (*Sardinella maderensis*), le maquereau espagnol (*Scomber japonicus*), l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*), le pelon (*Brachydeuterus auritus*), le plat-plat (*Chloroscombrus chrysurus*), les mulets (*Mugil, Liza*) et les chinchards (*Trachurus trecae* et *Decapterus rhonchus* ou *Caranx rhonchus*).

Les petits pélagiques côtiers font l'objet d'une exploitation aussi bien artisanale que semi-industrielle. Les unités de pêche artisanale utilisent essentiellement des sennes tournantes et des filets maillants encerclants. Le recensement national du parc piroguier effectué en 2005 a permis de dénombrer 515 sennes tournantes et 149 filets maillants encerclants. La flotte semi-industrielle est constituée exclusivement de quatre sardiniers.

Pour une production moyenne de 318 461 tonnes sur la période 1996-2005, seules 3 932 tonnes (ou 1,2 pour cent) relèvent de la pêche semi-industrielle. Trois espèces occupent à elles seules près de 76 pour cent des captures totales de petits pélagiques côtiers réalisées durant la période considérée. Ce sont: la sardinelle ronde (40,8 pour cent), la sardinelle plate (30,1 pour cent) et l'ethmalose (4,7 pour cent). Le tableau 1 donne l'évolution des débarquements de petits pélagiques côtiers au Sénégal.

TABLEAU 1

Évolution des débarquements de petits pélagiques côtiers au Sénégal effectués par les pêcheries artisanales et semi-industrielles

Noms communs	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ethmalose	16890	16423	13833	20540	15227	24471	11828	13095	9776	8826
Sardinelle ronde	145320	146268	115494	82667	111905	123566	118011	121615	130885	221024
Sardinelle plate	112386	84540	99204	105252	111109	119751	126880	164470	151808	129499
Tétradron	127	46	58	56	60	62	221	56	140	310
Drépane	41	18	10	60	216	66	32	18	73	136
Brochet	320	1072	750	290	657	509	471	873	457	501
Mulet	1281	981	432	1129	2154	1532	2174	3274	3330	2698
Carpe blanche	3398	2780	1951	3659	5131	4542	3472	5049	3153	2548
Sompatt	5782	7828	5387	2317	1744	2130	1882	2170	2502	1833
Pelon	1139	1987	2561	2084	2415	3165	3462	2913	6037	1438
Chinchard jaune	1694	3681	3967	3057	4029	2392	5801	3455	3660	4842
Chinchard noir	1020	592	2720	1467	667	2735	4537	2574	1381	5972
Grande carrangue	3813	4517	3877	2947	5677	4302	3728	7803	7395	5573
Liche amie	188	82	676	720	1232	185	257	244	234	380
Scyris d'Alexandrie	346	145	505	418	465	305	766	593	385	575
Plat plat	1807	2025	3517	2452	2012	2275	5406	5508	5956	5120
Trachinote	26	6	974	2034	9	18	8	8	15	23
Tassergal	630	2123	6935	611	342	253	3654	4695	527	853
Maquereau	1692	2236	1931	1348	2823	1949	8869	14173	2640	8797
Maquereau bonite	1318	837	522	491	778	408	584	532	206	500
Thonine	1972	2734	3372	1398	3336	4969	2659	4394	3515	2478
Bonite dos rayé	1012	1289	2213	2558	286	545	621	195	117	513
Ceinture	1493	1358	922	1009	1371	1369	1775	1746	1356	2159
Voilier	240	555	257	234	782	953	240	673	290	299
Capitaine	96	331	652	97	202	200	279	151	187	139
Autres pélagiques	2700	2724	4006	5333	4865	3561	4663	20559	13600	22534
Total	306730	287180	276726	244229	279494	306213	312281	380838	349623	429568

Source: CRODT

Les prises des sennes tournantes et des filets maillants encerclants font l'objet de différentes utilisations. Une partie assez importante est conservée sous glace et expédiée sur Dakar et vers les autres marchés urbains et ruraux pour la consommation en frais. Une autre partie est vendue aux femmes pour être braisée. Ces produits transformés sont commercialisés localement et aussi exportés vers d'autres pays africains. Une dernière partie destinée au marché africain est congelée. La production des sardiniers est destinée aux usines pour y être congelée pour le marché africain. Les poissons sont souvent congelés entiers sans aucune forme de valeur ajoutée industrielle.

Les petits pélagiques côtiers fournissent toute une gamme de produits artisanalement transformés (tableau 2). Chaque produit répond à une technologie bien donnée qui est fonction de plusieurs facteurs tels que l'espèce concernée, la qualité, la taille. Les produits les plus importants sont le *kéthiakh* (poisson braisé, salé et séché), le *guedj* (poisson fermenté et séché), le *métorah* (poisson fumé et séché), le *tambadiang* (poisson entier salé et séché) et le *yoss* (juvéniles de poisson séchés).

Les contraintes relevées au niveau de la production portent sur les mauvaises conditions de manutention du poisson à bord des pirogues¹ et pendant le débarquement. D'importantes pertes après captures sont notées. Elles sont liées, entre autres: (i) aux

¹ Le poisson est entassé dans de grandes pirogues pendant plusieurs heures sous le soleil et sans glace.

conditions de manipulation du poisson sur les plages en particulier lors du tri, sur des bâches qui protègent insuffisamment du contact du sol; (ii) au faible taux de glaçage du poisson conditionné dans des paniers en fibre de rônier et livré à des centaines de kilomètres; et (iii) à l'absence d'isolation thermique des camions.

TABLEAU 2

Espèces et types de produits transformés artisanalement

Types de produits	Noms communs	Noms scientifiques
Kéthiakh: poisson braisé, salé et séché	Sardinelle	<i>Sardinella aurita</i> , <i>Sardinella maderensis</i>
	Ethmalose	<i>Ethmalosa fimbriata</i>
	Maquereau	<i>Scomber japonicus</i>
Guedj: poisson fermenté et séché	Maquereau	<i>Scomber japonicus</i>
Métorah: poisson fumé et séché	Sardinelle	<i>Sardinella aurita</i> , <i>Sardinella maderensis</i>
	Ethmalose	<i>Ethmalosa fimbriata</i>
Tambadiang: poisson entier salé et séché	Mulet	<i>Mugil</i> , <i>Liza</i>
	Sardinelle	<i>Sardinella aurita</i> , <i>Sardinella maderensis</i>
	Ethmalose	<i>Ethmalosa fimbriata</i>
	Pelon	<i>Brachydeuterus auritus</i>
Yoss: juvéniles de poisson séchés	Sardinelle	<i>Sardinella aurita</i> , <i>Sardinella maderensis</i>

En termes de potentialités halieutiques, les résultats obtenus lors du Groupe de travail FAO de 2007 indiquent que la biomasse actuelle des sardinelles est inférieure à la biomasse correspondant au niveau maximal de production équilibrée. Cette observation est plus nette pour le cas de la sardinelle ronde qui reste l'espèce cible tant de la pêche industrielle en Mauritanie que de la pêche artisanale sénégalaise. Il reste que ces ressources, notamment la sardinelle plate, présentent des potentialités aptes à être valorisées dans le cas de la pêche artisanale sénégalaise pour alimenter le marché africain.

3. DEMANDE DE PETITS PÉLAGIQUES CÔTIERS

3.1 Consommation intérieure

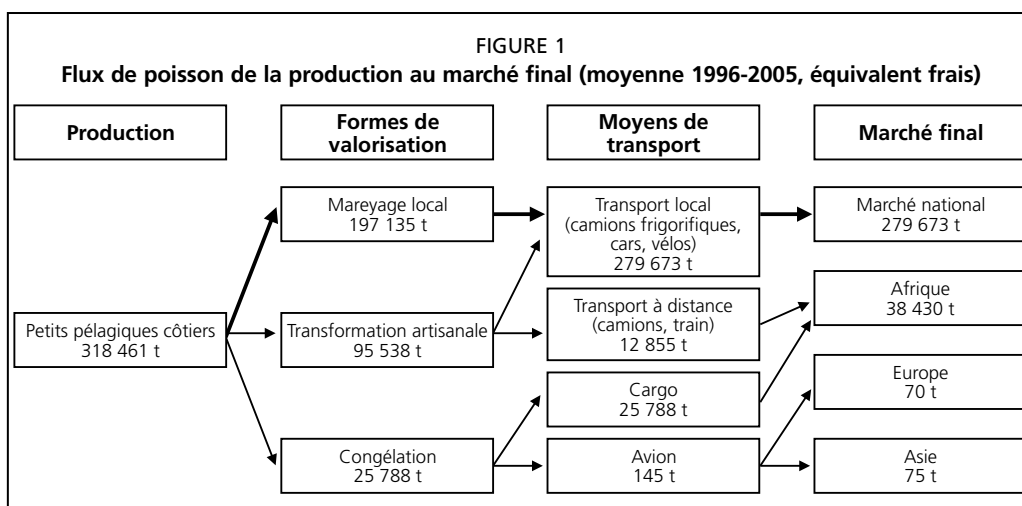
La consommation nationale par habitant en produits de la mer est estimée à 36 kg en milieu urbain contre seulement 8 kg en milieu rural. En frais comme en transformé, les espèces pélagiques côtières dominent largement. La paupérisation de plus en plus grande des centres urbains, combinée à la forte baisse du pouvoir d'achat des populations liée aux aléas climatiques de ces dernières années, et la croissance démographique sont autant de facteurs déterminants dans l'accroissement futur de la demande intérieure en petits pélagiques côtiers. Les produits transformés artisanalement notamment le «kéthiakh» et le «tambadiang», substituts importants de la viande et du poisson frais, constitueront une part importante dans la structure de consommation de produits halieutiques des ménages sénégalais.

Sur la période 1996-2005, 87 pour cent des débarquements de petits pélagiques côtiers (279 637 tonnes) ont été écoulés sur le marché national dont 70 pour cent (197 135 tonnes) sont consommés frais et 30 pour cent ont fait préalablement l'objet d'une transformation artisanale (82 538 tonnes équivalent frais) (figure 1).

3.2 Exportations de produits dérivés des petits pélagiques côtiers

Les exportations sénégalaises de produits halieutiques élaborés à partir des petits pélagiques côtiers couvrent trois domaines: les produits frais, les produits congelés et les produits transformés artisanalement. Le tableau 3 décline les tendances des exportations par type de produits.

Les exportations de produits halieutiques vers le continent africain se sont relativement stabilisées entre 30 000 et 39 000 tonnes exception faite d'un pic de



41 381 tonnes enregistré en 1997 et d'une baisse drastique notée en 2002 (16 487 tonnes). Sur la période considérée, le marché africain a absorbé en moyenne 32,4 pour cent du volume total de poisson sénégalais vendu à l'étranger pour une valeur commerciale de seulement 8,1 pour cent des recettes totales d'exportation. Ce qui reflète la faible valeur commerciale des petits pélagiques côtiers constituant l'essentiel des ventes. Au-delà de l'espèce, ces faibles valeurs commerciales sont aussi liées à la forte prépondérance des produits congelés entiers dans les exportations ne bénéficiant d'aucune forme de valeur ajoutée industrielle. Le congelé n'occupe pas moins de 62 pour cent des volumes d'exportation avec un pic de 84 pour cent en 2005. Cette prédominance du poisson congelé s'explique par le fait qu'il constitue la matière première la plus importante pour les transformateurs artisanaux de produits halieutiques dans la sous-région.

TABEAU 3
Évolutions des quantités (1 000 tonnes) et des valeurs commerciales (milliards de FCFA) des produits halieutiques exportés en Afrique

Type de produits	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Frais	0,003	0,003	0,01	0,01	-	-	-	-	-	0,01
Congelés	26,8	34,4	31,1	25,4	24,7	24,3	10,4	30,5	28,7	21,5
Transformés	6,7	6,9	5,5	5,0	5,5	6,4	6,0	8,1	5,9	4,1
Total tonnage Afrique	33,5	41,3	38,1	30,4	30,2	30,7	16,4	38,6	34,6	25,6
Total VC Afrique	-	-		12,4	14,8	23,1	4,8	13,1	12,4	17,4
% tonnage total exporté	31,3	36,9	34,8	24,5	34,2	35,3	18,8	40,4	37,3	30,9
% VC totale	-	-	-	6,7	7,9	12,8	2,7	7,9	7,5	11,3

Source: DPM.

Les produits transformés occupent la deuxième place en termes de tonnage avec une nette prédominance du kéthiak et du guedj. Pour créer une plus grande valeur ajoutée locale et renforcer les emplois féminins, une substitution progressive des produits congelés par une gamme de produits transformés selon des méthodes artisanales améliorées (en utilisant les fours Chorkor et parpaing) s'impose.

Le poisson frais est marginal dans le commerce du poisson vers l'Afrique et n'a jamais dépassé la dizaine de tonnes par an. Le fret étant absent dans le circuit africain, les conditions de transport prévalant ne sont pas adaptées à ce type de produit.

Le premier destinataire des exportations sénégalaises de produits halieutiques en Afrique en 2005 est de loin la Côte d'Ivoire (37,8 pour cent des volumes) suivie du Cameroun (15,8 pour cent), du Mali (12,6 pour cent) et du Congo (9,9 pour cent) (tableau 4).

TABLEAU 4

Exportations sénégalaises de produits halieutiques (tonnes) sur le continent africain en 2005 selon la nature des produits et les destinations

Pays	Type de produits			Total	% total
	Frais	Congelés	Transformés		
Algérie	1	157	0	158	0,6
Bénin		353	86	439	1,7
Burkina Faso	4	876	0	880	3,4
Côte d'Ivoire	0	9 694	0	9 694	37,8
Gabon	1	897	88	986	3,8
Cameroun	0	3 344	704	4 048	15,8
Congo	0	565	1 978	2543	9,9
Ghana	0	349	241	590	2,3
Maroc	0	749	929	1 678	6,5
Guinée Équatoriale	0	925	13	938	3,6
Mali	0	3 196	6	3 202	12,6
Namibie	0	166	0	166	0,7
Autres pays	4	284	49	337	1,3
Total	10	21 555	4 094	25 659	100

Source: DPM.

4. POTENTIELS D'EXPORTATION DE PETITS PÉLAGIQUES CÔTIERS SUR LE MARCHÉ AFRICAÎN

4.1 Atouts

Tant aux niveaux interne que régional, des mesures ont été prises allant dans le sens de favoriser le développement des exportations sénégalaises.

Le statut d'entreprise franche d'exportation institué en 1995 tente de stimuler les exportations sénégalaises (gain de devises, valeur ajoutée locale) tout en favorisant la promotion de l'emploi salarié et l'accélération de l'industrialisation du pays.

L'institution d'un régime tarifaire privilégié transitoire des échanges (Acte additionnel n° 04/96 du 1er juillet 1996) au sein de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA) répond au besoin de réduction et d'harmonisation des taxes pour une plus grande facilitation du commerce régional. Il exonère les produits halieutiques de toutes taxes à l'entrée. Cette franchise totale n'est subordonnée qu'à la production d'un certificat d'origine délivré par les autorités nationales compétentes du pays exportateur.

D'autres dispositions commerciales comme la subvention à l'exportation (1986-1994) et la dévaluation du franc CFA (1994) ont contribué à stimuler les exportations sénégalaises sur le marché africain. La subvention devait permettre à l'exportateur de présenter des produits à des prix compétitifs qui ne se répercutent pas sur les surcoûts relatifs de facteurs enregistrés dans le pays tandis que la dévaluation devait favoriser la pénétration de produits locaux sur les marchés extérieurs.

La demande soutenue de produits halieutiques en Afrique est un autre atout pour les exportateurs sénégalais. Si, dans beaucoup de pays africains, la consommation de protéines animales stagne et parfois même régresse, le poisson, en raison de son coût moins élevé que celui de la viande, prend une importance croissante dans l'alimentation des populations. En plus, beaucoup de pays africains sont des consommateurs importants de poisson alors que leur production maritime et continentale reste faible. Les tentatives pour favoriser le développement d'une production aquacole n'ont pas atteint les résultats escomptés. Ce qui réduit ces pays à être des importateurs nets de produits halieutiques. L'essentiel des transactions concerne les produits pélagiques congelés. Les ressources pélagiques côtières, particulièrement pour la sardinelle plate, présentent donc des perspectives porteuses pour le marché africain compte tenu des potentialités disponibles.

4.2 Contraintes pour une grande pénétration des produits sénégalais

Plusieurs facteurs freinent la bonne pénétration des produits sénégalais sur le marché africain. Ces contraintes sont diverses et sont relatives aux:

- difficultés d'acheminement des produits vers les grands centres de consommation africains liées au mauvais état des principales voies de desserte occasionnant d'importantes pertes de produits, des délais de livraison des produits allongés et des coûts de transport accrus;
- non-fonctionnalités des mécanismes de compensation du fait de monnaies locales inconvertibles et une méconnaissance des exportateurs sénégalais des systèmes bancaires dans beaucoup de pays africains importateurs de produits halieutiques, contribuant à l'allongement des délais et à des difficultés de paiement;
- difficultés de maîtrise des marchés et des procédures administratives et douanières. En effet les exportateurs sénégalais de produits halieutiques disposent de peu d'informations relatives aux échanges commerciaux, aux types de produits et aux prix pratiqués et, opérant à petite échelle, ils ne sont impliqués dans aucune expérimentation de nouveaux produits. Ils déploient très peu d'effort pour prospecter de nouveaux marchés et sont confrontés à des difficultés de mise en œuvre du régime tarifaire privilégié institué par l'UEMOA. Ils continuent en conséquence à payer toutes les taxes antérieures au régime tarifaire privilégié transitoire des échanges au sein de la CEDEAO. Cette situation est liée à la prépondérance de l'informel dans le commerce du poisson et la mauvaise organisation des exportateurs sénégalais. En plus, l'absence d'organisations professionnelles fortes n'a pas favorisé l'émergence d'un système de vente groupé vers les différents marchés pour augmenter le pouvoir de négociation des opérateurs sénégalais sur ces marchés.
- autres contraintes portant sur de longues immobilisations des bateaux dans les ports d'accueil liées aux nombreuses tracasseries administratives et douanières occasionnant des pertes importantes de produits.

5. CONCLUSIONS

Un risque évident des mesures de libéralisation attendues peut déjà être identifié au niveau de la position à l'export des productions halieutiques sénégalaises. Alors que ces dernières sont extrêmement dépendantes du marché européen, et que leur compétitivité par rapport à certains de leurs concurrents est fragile, la remise en cause des avantages dont ils disposent sur ce marché pourrait s'avérer coûteuse avec des tensions sur les changes et sur les coûts et revenus des professionnels du secteur. Cette perspective menace gravement la stabilité de la balance commerciale sénégalaise qui dépend largement des exportations de produits halieutiques vers l'Europe en compromettant leur position à l'exportation. Le marché africain de petits pélagiques côtiers peut être une réponse à la libéralisation du commerce de produits halieutiques sur le marché européen. Pour cela, il faudrait réduire les importantes pertes après capture, proposer de nouveaux produits et prospecter de nouveaux marchés, assurer un acheminement correct des produits et stabiliser l'offre sénégalaise de petits pélagiques côtiers.

Toute l'aide à la pêche artisanale a été consacrée essentiellement à la production. Les aspects commerciaux n'ayant pas été suffisamment pris en compte, il s'en suit une mauvaise distribution du poisson dans le pays. Un plus grand soutien public à la commercialisation passerait par une facilitation de l'équipement des mareyeurs en camions et caissons frigorifiques. Les effets attendus d'un tel soutien seraient une offre accrue de produits halieutiques et l'augmentation du rayon d'action des mareyeurs à l'intérieur du pays. Il ne s'agit pas de produire davantage – les dernières tendances notées font état d'un fléchissement des potentiels halieutiques de la sardinelle ronde – mais de valoriser au mieux la production actuelle.

Les produits à présenter sur le marché africain doivent répondre aux goûts et préférences des consommateurs. Par exemple, il est établi qu'au Bénin les consommateurs préfèrent le poisson fumé et séché comme c'est aussi le cas au Ghana. Par contre, en Côte d'Ivoire et au Nigéria le poisson fumé est de loin le type de produit artisanal le plus prisé. Faute de disposer de produits répondant aux besoins des consommateurs locaux, les importateurs de produits ont mis l'accent sur le congelé pour assurer sur place par leurs propres soins la transformation du poisson. Il s'agit de freiner ces tendances en substituant le congelé aux produits transformés artisanalement porteurs de valeur ajoutée industrielle. D'importantes innovations doivent accompagner le processus. Le transfert de technologies (usage de fours) mises en œuvre dans les pays africains est fortement recommandé. Ces technologies sont peu coûteuses, facilement accessibles et donnent des produits de bonne qualité, tant sur les plans organoleptique et microbiologique et des délais de conservation plus longs. Les exportateurs sénégalais pourront bénéficier de l'appui technique de l'Institut de technologie alimentaire du Sénégal pour la maîtrise de telles technologies de transformation des produits halieutiques mais aussi pour l'amélioration des emballages.

La création de sociétés orientées vers l'exportation de petits pélagiques valoriserait davantage ces espèces. Des mesures incitatives pourront être prises pour encourager ces sociétés qui cibleront en priorité les marchés africains. En effet, la possibilité pour les conserveurs de décliner toute une gamme de produits à partir des pélagiques existe. Les résultats des prospections de quelques industriels font état de possibilités de présenter des filets de sardinelles par exemple sur le marché des matières premières pour une transformation ultérieure ou pour servir de base à la production de produits nouveaux.

L'assiette financière des exportateurs sénégalais étant très réduite, ils ne disposent pas de moyens suffisants pour tester de nouveaux produits ou d'explorer de nouveaux marchés. Pour cela, les possibilités de soutien des pouvoirs publics et des organismes nationaux et internationaux doivent être explorées. Ce soutien pourrait aussi être orienté vers des enquêtes sur les spécificités des grands marchés d'éclatement africains de produits halieutiques comme N'zérékoré en Guinée, Chicago en Côte d'Ivoire et Tuesday market au Ghana. Cela déboucherait sur une compréhension des mécanismes de fonctionnement des circuits empruntés par les produits ouest-africains et la définition d'options viables de leur commercialisation.

La construction de routes transnationales étant très coûteuse elle n'est envisageable que dans le long terme. La restauration du chemin de fer devait permettre une plus grande circulation des produits halieutiques en Afrique. En plus de la dotation en nombre suffisant de wagons permettant le transport aussi bien des produits congelés que des produits secs, des mesures vigoureuses allant dans le sens du respect des horaires, de la sécurité des colis et de la transparence des procédures administratives devraient amorcer la relance du rail dans le transport des produits halieutiques.

Au regard des nouvelles données du marché (demande soutenue de petits pélagiques côtiers sur le marché national, libéralisation du commerce international et redéploiement d'unités de senne tournante et de filet maillant vers les espèces d'exportation dont le poulpe), les conditions de rentabilisation d'un armement sardinier glacier et congélateur en vue d'assurer une offre stable sénégalaise sur le marché africain de petits pélagiques côtiers sont à étudier. Un tel armement pourrait exploiter les fractions des stocks de sardinelles côtiers situés plus au large et peu accessibles à la pêche artisanale et fournir des individus de grande taille et de bonne qualité pour le marché africain.

6. RÉFÉRENCES

Chaboud, C. & Dème, M. 1988. Ressources instables et pêche semi-industrielle: les exemples sénégalais et ivoiriens. In P. Cury & C. Roy, eds. *Pêcheries Ouest-Africaines: variabilité, instabilité et changement*. Paris, ORSTOM, 1991: 489-503.

- COPACE/FAO. 2007. *État des stocks de petits pélagiques dans la zone nord de l'Atlantique Centre-Est – COPACE*. Sous presse.
- CRODT. *Statistiques de la pêche maritime sénégalaise*. Archives du CRODT.
- Dème, M. 1988. *Étude économique et financière de la pêche sardinière sénégalaise*. Document Scientifique du CRODT, 107, 66 pp.
- Dème, M. 1992. Pelagic Fisheries of Senegal: Management Options, Policy Constraints and the Role of Subsidies. *Revue sénégalaise des recherches agricoles et halieutiques*, Volume 4 Numéro 1, pp: 103-116.
- Dème, M. & Levenez, J. 1989. L'exploitation des petits pélagiques au Sénégal: réponse de la recherche à la crise sardinière. In J-R. Durand, J. Lemoalle & J. Weber, eds. *La Recherche face à la pêche artisanale, Symposium. International ORSTOM-IFREMER, Montpellier France, 3-7 juillet 1989*. Paris, ORSTOM, 1991, Tome. II: 657-669.
- Dème, M. & Dahou, K. 2001. *Subventions et développement durable des pêcheries au Sénégal*. Contribution à l'atelier «L'impact des politiques nationales et européennes de pêche sur la sécurité alimentaire des populations des pays en développement», Dakar, Sénégal, 12-13 juin 2001. CRODT/CEMARE University of Portsmouth, 7 pp.
- DPM. 2005. *Résultats généraux de la pêche maritime sénégalaise en 2005*. 93 pp.
- ENDA REPAO-WWF. 2007. *Libéralisation du commerce et gestion durable des secteurs halieutiques en Afrique de l'Ouest: étude de cas du Sénégal*. *Études et recherches No. 258*, Enda éditions, 2007, 116 pp.

Climate variability and change, global trade, and regional food security: the case of small pelagic fish in West Africa

Variabilité et changements climatiques, commerce mondial et sécurité alimentaire régionale: le cas des petits poissons pélagiques en Afrique de l'ouest
(English only/En anglais seulement)

Pierre Failler

Centre for the Economics and Management of Aquatic Resources (CEMARE)
University of Portsmouth
St. George's Building 141 High Street
Portsmouth, PO1 2HY, United Kingdom
<pierre.failler@port.ac.uk>

Failler, P. 2010. Climate variability and change, global trade, and regional food security: The case of small pelagic fish in West Africa. *In/Dans* S. Garcia, M. Tandstad & A.M. Caramelo, eds. *Science and Management of Small Pelagics. Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa, 11–14 March 2008, Casablanca, Morocco/Science et aménagement des petits pélagiques. Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale, 11-14 mars 2008, Casablanca, Maroc*, FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings/FAO Comptes rendus des pêches et de l'aquaculture, No. 18. Rome, FAO. 606 pp.

ABSTRACT

The paper presents an analysis of the changes in fishing practices in West Africa both by national and foreign vessels and in trade patterns, as well as on the way in which these affect the economic and nutritional patterns of the Western and Central African countries, especially when climate variability is taken into account.

RÉSUMÉ

L'objectif de la présentation est d'analyser les changements des pratiques de pêche tant par les navires nationaux qu'étrangers, les modifications afférentes au commerce et de montrer comment cela affecte l'approvisionnement en poisson des pays de l'Afrique de l'ouest, notamment lorsque la variabilité climatique est prise en compte.

1. INTRODUCTION¹

West African countries face major challenges related to nutrition (FAO, 2005 and 2008a). Of a combined population of 226 million people², nearly 35 percent of children under five years of age are stunted, a sign of a chronically poor diet while about 5 to 15 percent of young children die young, a sign of acute hunger. Deficiencies in vitamins and iron are widespread in West Africa and contribute to illnesses and high rates of child mortality. Iodine deficiency is a public health concern as well (FAO, 2008a). Knowing that fish can contribute up to 80 percent of animal protein supply in some parts of West African countries (FAO food balance sheets), the recent New Partnership for Africa's Development (NEPAD) Fish For All summit in 2005 insisted on the importance of fish and marine products and of policies relating to food security (WFC, 2005), a recommendation that was already stated for all developing countries ten years ago during the International Conference on the Sustainable Contribution of Fisheries to Food Security with its subsequent Kyoto Declaration (FAO, 1995). Despite these major events and a series of publications on fish and food security issues (FAO, 2006; WFC, 2005)³, food security is still only today a prerogative of agricultural policy⁴.

Taking into account climatic changes and climate variability, the implication on food production and availability in African fishing nations are similar to those relating more generally to food security in the whole of West Africa: only agriculture is considered. For instance, the Workshop on Climate Change in Africa: Linking Science and Policy for Adaptation organized by the Tyndall Centre and IIED (Corberal, 2006) focuses on land-based activities and ignores fish, seas, oceans and coastal zones. The World Fish Center (WFC), stressed nevertheless, since 2002, the importance of climatic changes and associated effects on coastal and marine areas for policy decisions. The two 2005 workshops of the Global Ocean Ecosystem Dynamic (Globec) on "the economics of small pelagics and climate change" and of the Department for International Development on the "Impacts of climate changes on fisheries" stressed the importance of relationships between climate, ecosystem production, capture production, food security and poverty. More recently, the new Canary Current Large Marine Ecosystem Project (CCLME) under the Global Environment Facility program (GEF) highlighted the necessity of having a complete understanding of the consequences of upwelling changes on fish production, fisher communities' well-being and fish market supply (CCLME, 2006).

This paper is the first attempt to establish a link between climate variability, the production system, fish trade, consumption and food security in Africa. It focuses on small pelagic fishes because they are: (i) highly influenced by climatic changes that affect the quality of the upwelling; and (ii) the major source of fish consumption of West African populations. Thus, when the coastal upwelling is significant, pelagic fishes are generally more abundant and therefore markets for small pelagic fishes are satisfied. During years of weak upwelling, sardinella and other small pelagic species are less abundant and the risk of malnutrition increases for populations who rely

¹ The authors would like to thank Birane Samb, Claude Roy, Eddy Allison, Benoît Horemans, Serge Collet, Andrew Cooke, Jessica Sanders and Serge Garcia for their valuable comments.

² The area of West Africa, as defined in this paper, relates to the 15 countries of the Economic Community of West Africa States (ECOWAS): Benin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinea-Bissau, Mali, Senegal and Togo, as well as the eight countries of the WAEMU (West Africa Economic and Monetary Union) as well as Cape Verde, Gambia, Ghana, Guinea, Liberia, Nigeria and Sierra Leone, and Mauritania which left the ECOWAS on the 1st January 2001. The main area for fishing activities is in the waters belonging to Morocco, Mauritania, Senegal, Gambia and Guinea-Bissau while the main area of consumption covers the 16 countries mentioned above, as well as Morocco and Cameroon.

³ Or fish and poverty (Neiland and Béné, 2003), Aquaculture and food security (Cunningham, 2005), Trade and food security (Failler and Dieng, 2001; FAO, 2003; FAO, 2004; Kuriën, 2005, Failler *et al.* 2004, Failler, 2006a), future projections for fish consumption (Benson, 2004).

⁴ For instance, the 2008 OECD and West Africa Club publication on West African Perspectives: Resources for Development or the FAO (2005) publication on food insecurity in the world do not mention fish as part of the food security issue.

heavily on fish for diet. Furthermore, the production system, or more precisely the fleet composition, has a significant impact on fish market supply and food security because nearly all foreign vessels operating in West African waters catch fishes for the international market. Fish consumption changes relate mainly to: (i) changes in fish supply (and related prices); (ii) price link and substitution between fish and poultry products; and (iii) to a lesser extent, changes due to revenues or time spent cooking.

Finally, from a trade perspective, small pelagics are affected by a double trend. On the one hand, stocks of demersal species (e.g. white fishes, shrimps and cephalopods) are overexploited and exported by African countries to Europe as high commercial value goods, and a diminishing range of fishes remain available for local consumption: mainly small pelagics. On the other hand, the new trade route of small pelagics to Asian countries absorbs growing quantities of small pelagics the availability of which on the African market will sharply decline.

The objective of the paper is to present major present and future issues on food security that are conditioned by current and future changes of the upwelling quality, the structure of the production system and trade and consumption patterns. It consists of five sections. Section 1 presents the state of small pelagic resources in West Africa and their close relationship with the upwelling. Section 2 gives an overview of the trade patterns of small pelagic fisheries from production to consumption. Section 3 shows the current consumption shifts and their nutritional consequences. Section 4 presents future trends based on four realistic scenarios that would require policy interventions. Section 5 focuses on research and policy considerations while the conclusion summarizes the main issues addressed in the paper.

2. SMALL PELAGIC FISHERY IN WEST AFRICA AND CLIMATE VARIABILITY

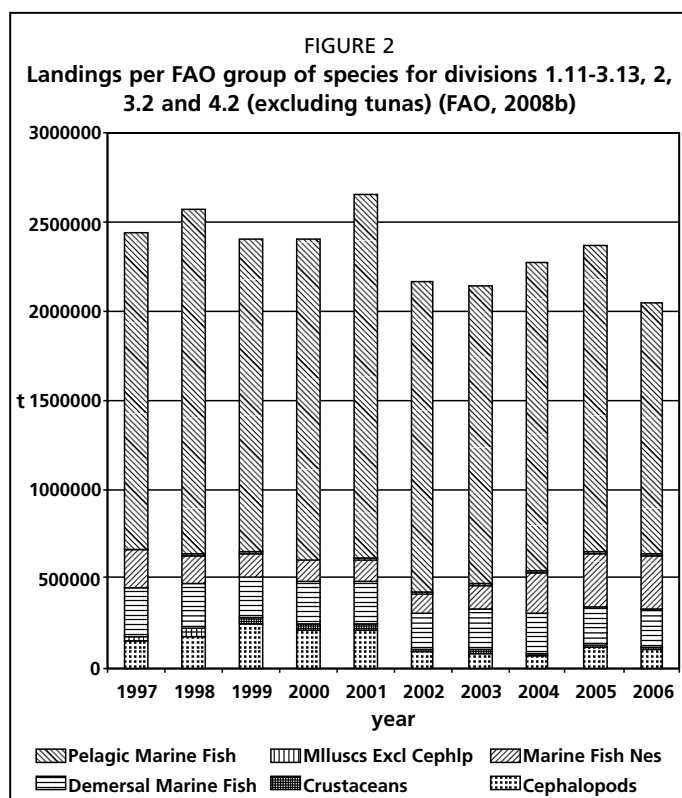
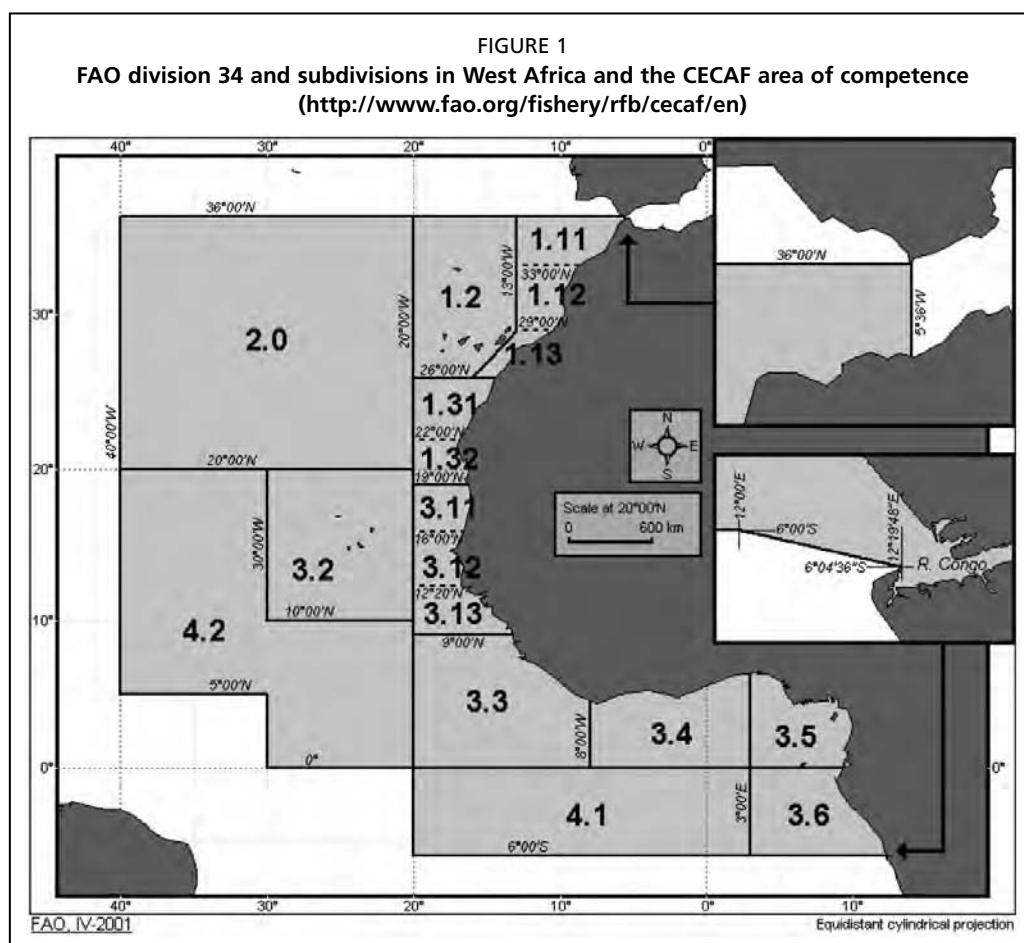
2.1 Small pelagic fisheries

Figure 1 shows the geographical location of the West African small pelagic fisheries. Within the FAO division 34, the main areas that we refer to in this paper are the coastal subdivisions 1.11 down to 3.13, and the oceanic subdivisions 2, 3.2 and 4.2. This geographical area includes the following coastal countries and entities (from North to South): Morocco, Western Sahara, Mauritania, Senegal, Gambia, Guinea-Bissau, Guinea Conakry and, in front of Senegal, the archipelago of Cape Verde Islands.

Small pelagic fishes constitute the bulk (in tonnage) of all fish landings and are the most important marine resources in the waters of the coastal countries within the study area. These resources comprise the following families: clupeidae, carangidae, engraulidae and scombridae⁵. Due to their migratory nature, these resources are usually shared by many countries. On average, small pelagics landings reach 1.3 million tonnes corresponding to 70 percent of the total reported catches (see Figure 2).

Among the most exploited pelagic stocks, sardinellas and mackerels are shared by all countries from Morocco to the north of Guinea. The presence of sardines is especially localized in Morocco and Mauritania. For the purpose of this work, only sardinellas will be studied, as they are the main small pelagic species consumed by West African populations. Mackerel species, which yielded 250 000 tonnes in 2005, are targeted by

⁵ The Clupeidae consists mainly of the sardinellas (*Sardinella aurita* and *S. maderensis*) and the sardine (*Sardina pilchardus*). *S. aurita* (round sardinella) is concentrated in areas of cold water whereas *S. maderensis* (flat sardinella) prefers areas of lower salinity, often close to the river mouths. Two of the most important carangidae species are *Trachurus trachurus* (horse mackerel) and *T. trecae* (Cunene horse mackerel) that live mainly between 25°S and 19° N. *Trachurus* form very dense schools that can be fished down to 200 metres depths using a midwater trawl with a large vertical opening. The false scad (*Caranx rhonchus*) is distributed from Guinea Conakry to Dakhla (South of Western Sahara), a northern boundary where important catches are made between April and July. The Engraulidae is represented mainly by the anchovy (*Engraulis encrasicolus*). The scombridae is represented by chub mackerel (*Scomber japonicus*) found along the entire West African coast (FAO, 2008c).



vessels from Eastern Europe, which have been operating in the zone for four decades and, more recently, by European Union vessels. Frozen, these species supply some major African markets, for example, Nigeria.

The two species of sardinella are generally caught together. The round sardinella is usually the main target of the different fleets due to its higher commercial value and abundance in this subregion⁶. Figure 3 presents the evolution of the total catches of sardinella in the whole zone between 1970 and 2006. From the figure below, it can be seen that the trends of the two species are fairly similar even if annual catches of flat sardinella are steadier around 100 000 tonnes. Since 1998, total landings of these species have been cut by half to 350 000 tonnes (FAO, 2002b).

⁶ The geographical entity called "subregion" includes Mauritania, Senegal, Cape Verde, The Gambia, Guinea-Bissau and Guinea Conakry.

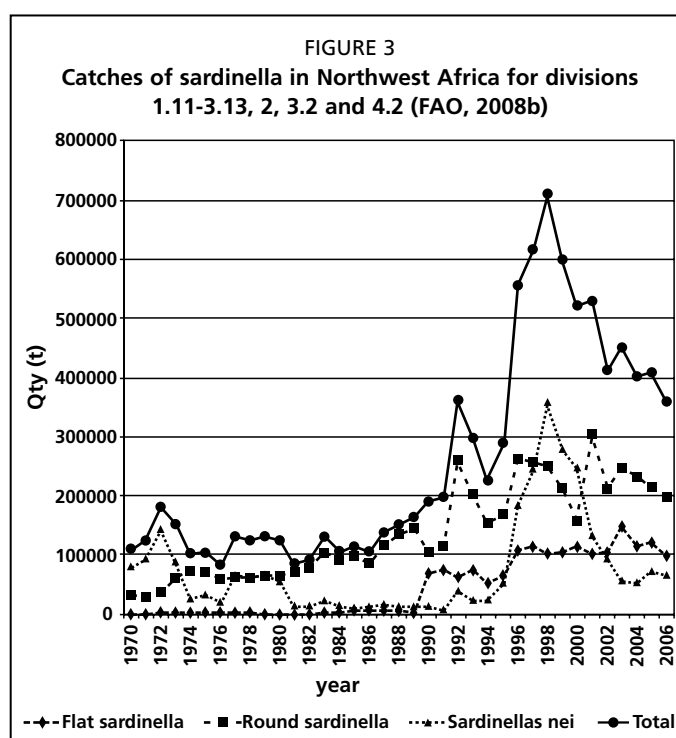
In Senegal, the largest landings are by the artisanal fishery⁷, which is constantly developing. Fishing is carried out in motorized canoes with diverse fishing gears such as purse seines, gillnets and beach seines. In The Gambia, small pelagic fish, including sardinellas, have not been targeted by the artisanal and industrial fleets since 1991. Consequently, landings are very low but the stock is largely the same that is exploited off Senegal. Sardinellas in Mauritania are caught mostly by pelagic vessels from the European Union, and in particular from the Netherlands. Fifteen vessels operated in 2001. Since then, three large vessels have been added to the fleet resulting in a substantial increase in the fishing effort. In the area between Dakhla (South Western Sahara) and Cape Blanc (North of Mauritania), the fishery grew in importance at the beginning of the nineties. Fishing is mainly carried out by pelagic trawlers chartered by Moroccan fishers and operating under the fishing agreement between Morocco, the Russian Federation and Ukraine.

Management measures in place in Morocco, Mauritania, Senegal and The Gambia are based mainly on zoning, minimum landing size with respect to certain species, mesh-size regulations, protection of certain species, licensing systems and closed seasons. The legislations in force prohibit some types of fishing. For example, it is forbidden to fish for marine mammals, and to use explosive and/or poisonous substances and electric discharges. The obligation to carry observers onboard vessels and to declare catches is a general measure in all countries. Fisheries surveillance projects working in close collaboration with a regional project based in The Gambia are in place.

2.2 Climate variability and small pelagic abundance

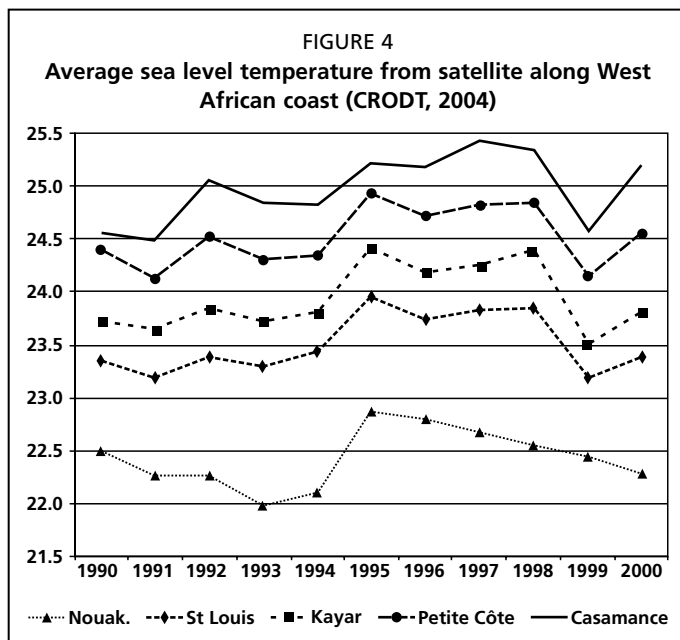
The West African coast from Morocco to Guinea Conakry includes the Canary Current large marine ecosystem (CCLME) and the northern part of the Guinea Current LME (GCLME). The CCLME is characterized by its temperate climate. It shows major upwellings and other forms of seasonal nutrient enrichments. Hydrographical and climatic conditions play a major role in driving its dynamics leading to seasonal and longer-term variations. It is classified as a Class I highly productive ecosystem with a productivity of more than 300 gC/m²-yr according to global primary productivity estimates from SeaWiFS (Anon. 2004).

Several observations in FAO Area 34 show causal links between upwelling and abundance of small pelagic species (Binet, 1997; Fréon, 1984). For instance, landings of pilchards in Northern Morocco (Zone A) are linked negatively to rainfall and positively to upwelling strength. Off Ghana and Côte d'Ivoire, catches of *S. aurita* are more important during the cold season and are correlated to the intensity of the upwelling. In



⁷ The industrial fleet was made up of small purse seiners or small tonnage sardine boats known as "sardiniers dakarois". Their number has been in continual decline for a number of years. In 2006, only four were still fishing. During the 1980s and 1990s, large tonnage purse seiners and trawlers from USSR fished in the Senegalese exclusive economic zone (EEZ). The purse seiners disappeared in 1994 and the pelagic trawlers in June 1999 with the stop of the fishing agreement.

Senegal and Côte d'Ivoire, catch per unit of effort (CPUE) of sardinellas is linked to an upwelling index. Binet (2005) mentions that, generally speaking, *S. pilchardus* (pilchards) is the small pelagic species that responds most positively to the upwelling strength in the FAO subdivisions 1.11 and 1.12. *S. aurita* and *S. maderensis* respond differently to the upwelling and the environmental conditions that prevail at a given location. For instance, *S. aurita* will react positively to the upwelling in Senegal but far less in Mauritania where



this species reaches the northern limit of its distribution. According to Binet (2005), we can even consider the inverse reaction: the CPUE for this species is the highest during the hot season offshore of Mauritania. The hypothesis behind these observations is that an intensification of the upwelling increases the quantity of plankton, which in turn, improves the feeding and survival condition of larvae, thus their recruitment. For instance, the year 1999, which can be considered as one of the rainiest years in the Soudano-Sahelian region, saw the lowest temperatures in Senegal since the beginning of the 90s (see Figure 4) and the highest biomass of sardinellas estimated at 3.6 million tonnes (compared to a biomass that fluctuates between 1.3 and 3 million tonnes).

As Roy and Cury (2003) and Binet (1997) pointed out, the wind is the driving factor of the coastal upwelling along the West African coast. During the cold season, winds cause a reduction of sea surface temperature (SST). Upwelling is permanent between 19°N and 28°N (from the Banc d'Arguin to the Canary Islands) and occurs only during winter south of 19°N. So, wind occurrence declines from the north to the south of the region. As a result, average SST rises from Nouakchott (Mauritania) to the Casamance region (south of Senegal). Given that there is only one stock of *S. aurita* and one of *S. maderensis* (FAO, 2003), the existence of two large nurseries and the wide distribution of the stocks from Casamance to the north of Cap Blanc (see Figure 5), it is possible to envisage the correlation between SST and sardinella biomass.

Therefore, one can use the SST as index of upwelling. Table 1 is built to give a more precise idea of the relationship between the upwelling and sardinella abundance. It presents the average SST at different locations along the Senegalese and Mauritanian coast and correlations between these SSTs and the abundance of sardinellas found in Senegal and Mauritania during the surveys of the R/V *Dr. Fridtjof Nansen* from 1995 to 2000.

For the stock surveyed in Senegal, the data show a strong adverse relationship between SST and the abundance of both sardinellas, as *S. aurita* and *S. maderensis* present the same correlation patterns. In Casamance, one of the two nursery areas for sardinellas, the correlation is -0.86. As we move to the north of Senegal, this correlation coefficient decreases, suggesting that temperature affects less and less the abundance of sardinellas in Senegal. In Mauritania, the abundance of *S. aurita* and *S. maderensis* show a different pattern than in Senegal. The increase of SST at Nouakchott has a positive effect on sardinellas species (0,89) since we start to reach the northern limit (Cap Blanc) of the geographical distribution of sardinellas. Thus, over the last few years, a downward trend of the intensity of the upwelling and a rising water temperature was recorded north of Mauritania and south of Morocco, resulting in the displacement of the thermal front further north, causing a massive displacement of sardinellas north of Cap Blanc as a result (Failler *et al.*, 2004).

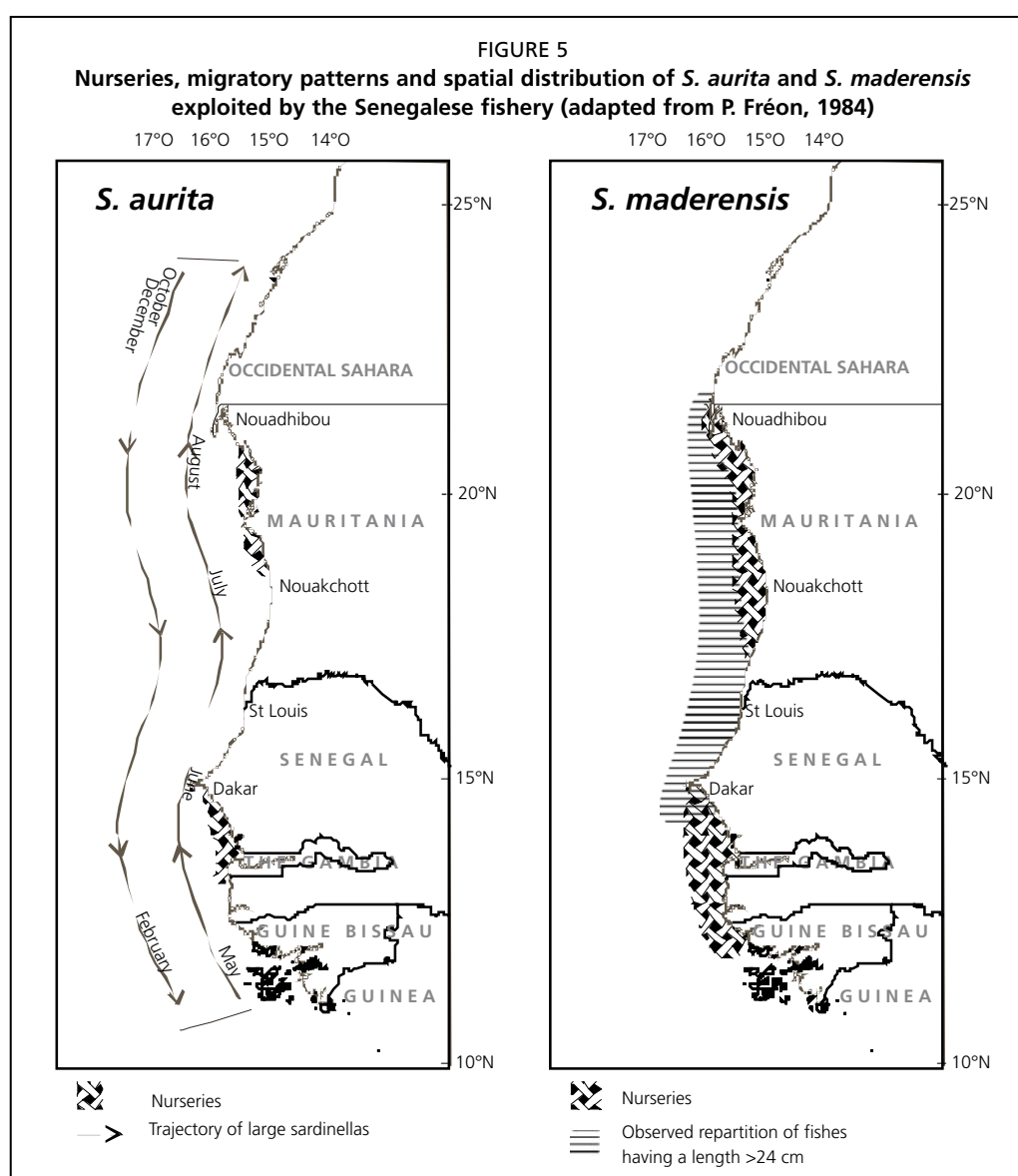


TABLE 1
Correlation between sea surface temperature and sardinella abundance in Senegal and Mauritania

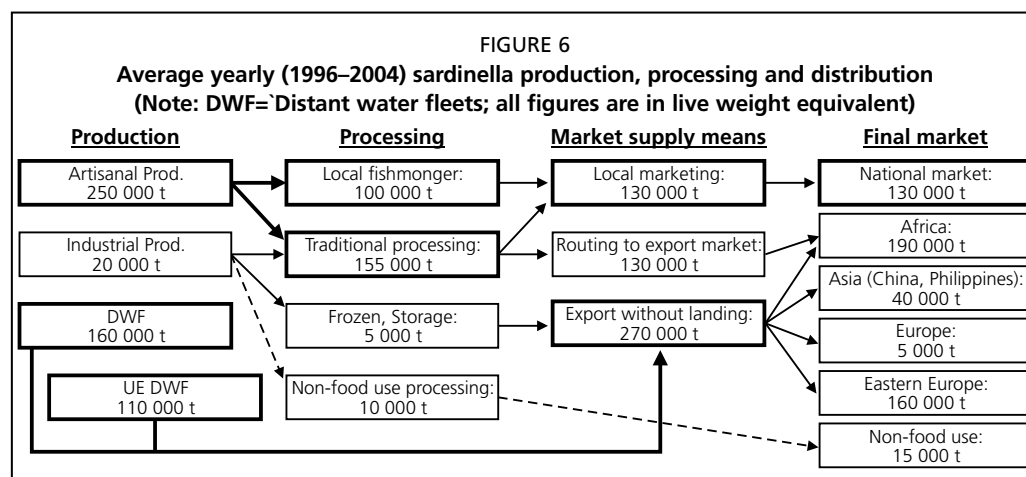
Country	Species	Year	Casamance	Petite Côte	Kayar	St Louis	Nouakchott
Sea surface temperature							
		1995	25,2	24,9	24,4	23,9	22,9
		1996	25,2	24,7	24,2	23,8	22,8
		1997	25,4	24,8	24,3	23,8	22,7
		1998	25,3	24,9	24,4	23,8	22,6
		1999	24,6	24,2	23,5	23,2	22,5
		2000	25,2	24,6	23,8	23,4	22,3
correlations							
Senegal	<i>Sardinella</i> sp.		-0,86	-0,65	-0,56	-0,52	
	<i>S. aurita</i>		-0,76	-0,60	-0,49	-0,44	
	<i>S. maderensis</i>		-0,89	-0,66	-0,58	-0,54	
Mauritania	<i>Sardinella</i> sp.						0,89
	<i>S. aurita</i>						0,77
	<i>S. maderensis</i>						0,74

Note: Due to the small amount of observations (one per year and per stock), correlation figures in this table are given to show that a relationship between SST and sardinella abundance is possible and needs further investigation. These figures cannot be taken as scientific proven facts. Source: CRODT 2004 for sea water temperature.

European fishing vessels felt the early migration of the sardinella to Moroccan waters in the autumn of 2001–2002 related to the high water temperatures that season. Zeeberg (2003) agrees that there is a connection between the fall in catch and the changes in water temperature that cause the sardinella to remain in Moroccan waters for a longer period of time. As Roy and Reason (2001) pointed out, the variability of the climate and temperature in the CCLME is related to the El Nino/Southern Oscillation (ENSO), adding a new dimension to the understanding of the causality between climate variability and fisheries. Nevertheless, it is possible to outline some general trends. For Roy and Curry (2003), decadal climatic changes occur in the CCLME that affect the fish population and particularly the distribution and abundance of small pelagics with some synchronicity with the upwelling and the ENSO.

Trade patterns and recent changes

Many trade patterns coexist for the sardinella caught in West Africa. Among the various trade systems and routes that are presented in Figure 6, we can define three major routes: one regional (small-scale fishery and West African consumption) and two international ones (distant water fleets and traditional markets in Europe and Africa; European fleet and Asian market).



2.3 Artisanal production for West African markets

The first route involves sardinellas caught by African fishermen from canoes or small coastal boats and landed fresh. These are consumed fresh by the local population or processed, using drying and smoking techniques, and consumed by both national and West Africa populations. This trade system supplies roughly 100 000 tonnes per year of fresh fish and 30 000 tonnes of cured fish to markets of Mauritania, Senegal and The Gambia and 120 000 tonnes of dried/smoked products to neighbouring countries. The industrial fleet, mainly operating under freight contracts in Mauritania⁸ provides 20 000 tonnes both for human consumption and fish meal reduction.

Although they are generally not recorded, the processed products of the artisanal sector constitute a significant part of the intra-regional trade of sardinellas and other small pelagic species. These exchanges increased considerably during last few years (Deme, 2004), but the official data still do not suitably reveal them because these activities are not recorded (while import and export of frozen products are recorded). The latter are well recorded since they use maritime routes and harbour facilities where customs operate effectively. The fish processed by artisanal processors fish circulates especially over land, in trucks, vans, passenger vehicles, taxis, even motorcycles and

⁸ The Senegalese industrial fleet has practically disappeared in the 90s.

cross borders sometimes without customs declarations. One can, however, identify a certain number of trade-circuits:

- **from Senegal:** towards Cameroon, Congo, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Guinea, Nigeria, Togo, Benin, Zaire and Mali for dried and smoked sardinellas;
- **from Mauritania:** towards Ghana, Nigeria and recently Mali for dried and smoked sardinellas and other small pelagics.

Two other routes in the Gulf of Guinea are important, as they are part of the distribution system of sardinellas caught and processed in Mauritania and Senegal:

- **from Ghana:** towards Togo, Benin and Nigeria for smoked sardinella; and
- **from Côte d'Ivoire:** towards Burkina Faso for smoked sardinella.

2.4 European trade system from Las Palmas

The second trade system involves the ex-USSR and European fleets. The political disaggregation of the USSR resulted in a significant reduction of the number of operational vessels in West Africa. The remaining vessels continue to navigate today under freight contracts with Mauritanian companies. The Dutch fleet started to operate in Mauritania in 1992 under private licences. Since the new protocol of the EU/Mauritania fishing agreement in 1996, this fleet functions under a public statute.

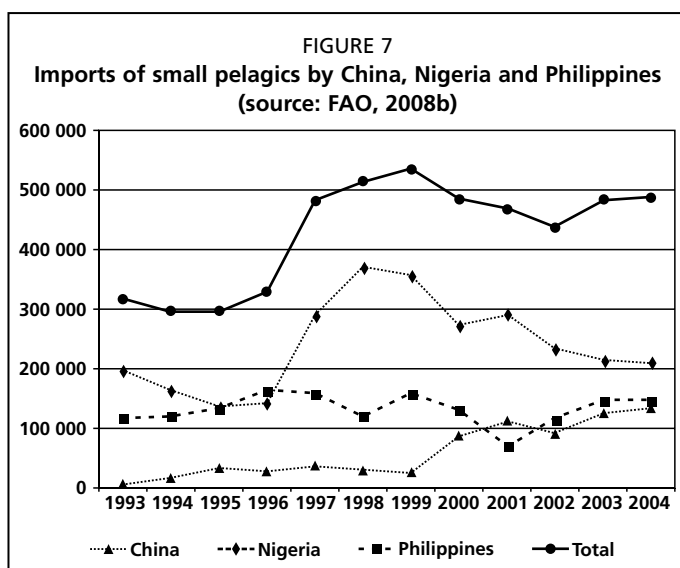
The departure of the ex-USSR fleet and the arrival of the European pelagic fleet led to some major changes in trade. The ex-USSR fleet fished mainly to supply the Soviet countries and, occasionally, the West African market, as a way to obtain the hard currency, necessary for the operation of the vessels. The European fleet started fishing with the objective of supplying the West African market, especially the Nigerian market using the already established Dutch trade connection. Thus, the arrival of the EU fleet has to be perceived as a complement to the existing Dutch merchant system that is used to sell small pelagics from the North Sea and other European waters such as horse mackerel, jack mackerel and chub mackerel to Nigeria and neighbouring countries. Under the umbrella of "The Group", which is the marketing and export organization of the Pelagic Freezer-trawler Association (PFA)⁹ that owns European vessels operating in West Africa, exports occur from Las Palmas. In this important port, new harbour facilities have been built since the beginning of 2000 to facilitate the landing of small pelagic fish landed by EU vessels, their frozen storage and the uploading of containers on cargo vessels.

From 1996 to 1999, the trade pattern of the European company in West Africa was quite simple as the purpose was to supply highly demanding countries such as Nigeria. This objective was reasonably achieved, as The Group was able to provide approximately 300 to 350 000 tonnes of small pelagics to Nigeria, the bulk of which came from West African waters, the remainder from European waters. As shown in Figure 7, Nigerian imports have been positively affected by the presence of European vessels in Mauritania and Moroccan waters, as their levels rose significantly when the EU vessels started to operate at a large scale and on an annual basis, in 1996. The trade system was the following: frozen sardinellas landed in Las Palmas were stored and then shipped to major African markets, such as Nigeria, Côte d'Ivoire, Ghana, Cameroon, Congo and The Democratic Republic of Congo. In these countries, frozen fish imports constitute the category most widely distributed, through a network of privately owned cold stores located in major cities. The fish is available frozen in city markets, and part of it is smoked for further distribution to village markets. The freshly frozen landings of the industrial fish trawlers also follow the same distribution network, but their availability, far beyond the coastal landing sites, is constrained by its limited quantity relative to the cheaper imports of pelagics from Las Palmas (FAO, 2000).

⁹ The Pelagic freezer-trawler Association represents the interests of 8 European pelagic trawler companies on an international level. At present, the association has members in England, France, Germany and The Netherlands, all operating freezer-trawlers that catch and process pelagic fish for human consumption.

2.5 New Asian trade route

Since 1999, new markets for African sardinellas and other small pelagics have been

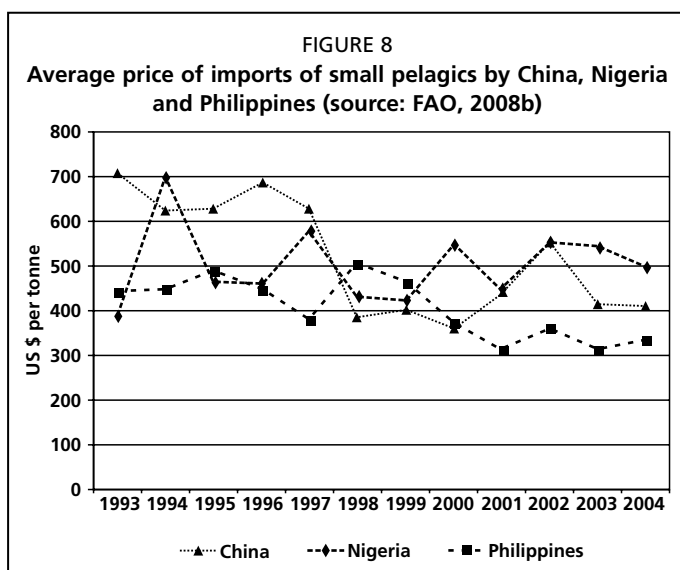


developed in Asia, particularly in China and the Philippines. Figure 7 presents the trend over the last decade of small pelagic imports of Nigeria, China and Philippines. The Chinese market starts in 1999 both for supplying the national market and for processing the fish which is re-exported in cans to Africa or Europe. Market opportunities in Asia are driven by three main factors that are examined in more detail below:

- i. the ease of access of the Asian market compared to the African market;
- ii. the high prospect that Asian market will offer in the near future; and
- iii. the customs bypass that Asian processing can offer.

2.5.1 Easier access

With lower business risks and less administrative annoyances (hence easier circulation



of goods), the Asian market appears to be more attractive than its African homologue. As pointed out at the international meeting¹⁰ on trade policies and sustainability of fishery sectors in West Africa held in Conakry in October 2004, administrative annoyances can be so high, that tradesmen give up trading (Failler, Ndiaye and Bakanova, 2004). Average prices do not seem to explain the attractiveness of the Asian market. As shown in Figure 8, since 1998, average import prices are higher in the Nigerian market than the Chinese market and all the time greater than the Philippines market. Explanations are maybe in the volumes of trade.

2.5.2 Higher prospects

The Nigerian and other West African markets have a demand for low price fish for direct human consumption as the population cannot afford to buy high value commercial species. West African countries do not have great room for manoeuvring to negotiate prices, as the alternative sources are few or non-existent. The situation of having The Group as the only supplier reinforces the precariousness of importing nations in two ways. Firstly, The Group can dictate prices as it wants; the low correlation factor (-0.26) obtained between price and quantity from 1996 to 2002 reflects the poor relationship between supply and demand; a situation that only a malfunctioning market can generate (for comparison, for China, the correlation coefficient is -0.50,

¹⁰ Organized by ENDA-Diapol.

which indicates a certain negative response of price to supply quantities, which shows that market mechanisms are functioning). The second concern is the path dependency that The Group has created in Nigeria, Ghana, Cameroon and other fish importing nations in West Africa. By being the only provider, The Group generates a situation in which, for West African countries, it is easier and cheaper to deal with one supplier than make the effort to develop a multi-supplier system. How does it affect the food security of these countries? For instance, in Nigeria, The Group provides nearly half of the fish consumed by its 120 million inhabitants (nearly three of the 6 kg consumed *per caput* per year).

The recent and future increase of the purchasing power of households in Asia compared to the stagnant perspectives in West Africa is itself an explanation of the development of small pelagic exports to Asia. The increasing future demand for fish products in China (FAO, 2002a) will guarantee an increasingly significant flow of marine products up to the point where households will prefer high value commercial species such as white fish, shrimp and cephalopods over small pelagics.

2.5.3 Customs' bypass

The third important market factor to consider for the Asian market is the possibility to develop a system where custom duties in Europe for products coming from China (?) are null. As Van den Brink (2004), in the PFA news, pointed out, *"Blue whiting enters China as an entire fish and leaves the country as fillets. By re-exporting after processing, the Chinese importer pays no import duties. In contrast to Eastern Europe, the EU countries levy a 15 percent import duty on the filleted fish. But if the exporter of the whole blue whiting is the same as the importer, i.e. he remains the owner of the product and he commissions his product to be processed in China, the excise authorities can issue a licence for the return of the fillets to the EU at a zero rating. For this to happen everything has to be subjected to appropriate administration and, for instance, DNA tests must be able to demonstrate that the fillets really are from the same blue whiting that left the EU several months before. It is not a simple exercise, but in view of the levels of the current duty rates it represents a commercial challenge of the highest order"*.

This custom bypass is possible because of the higher technological and sanitary levels of the processing plants in Asia compared with the West African plants that, often, do not comply with international quality standards and therefore are looking desperately for raw material. The development of the Asian trade system indicates that capture of small pelagics by DWF in West Africa will only continue to supply markets of West African countries as long as the price remains attractive and the administrative annoyances do not generate too many obstacles to trade.

3. FLEET STRUCTURE, MARKET SUPPLY AND CONSUMPTION

3.1 National and European fleet strategies and their nutritional consequence

Species targeted by the European fleets are those heavily exploited by national fleets and exported in high quantities to the European Union, and also Japan in the case of cephalopods (see Table 2). Analysis of the different national fleets and their national fish market supply shows a progressive decline in supply due to increasingly higher incomes obtained through sales to export markets (Failler *et al.*, 2004). On small local markets, only those products with a low commercial value are available. However, in years where there is no measurable growth in catches and exports (there is a very strong correlation between catches and exports), there is a reduction in the net supply of fish to the local market. The scarcity of high value species, on one side, and the difficulty of maintaining the high level of imports, on the other side, has led to a compression of national market supply (Deme and Dahou, 2002; Failler *et al.*, 2004).

TABLE 2

Percentage of the national fleet catches that are exported from Mauritania, Morocco and Senegal (average 1990–2005)

	%	Small pelagics	Tunas	Demersal fish	Cephalopods	Shrimp
Morocco		50	90	70	95	90
Mauritania		95	95	90	100	95
Senegal		15	90	90	95	95

Source: Failler (2006b)

All that would be of no consequence if fish did not represent a significant source of animal protein for the coastal populations of West Africa. Table 3 below presents the average fish consumption for Morocco, Mauritania and Senegal. Figures presented do not reflect the actual consumption of coastal population which is about 30 kg/inhab/y for Morocco and Mauritania and about 50 kg/inhab/y for Senegal (Failler, 2006b). For instance, in Senegal, the consumption of small pelagic species, primarily sardinellas, represents nearly 75 percent of the overall fish consumption. Sardinellas are mainly transformed into Kéthiakh (fish that is braised, salted and dried; 50 percent of the production). In the distant rural zones of the coast, the traditionally processed products are generally used as a substitute for the fresh products. In Mauritania, with a population of 3 million inhabitants, 13 000 tonnes are unloaded on average per annum by artisanal fishing, approximately 3 000 tonnes are transformed locally into dried or salt-dried fish, before being sent to the interior of the country or exported to the bordering countries (Mali, Senegal) by local or foreign wholesale fish merchants. 10 000 tonnes are transported in the form of fresh fish under ice, often in vans, towards the hinterland, especially towards the Senegal river valley, where the populations are accustomed to consuming fish. In the case of Nigeria, there is still no satisfactory estimate of demand for food fish because one crucial variable, annual *per caput* consumption, is unreliable (FAO, 2000). The estimate of domestic production is as valid as the outdated frame on which it is based. However, the generally accepted figure of 6 kg/*caput*, applied to the population rate of growth (2.83 percent) provides a demand figure of about 1.1 million tonnes in 2008. Domestic production will not catch up with demand in the next 30 years, even if *per caput* consumption remains constant. The shortfall is expected to be met by imports.

TABLE 3

Fish consumption in Mauritania, Morocco and Senegal (average 1990–2002)

	Mauritania	Morocco	Senegal
Consumption per inhabitant (kg/inhab./year)	13	8	31
Proteins (Grams per day)	4	5	9
Fish proteins/Total proteins of total population	5%	3%	13%
Fish proteins/Total proteins of coastal population	30%	25%	80%

Source : Failler and Lecrivain (2003)

3.1.1 *Small pelagic fishes replaces meat in coastal towns: price of fish is lower than that of meat*

Since 1970, migrations towards the large coastal urban centres were accompanied by changes in consumption patterns in which fish gradually replaces meat. For instance, populations of the Sahara, which have been pushed to the coastal cities during the drought years, have changed their food practices as they urbanized by consuming fish. Two reasons explain the substitution of meat by fish over the last three decades. The first one is the abundance of small pelagics at moderate prices due to production

surpluses achieved by the artisanal fleet¹¹. The second is linked to the high price of meat products in coastal areas, particularly red meat (coming from the cattle-rearing areas of the hinterland) and white meat (coming from intensive farming and imports).

3.1.2 *Fish as a luxury product*

In the last decade, a price inversion has occurred in Senegal, Mauritania, Morocco and The Gambia: the price of meat (especially white meat) has declined relatively to the price of demersal fish (from 0.5 to 2). Due to the high level of exports of demersal fish or products, the supply of the domestic market is limited. Examples from these countries show that demersal fish (formerly a basic food) now have the status of a luxury food product (Cherif, 2001; Dahou and Deme 2002; Failler, 2009) while small pelagic fishes stay affordable for the whole society.

3.1.3 *Opposite trend for middle class*

If migration to coastal urban centres tends to increase fish consumption, diet patterns of the growing middle class in cities have evolved in an opposite direction over the last decade. Urban households have expressed an increasingly strong preference for ready-made products. This phenomenon may partially explain the increase in consumption of white meat (easier to prepare than fish) and thus contributes to the substitution between fish and meat. But its contribution to the explanation is modest, taking into consideration what occurred in Europe: a progressive increase in the consumption of fish during the last decade at the same time as an increase in the white meat consumption (Failler, 2006b).

In a more general way, changes in the patterns of fish consumption may not always be visible in statistics given for average consumption *per capita* per annum. However, what is clear is that there is indeed a profound change in the pattern of fish consumption. Increasingly, there has been a marked decrease in the quantity of high value (and quality) fish species consumed, with species of low commercial value eaten instead. In addition, fish supply has been increasingly restricted to coastal areas and large urban centres.

Information provided by the DFID project "European Union Fishing Agreements with Third Countries and the Principle of Responsibility¹²", shows a strong correlation between an increase in price for high value species on the international market and the growing scarcity of these species on national markets. Consequently, exported species are seldom available on local markets, and even when they are available, they are frequently sold at prices that are too high for local households. In this context, the absence or low level of landings (except for small pelagics, which are abundant in good upwelling conditions), and the volume of exports has a number of effects:

- i. A decrease in the availability of fish on the national markets and a rise in prices (a corollary due to the current scarcity of the resources), which in turn leads to a decrease in the purchasing power of West African households, the majority of which already live below the poverty line.
- ii. Traditionally consumed species are being generally replaced by species that were either not consumed, or rarely so, a decade ago. In addition, as species of high commercial value are largely unavailable, there, in higher income

¹¹ For example, to such a degree that the fishermen of Nouakchott (Mauritania) limit the number of fishing trips per week in order to maintain the selling prices on a level ensuring certain profitability. There has been increasing difficulty over the last few years to supply the hinterland markets due to poor road infrastructures and risks of price-cuttings. Thus the fish consumption is not only likely to be double in the urban zone compared to that in the rural zone but it may also be close to zero in remote rural areas.

¹² Research Program financed by Department of Foreign International Development (Dfid), U.K. and carried out by CEMARE with the collaboration of the CRODT, CREDETIP in Senegal, IMROP and PROMOCONSULT in Mauritania, INRH in Morocco, SFA in Seychelles, MFRD in Ghana. See Failler (2003a) for the full report and Failler (2003b) for a result summary.

households, an increase in consumption of species that were previously left for households on lower incomes. In the first case, a change of consumption patterns can be observed without a perceptible reduction in nutritional or energy values, as shown in Table 4¹³. In the second case, however, the rising price of lower commercial value species is denying poorer households their traditional supply of fish. Altogether, this results in a reduction in the choice available to the population, increasing their vulnerability because of an increased dependence on a reduced selection of potential goods for consumption.

- iii. The substitution of poultry for fish occurs because of lower prices for white meat than for fish (poultry that is to some extent imported from Europe in particular thanks to export subsidies).
- iv. The opposition of West African public opinion to the fishing agreements because of the impression they have that they are being cheated of their fish. Even if the Mauritanian society is not currently expressing itself on the subject, the forthcoming negotiations regarding the agreements are likely to see voices rising on the issue.

TABLE 4
Nutritional values of some fish species and chicken

Species	FAO Code	Species Group	Energy (Kcal)	Protein (g)	Lipid (g)
Octopus nei	OCT	Cephalopods	82	14,91	1,04
Lesser African threadfin	GAL	Demersal	87	19,2	0,60
Flatfishes nei	FLX	Marine fish, demersal	91	18,84	1,19
Cuttlefishes/bobtail/squids	CTL	Cephalopods	92	15,58	1,38
Pargo breams nei	SBP	Demersal	92	18,4	1,50
Congo dentex	DNC	Demersal	92	18,8	1,30
Groupers nei	GPX	Demersal	92	19,38	1,02
Goatfishes, red mullet nei	MUM	Demersal	96	20,4	1
Skipjack tuna	SKJ	Pelagic/Tunas	100	20,51	1,34
Snappers nei	SNA	Demersal	100	20,51	1,34
Sardinellas nei	SIX	Pelagic	101	21	1,9
Shrimp	CNZ	Crustaceans	102	17,9	0,6
Common shrimp	CSH	Crustaceans	120	23,08	1,96
Shark	SKH	Demersal	130	20,98	4,51
Chicken			139	19	12
Hakes nei	HKX	Demersal	142	21,8	5,4
European pilchard (=Sardine)	PIL	Pelagic	143	17,6	7,5
Jack and horse mackerels nei	JAX	Pelagic, small	143	25	4
Plain bonito	BOP	Pelagic	151	22,6	6
Yellowfin tuna	YFT	Pelagic/Tunas	170	24	7,5
Atlantic mackerel	MAC	Marine fish, pelagic	205	18,6	13,89

Source: Platt B.S. (1962); USDA (2009); FAO and US Department of Health, Education and Welfare (1968). McCance and Widdowson's (1992)

3.2 National market supply in the context of trade liberalization and other policies

It appears that both the high level of national exports and fishing agreements limit the supply for the domestic market, contrary to the objectives of national fishery

¹³ cf. Failler and Lecrivain (2003) for nutritional details and Failler (2009) for the analysis of the changes in mode of consumption in West African countries during the last decade.

policies in West African countries. These policies are essentially articulated around the exploitation and the valorization of the existing resource potential, the creation of added value (by processing), the creation of jobs and the supply of the domestic markets. Both the industrial and artisanal fleets deal almost entirely with the external market in the case of high commercial value species (cephalopods, shrimps and demersal fishes), either failing to supply the national market, or supplying it with fish that is unsuitable for export due to its inferior quality, or with fish for which there are no export channels towards carrying markets such as small pelagic caught by the artisanal fleet. This fact is paradoxical because one of the principle objectives behind the development of the artisanal fishery was the supply of local markets, whilst the industrial fleet was geared towards export earnings. Instead, today's artisanal fleet is the main supplier of fresh fish intended for the European market due to the freshness of their catches!

Overall, this situation is understandable because the exploitation and export of species with high commercial value is much more profitable than targeting species destined for the national market, or for export to neighbouring countries. Therefore, since the mid-1990s there has been a reduction in fishing effort of small-scale fishery targeting species of low commercial value that are appreciated by the local population, especially in the hinterland or among populations with weak purchasing power. That fishing effort is redirected towards noble demersal species bound for the European markets¹⁴. Dème (2000) showed that what follows logically in this situation is that fisheries authorities in developing countries now deals primarily with the management of conflicts arising between fishermen requiring access to resources intended for export and fishermen accessing waters to exploit species that are consumed on the African continent.

The replacement of Structural Adjustment Plans in 1999, by Growth Facility and Poverty Reduction Programmes (GFPRP), has also influenced fisheries sectors of third world countries. Under the constraints of structural plans, international institutions such as the World Bank and the IMF have effectively mortgaged the natural resources of the countries. Despite willing to reduce the poverty, the GFPRP has in fact encouraged African countries to sell their natural resources without adding some value in order to sustain the growth of the economy. This policy is cautioned by the Lomé Convention signed in 1975, followed by the Cotonou Agreement in 2000 that tends to facilitate imports of raw material from ACP countries to Europe, in order to maintain the economy and the employment of coastal European regions that depend on fisheries and fish processing. This economic and social European policy is in the same way the root of the European fishing agreement policy since its start in 1979 (Failler, 2008). As the requirement for raw material focuses on white fish, cephalopods and shrimp (and not on small pelagics), it leads to a situation where small pelagics are left for African populations. When observed closely, the new strategies of these institutions (WTO and EU DG-Development) hail economic growth as the primary way of reducing poverty. If this philosophy is considered in the light of the work of Sen (1993), which makes a clear link between development and freedom, then indeed, the ability to make economic choices is an important aspect of freedom and a proof of development. The limitation of choice of the African population of only low value species such as small pelagics and other species that are not demanded on the international market is clearly a sign of poverty increase, loss of freedom and impaired development.

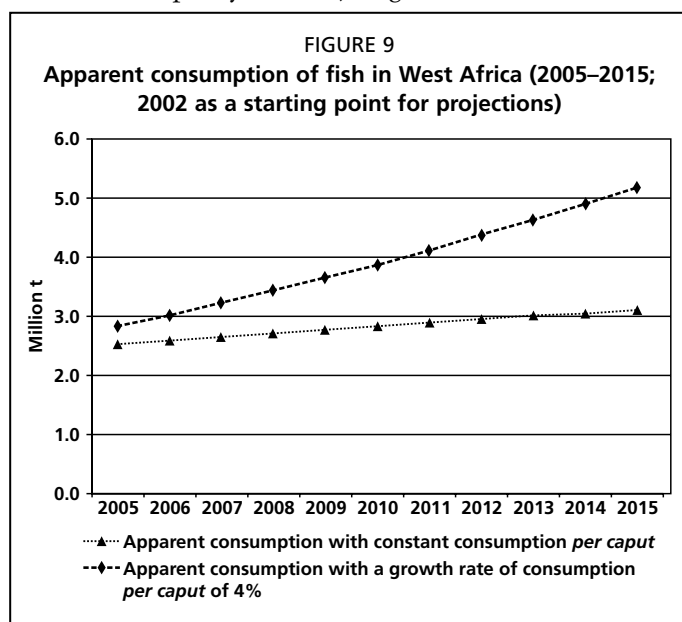
On the whole, major changes in international commerce increasingly benefit fisheries sectors of developing countries to the detriment of local populations who suffer from a lack of choice and price increase. The constant demographic growth of

¹⁴ Thanks also to the lower investment costs that occurred in the demersal fishery compared to the one in the small pelagic that makes entry costs to this fishery about six times lower than to the demersal one (Dème and Dahou, 2002).

West African countries (+2.8 per year), combined with massive rural exodus over the last three decades to urban centres (where the population has risen sharply as a result), has acted to reinforce the prevalence of the urban markets over rural ones. This pattern has two consequences: (i) the movement of concentration of fisheries products within urban markets and the closing down of rural markets; and (ii) the focus of the retail sector on valuable species. Closer proximity, higher prices for sellers, reduction of transport-related risks and correspondingly, enhanced conservation of products, have all contributed to this shift to the detriment of the supply of small pelagics to the rural population, sometimes now recording zero levels of consumption of the traditional dried and smoked products.

4. WEST AFRICAN FISH SUPPLY AND FOOD SECURITY IN 2015

According to the United Nations report on the population to 2300 (United Nations, 2004), the African population from 2005 to 2015 will rise but with a decreasing rate. Currently, the growth population rate is 2.5 percent per year. This rate will decrease annually by 4 percent until 2015. Considering the current population of West Africa of 247 million (CEDEAO-UE-UEMOA, 2002), the figures for 2015 will be about 305 million people. If the annual consumption level of 10.2 kg/capita/year (equivalent to 2.5 million tonnes of net supply¹⁵) observed in 2002 is maintained, the total consumption will reach 3.2 million tonnes in 2015. It would reach 5.2 million tonnes with a growth annual rate of the *per capita* consumption of 4 percent¹⁶ per year (17 kg/capita/y in 2015). Figure 9 shows both trends of the net supply from 2005 to 2015.



The supply gap between 2005 and 2015 is therefore approximately 700 000 tonnes at constant consumption rate. It extends to 2.7 million tonnes if consumption rates improve. It means that production from national fishermen or imports will have to increase by 0.6 to 2.7 million tonnes. Taking into account the fact that most of the marine resources in West Africa are already fully exploited or overexploited (Chavance *et al.*, 2004; Synge, Failler and Gascuel, 2008), it seems rather impossible to satisfy the various levels of future demands by increasing national catches. Furthermore, the climate variability, as we saw earlier, will continue to affect the abundance of small pelagics and therefore catches. The supply of fishing

and importing countries will have, on annual basis, to deal with fluctuation of landings and imports respectively. In order to facilitate the presentation of future scenarios, the next section focuses on economics and social aspects of demand and supply of fish while the following section presents scenarios with climate variability.

Fish exports are such a precious means for coastal States to raise funds and hard currency, that it is doubtful that they will decrease in order to improve the supply to African markets. If this happens, it will be due to the decrease of catches, as already

¹⁵ The apparent consumption figures are obtained by multiplying population figures by consumption *per capita* figures. The apparent consumption corresponds to the net supply needed to satisfy the demand. All figures are in live weight equivalent.

¹⁶ Based on the average growth of the consumption rate of small pelagic fishes in countries of the SRFC over the period 1990–2004.

happening with certain high commercial value species in Senegal (Dème, Diadhiou and Thiam, 2001). Consequently, the increasing need for fish is unlikely to be satisfied by the rerouting of global imports towards African national markets. The purchasing power gap between African and other developing or emerging countries' households will continue to aggravate in the next decade, resulting in a reinforced attractiveness of the international market against the national one (unlikely to be compensated by an increased economic development and revenues of households). In other words, market competition will make it more and more difficult to supply African markets. Even for small pelagics, the Asian market will attract growing quantities of sardinellas, reducing the availability both for fishing nations (e.g. Mauritania and Senegal) and less competitive importing nations (e.g. Nigeria and Côte d'Ivoire). In other words, the next important change that we can already predict in the fishery sector in West Africa is the export of larger quantities of small pelagics by the small-scale fishing sector out of Africa (on the top of the current industrial sector). It is a logical extrapolation of what already happens with high commercial value species such as white demersal fish, cephalopod, shrimp and tuna.

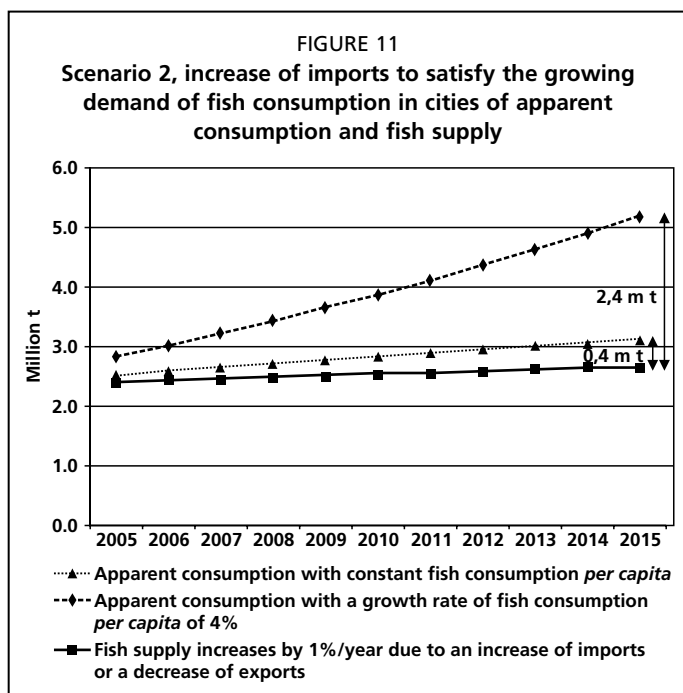
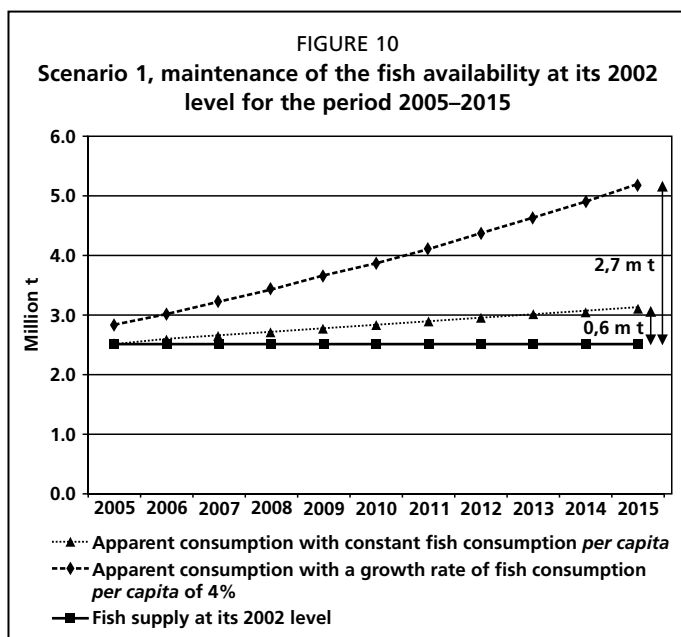
Within African countries, as the urbanisation of the population will continue over the next decade, trade flow will be much more concentrated on cities, leaving the countryside and remote areas without fish. The improvement of the cold chain between harbours and cities will also lead to some changes in the way products are processed. The smoking and drying of fish will progressively disappear in favour of fresh and refrigerated conditioning. This shift will be promoted by environmental organizations that consider the utilisation of wood for fish smoking as one of the main cause of the deforestation in West Africa. The processing and conditioning change will be exacerbated by the raising demand of fresh fish and ready-to-cook fish products from the middle class population who live in the cities. On the whole, urbanisation and improvement of purchasing power of the middle class will aggravate the current decrease in the supply to areas distant from landing sites and cities. The polarisation of fish flow within cities will generate tension between urban areas and the countryside and lead to major concerns in terms of food security.

A solution to reduce the gap between what will be available and what will be needed is to import fish or fish substitutes, for example, chicken. The increasing level of purchasing power of households in the cities will make fish imports possible, but in a very limited way. The main way of filling the gap will be to import chicken from Europe and more and more from Asia (Thailand, for instance) where production costs are lower. We can envisage a situation where Africa exports more fish and imports more chicken. The recent development of the Asian market for sardinellas can be extended. African countries will benefit from this trade development, as it will generate imports and exports revenues for the national treasuries. On one hand, consumers also seem to profit from this change since the price of chicken is less expensive than the majority of fish species. On the other hand, they will suffer from it because the fish contains essential omega 3 fatty acids not present in chicken (which are rich in omega 6 fatty acids from corn and soya feeds). In other words, the switch from fish to chicken seems beneficial at first glance, but is not the case if one takes into account the aspects related to human nutrition¹⁷.

4.1 Scenarios without climate variability

From what has been presented above, we can elaborate on four scenarios for the future considering the demand trend, with and without the increase of fish consumption per capita (Figures 10-13). The first scenario (Figure 10) consists of the maintenance of the

¹⁷ There is evidence that a regular intake of fish, principally, but not only, as a source of long chain omega 3 fatty acids protects from a number of health problems and diseases including cardiovascular disease, certain cancers and mood disturbance (Neubacher, 1999).



fish availability at its 2002 level for the period 2005–2015. In this case, as we mentioned above, the missing supply will be between 0.6 and 2.7 million tonnes.

The second scenario (Figure 11) is to increase imports to satisfy the growing demand of fish consumption in cities. In this case, the gap will be slightly reduced, but not enough to satisfy the demand for fish of the whole population of West Africa. The boost of the purchasing power of middle class in cities will only generate an increase of imports, or a rerouting of exports towards national market of high or middle commercial values species. This may raise the net supply by 1 percent per year. As a result, the gap between the needs of the population and fish availability will be 0.4 million tonnes when considering only the growth of the population and 2.4 million tonnes when taking into account the increase of the consumption *per capita*.

The third scenario (Figure 12) is based on the assumption that the export of small pelagics to Asia will increase leading to a shrink of the fish supply to African consumers by 5 percent annually¹⁸. Limited today to the European distant-water fishery, the Asian export market of small pelagics can be extended as soon as prices become sufficiently attractive to other fisheries and, for instance, to the artisanal fishery, very prompt to handle international market opportunities. The continuous growth of exports of small pelagics will mean that in 2015, nearly

half of the volume of small pelagics currently consumed in West Africa (about 1.9 million tonnes) will be exported. The result is a decrease of the fish supply from 2 million tonnes in 2005 to 1.2 million tonnes in 2015. This situation will increase the gap between the needs and the fish availability from 1.9 million tonnes (when considering only the population growth) up to 4 million tonnes (when considering both population and consumption growth).

The fourth scenario (Figure 13) is a combination of scenarios 2 and 3: an increase of fish supply to African consumers due to the increasing demand (+4 percent per year) from the middle class and the increasing exports of small pelagics. In other words, the low commercial value fish (small pelagics) are selling abroad while the high commercial value species tend to be kept in the country (if fished by national fishermen) or

¹⁸ Which correspond to a total collapse in 20 years.

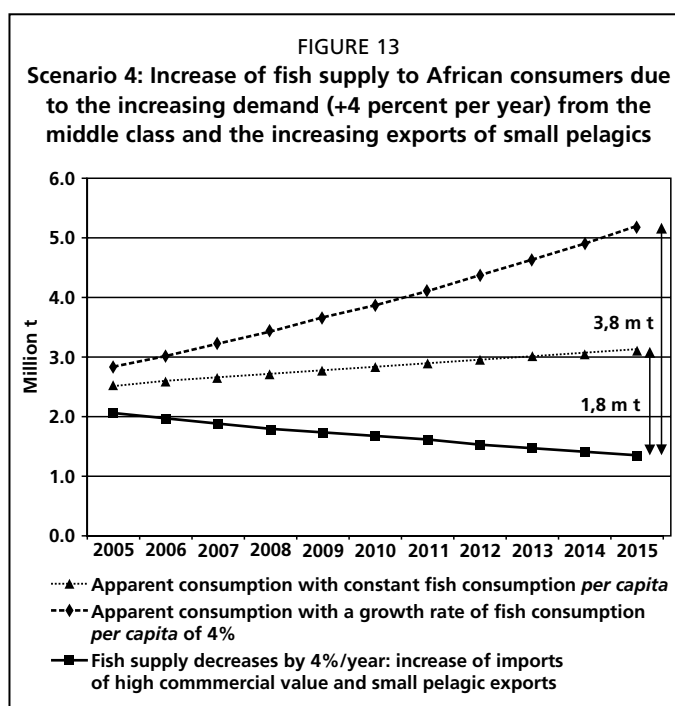
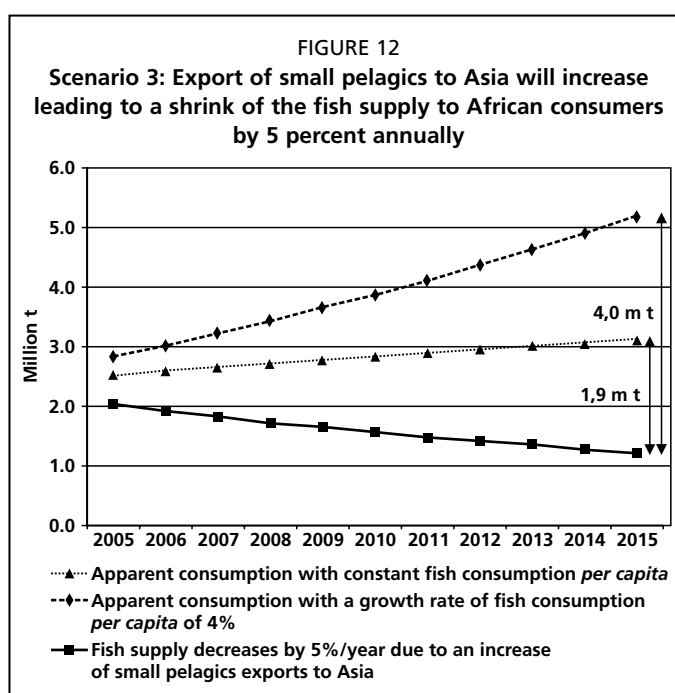
imported. From scenario 3, the gap between the demand and supply of fish is slightly reduced and gives figures of 1.8 million tonnes (instead of 1.9) and 3.8 million tonnes (instead of 4).

For all scenarios, the increasing needs of the West African population will not be satisfied by a consequent increase in the level of fish supply. With a constant consumption *per capita*, the gap between demand and supply will range from 0.6 million tonnes at best situation to 1.9 million tonnes in the worst case. Taking into account the increasing consumption *per capita*, the gap raises from 2.7 to 4 million tonnes. Of course these figures are virtual, as the price mechanism will adjust the demand to the supply. In Senegal, sardinella prices fluctuate from 200 CFA francs¹⁹ per kilogram when landings are important up to 800 when they are rare (Dème, 2004). This means that, in general, levels of fish price will increase by a certain factor, which is, however, difficult to estimate today. As a consequence of the price increase, poor people will, again, be pushed away from the fish market (exports of fish have started to affect the supply of national markets since the mid-eighties).

4.2 Scenarios with climate variability

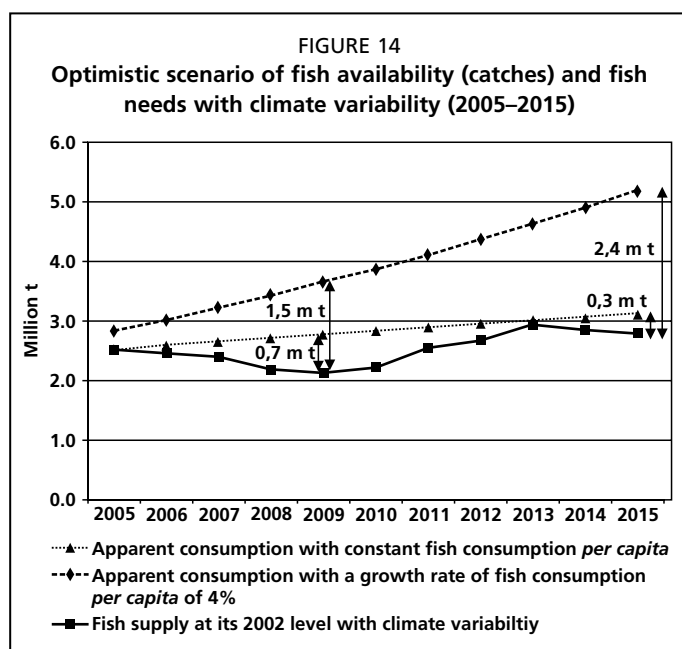
Until now, projections of fish supply did not take into account the variability of resources due to the interannual variability and decadal cycles of the upwelling²⁰. As decadal patterns for the CCLME has been observed by Roy and Cury (2003) and presented below in this paper, it seems reasonable to apply the

decadal cycles for the 2015 projections. That is all the more relevant, as the purpose of the presentation hereafter is not to give the amplitude of the abundance changes of sardinella population in West Africa, but to present the nutritional risk associated with a drastic diminution of sardinella in a particular year or during many years. For the purpose of the elaboration of the trend of sardinella catches, we can consider, from the observations of data we have since 1995 for Mauritania and Senegal, that a negative trend occurs from 1995 to 2000 and a positive tendency seems to take shape from 2000/2001 (the 1999 strong upwelling in Senegal seems to be an accident). Extending these changes over



¹⁹ 1000 CFA = 1.5 € or 1,9 \$US.

²⁰ Natural "climate variability" no human induced "climate change".



the next decade, we can obtain annual sardinella catches that vary between 115 000 and 940 000 tonnes, with an average of 500 000 tonnes. This variation does not take into account catches of sardinellas (and their fluctuations), from Sierra Leone to Nigeria, conditioned by the Guinean Current and not the Canary Current. On this basis, we can elaborate two scenarios. The first scenario, called “optimistic scenario” (based on the low profile figures of the previous scenario 1), is presented in Figure 14 while the pessimistic scenario is shown in Figure 15 (based on the previous scenario 4).

The optimistic scenario is based on the assumption that fish supply is not affected by any economic changes (imports, exports or production) but

is under the influence of the climate variability. The 2002 starting point of catches is modified each year according to the positive or negative influence of the upwelling on the abundance during the spawning season and migrations. Climate variability has a multi-annual influence that cannot be restricted to the year of the catch²¹ due to the normal autocorrelation of climate across years as well as the life span of the fish (as it is for the cephalopods for instance). For instance, the peak of abundance in 1999 in Senegal had extended effect on the catches up to 2001.

The optimistic scenario presents some good and bad surprises. On the good side, due to the positive effect of the upwelling, the fish supply is nearly able to fulfil the demand (without raising of the fish consumption *per capita*). While under scenario 1 the gap between the demand and the fish supply was constantly increasing, in the optimistic scenario, the gap tends to narrow when the abundance of sardinellas has been boosted by good years of upwelling. In that way, the positive effect of upwelling contributes to a better supply of West African fish markets, assuming that the Asian demand does not change. Conversely, when the upwelling has an adverse effect on the sardinella abundance, climate variability plays against the fish supply of these markets. In scenario 1, the gap of 0.6 million tonnes was reached only in 2015. Under this scenario, it can be attained earlier, e.g. in 2009. This bad surprise is enhanced when we look at the period during which the gap is exacerbated: 2008–2010, as presented in Figure 15.

The pessimistic scenario presented in Figure 15, based on the previous scenario 4 (annually decrease of the demand by 4 percent), gives, for the next decade, a more dramatic view than the optimistic scenario has provided for the fish supply in West African countries. The increase of exports of small pelagics assumed in scenario 4 will be possible during the year of low catches in Morocco, Mauritania and Senegal (due to weak upwelling during this particular year or previous ones) as sardinellas caught along the coast from Sierra Leone to Nigeria will maintain a minimum level of supply (making the assumption²² that the weak seasonal upwelling will not occur at the same time in the Canary and Guinea currents LMEs). The combined situation of the increase of exports and weak upwelling will enlarge the gap by 0.4 million tonnes in 2008–2009 if we refer

²¹ The life cycle of sardinella is not fully understood. It is currently one the main research object of researchers in Morocco, Mauritania, Senegal and The Gambia who are working sardinellas.

²² Assumption made without strong evidence found in the literature.

to scenario 4 and by 0.6 million tonnes if we refer to the optimistic scenario, giving an undersupply of 1.3 million tonnes. Conversely, the effect of strong upwelling improves the net supply by 0.4 million tonnes (compared to scenario 4). In other words, the occurrence of weak upwelling accentuates the downfall of fish supply while strong upwelling improves fish supply in West African countries (if the Asian demand remains the same).

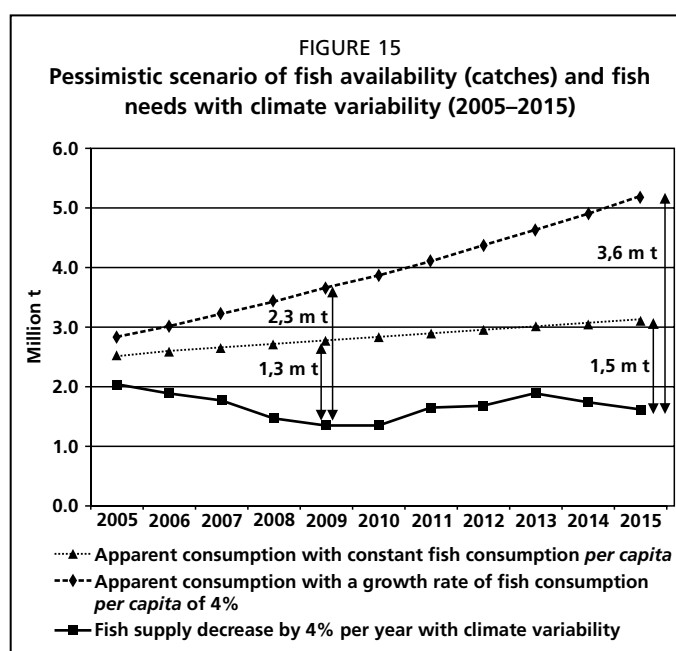
The presentation of the two last scenarios shows clearly that the introduction of environmentally-driven variability of stocks involves a revision of the traditional and more static view of fish supply. It is important for policy-makers and fish traders to realize that fluctuations in catches (and supplies) are not only related to changes

in fleet size or catching strategies but also to environmental parameters. The effects could be dramatic (as shown in Peru with the anchoveta collapse) and environmental parameters need to be integrated into the stock assessments and policy analyses.

The introduction of fluctuations in upwelling strength changes the way fish supply is analysed. It cannot be considered anymore as a parameter that evolves monotonically and environmental (interannual and decadal) variability has to be taken into account for the explanation of the past supply and forecast of its future. Through the fluctuations it generates, climate variability seems to be part of the price formation mechanism for small pelagics. The West African market, driven by the demand, is at the mercy of the supply, itself conditioned by the upwelling intensity. The supply variable is the only one that changes in the small pelagic market. The demand is more constant than supply, and remains at a higher level. Weak upwelling leads to low availability and high prices and strong upwelling leads to the opposite. While this assertion seems to be true for the industrial fishery that has its own market organization, it has to be mitigated for the artisanal fishery as their processing and cold storage facilities are not able to absorb a high level of landings²³ in periods of high abundance.

5. RESEARCH AND POLICY CONSIDERATIONS

In terms of policies, two important points can be made. The first is that climate natural variability has some level of predictability that may be used in policy and planning. The sardinella abundance may follow some pre-existing patterns observed over the last few decades for other small pelagic species such as sardines. Thus, it should be possible to simulate current and next year landings from past trends. Today, satellite imagery and other methods and instruments give a good current picture at low cost. The strength of the upwelling can be easily measured and, after knowing its correlation with the abundance of sardinella (which has to be performed), the level of catches for the following years can be estimated.



²³ Two recent examples: the first is in Nouakchott in 2001 (Mauritania). The number of fishing days was limited to three days per week in order to keep the price above a certain limit that insures the profitability of fishing unit of production; the second is in Saint Louis (Senegal) in March 2005, where prices dropped spectacularly since the beginning of the year and where canoes that land late during the day did not even find a buyer for their sardinella because of the impossibility of local facilities to absorb such a high level of catches.

The second point is that decadal and interannual environmental changes have to be integrated into both fishery management and food supply policies. On the management side, this integration would give a better indication of the appropriate current and future levels of fishing effort. On this basis, the fleet could be managed from the real availability of small pelagics over time. This would also give a better signal to fishing companies and to the artisanal fishery, in terms of future availability, and therefore the planning and strategies that can be set up. Overall, climate variability forces changes in the conception of fisheries management. It leads to a concept of flexible fishing effort that can vary dramatically between years. On the food security side, it would give a better view of likely long trend of fish availability needed for market regulation. For example, during seasons of low abundance, governments can intervene and limit exports of small pelagics in order to maintain a certain level of animal protein intake, limiting the risks of food shortage.

The exploitation of small pelagics, market supply and fish consumption is problematic at the level of the African continent. If policy and research interventions are made at a national level, benefits will be marginal as the amplitude and the geographical scale of the system go far beyond the level of competencies of each single state. It means that the only way to tackle the problem of food security related to fish is to work at supranational level and preferably at the African level.

5.1 Research considerations

Research activities can be designed following two main directions. The first deals with the definition of a research project at the West Africa level that addresses the relationship between small pelagic production and fish consumption. The second concerns the design of management systems that take into account both the natural variability of small pelagics and the migration and straddling of the stock.

The first type of research project has to deliver information and policy options for the formulation of sustainable policies in the way that small pelagic stocks are sustainable, human populations sufficiently well nourished and the distribution of benefits, resulting from small pelagic exploitation, will be equitably distributed. Such a research project can be designed in the following way:

- i. **Definition of dependency levels of small pelagic abundances** (main species) on climate variability; mainly for the fish stocks that are affected by the Canary and Guinean.
- ii. **Description of consumption patterns, consumption trends and changes in African countries**, within and between fish species and between meat and fish.
- iii. **Analysis of the changes of the supply chain of small pelagics**, both in Africa and foreign market like the Asian market and the potential interaction between these two markets.
- iv. **Realization of forecasts** based on scenarios analyses (abundance, catches, supply, consumption) to better address the issue of food security (from animal protein).

The second type of research activity that has to be developed concerns the design of some management systems that take into account both climate variability and distributional (straddling) characteristics of stocks. The research project could include:

- i. Study of the current management systems for small pelagic.
- ii. Address the issue of climate change and climate variability.
- iii. Address the issue of migration and straddling of small pelagics stocks.
- iv. Definition of the key management components and simulate various scenarios.
- v. Definition of management options at the ecosystem level of LME level.

5.2 Policy considerations

In terms of policy considerations, these points can be presented in two ways: (i) the definition of a coherent West African policy framework; and (ii) the setting up of incentive policy instruments.

5.2.1 *A coherent African policy framework*

The aim of a coherent policy framework is to ensure that all policies contribute in a concerted way to the achievement of a sustainable development and enhance the value of the marine resources and the availability of fish in Africa. The design and the implementation of this framework can be supported by research outputs. The NEPAD policy framework can be designed and implemented in a step-by-step process, to improve feasibility and ensure effective progression, as follows:

5.2.1.1 *Development and improvement of the relationship between fishing and trade*

This work has to be done both at the regional (SRFC or/and ECOWAS) and at national levels. At the regional level, the work is to bring people from fisheries and trade together in order to define sound fishing and trade policies (this can be extended to other natural resources such as forestry and agriculture). Some platforms of exchange have to be defined in order to facilitate the dialogue. Meanwhile, it is possible to work at the state level by bringing together fishing and trade ministries. At the level of the trade ministry, it is a question of integrating dimensions of trade in management policies. It is, consequently, necessary to design either sectoral or strategic policies which link aspects related only to the access to marine resources and take into account commercial logistics of actors along the fish chain as well as the external elements which have significant effects on fishermen's strategies. At the level of the marketing policies, it is advisable to integrate the fact that marine resources have become depleted, and time and resources must be spent to allow their recovery. If not, current strategies of using marine resources to sustain the national economic growth are dedicated to failure. It is also necessary to take into account the possibilities for improvement of the value of the marine potential by exporting either gross products or processed products. This process can only be achieved by regular cooperation. A link between national and regional levels has to be established in order to insure consistency between the two levels of work.

5.2.1.2 *Definition and development of a common position regarding fishing agreements and trade issues*

As the first step deals mainly with the integration of trade aspects into fishery policies and fishery considerations into trade policies, the second stage goes one step further, such that it aims to define a common vision and strategy regarding fishing agreements and trade issues. At the regional level, this means a building up of a clear and shared vision of the utilization of natural resources and the way their exploitation can allow for the maximization of the well-being of both marine ecosystems and the African people. This shared vision can be endorsed by countries and implemented at state level. Since many countries are facing the same problem with fishing agreements and trade issues, they can set up a concerted action at subregional level.

5.2.1.3 *Design and setting up of a coherent policy framework*

The consistency of a set of policies has to be addressed first at a supra-national level such as ECOWAS in order to provide guidelines and assistance for countries to set up their own coherent policy framework. The term "coherence" is used here to stress that policies should not compete together and should reinforce the benefits of acting in a concerted way. For NEPAD, it mainly signifies that fishing, trade, development, structural adjustment and aid policies have to be mutually coherent. The main

challenge is, consequently, to find a policy structure that facilitates the convergence of policies toward objectives that ensure the sustainable development of Africa. As this exercise has never been done before, it should be noted, that in parallel to the development of a policy framework, evaluation tools have to be defined in order to assess the improvement of the NEPAD policy coherence. Of course, the same work has to be done at the country and regional levels, but the elaboration of the conceptual framework will gain to be done at the ECOWAS level for a subsequent application at state level.

5.2.2 *Incentives*

Incentives are needed to implement policies that have real impacts on fishermen and traders behaviour and strategies. The implementation costs of such instrument has to be recovered from subsectors that impact most the marine ecosystems and benefit most from the market supply: the export fishery and the fishing agreements. The only way to ensure the full responsibility of actors along the fishing chain is to charge them for the natural, economic and social losses (externalities) that their actions generate²⁴. At the moment, export and fishing agreement subsectors are the two sectors that threaten fisheries and people. It is therefore equitable that these two subsectors contribute to the financial support of the design and implementation of the needed fishing and trade incentives. Financial costs can also be supported at the fishing community or fishing company level as soon as they perceive the economical and financial gains that can be obtained in a near future.

It is difficult to give a precise definition of each type of incentive as it depends so much on the culture of the fishermen and traders involved. Incentives must therefore be elaborated in collaboration with professional organizations and communities. Three areas in which incentives would be useful are briefly examined below.

5.2.2.1 *Improve fishing practices*

Fishing can be improved in two directions: fish quality and fish diversity. The word quality is often reserved for fish exported to developed countries. It is critical, however, that fish receive the same treatment wherever it goes (international or local markets). The absence of a culture of fish quality for low commercial value species such as sardinellas inhibit the possibilities of improving the quality by a price reward, as landing prices do not reflect the quality of the product fished on a daily basis and landed without any precaution directly on the beach. Nevertheless, an improvement of fish quality of small pelagics would benefit the traditional processing sector. Improvements should include ensuring that the fish does not come into contact with sand and is protected from sun and insects so that it can be preserved longer. A better interaction, at a large scale, between the processing and catching sector can highlight the quality requirements.

The second type of possible improvement is related to the enhancement or the maintaining of biodiversity and ecosystem health. Improvement of gear selectivity, the reduction of bycatch and discards, the use of safe gears for the ecosystem and specifically for the sea-bed, will improve the health of marine ecosystems without generating major prejudices to fishermen and fishing companies, as the benefit of a healthy ecosystem rewards many times more the costs of improving fishing methods. Different forms of incentives or discouragement measures are currently under examination in the European research project in cooperation ECOST such as compensation tax for ecosystem damage, grant for use of fishing methods that are environmental friendly, etc.

²⁴ See the ECOST project for an application of this principle <www.ecostproject.org>.

5.2.2.2 Improve processing capacity

The aim is to not sell fish as a raw material. This objective has to be supported by ECOWAS because market forces, political arrangements (WTO, Cotonou agreement), and structural adjustment constraints (IMF and World Bank) are in favour of the export of fish as raw material. Incentives have to be formulated in a way that investors and actors in the fish chain realize that it is much more profitable for themselves and the country to process the fish rather than exporting it raw, e.g. as a frozen block. Incentives to better sell are also to be developed in order for producers to choose a long-term market rather than acting in an opportunistic way on the export market for developing countries. In this way, African markets are growing, and need to be supplied on a long-term basis. In the same manner, distant water fleets and foreign companies that operate in African waters have some responsibilities to supply African markets (despite efforts made by the SRFC, DWF still operate for their own market).

5.2.3 Improve trade flows

This mainly means a better connection between the landings and the markets, and to provide incentives for traders to deliver products to remote areas and across borders. In a period of high abundance of small pelagics, prices drop significantly, but the needs of populations located far from the landing site are not necessarily met. The decrease of administrative complications along transport routes and when crossing borders would facilitate the circulation of goods and services and is itself an incentive to increase foreign exchange, but it is not sufficient. There is a strong need to promote the export of small pelagics (in different processing forms) from Western African coasts to landlocked countries and Central Africa. Action towards such objective cannot be taken at a state level, but only at the NEPAD level. Better information and connection between suppliers and buyers is one of the key elements to increase the supply of small pelagics in landlocked countries of Africa. The development of an African free zone is also an incentive tool that can help the supply of African markets.

6. CONCLUSION

Small pelagics in West Africa are at the centre of food security stakes particularly in coastal areas. Though the net supply of fish in African countries was stable over the last decade, it is composed more and more exclusively of small pelagic species like sardinella which are highly dependent on upwelling conditions. In other words, the adequation of supply to demand is strongly affected by both the capacity to extract resources and the natural fluctuations of their productivity.

The development of the Asian market, still limited today to the European distant water fishery and its fish chain, constitutes a high nutritional risk for West African countries, as it will deflect sardinellas away from African routes. The risk for the African food fish supply is that this development opens new market opportunities for the artisanal fisheries (e.g. to export small pelagics) that could lead to a situation similar to that occurring with demersal fish, in which the artisanal fishery supplies the export market at the expense of the local ones.

Projections for the next decade indicate an increasing gap between estimated demand and supply under practically all scenarios. The more optimistic scenario shows that when environmental conditions are favourable, future fish supply could fulfil a growing population demand if *per capita* consumption remains at 2002 level. When environmental conditions are unfavourable, the supply-demand gap could rise to 0.6 million tonnes. However, even the best environmental conditions will not be able to satisfy the demand if the fish consumption *per capita* increases and the gap will progressively grow with time reaching 2.4 million tonnes in 2015. The pessimistic scenario presents a worrying picture of the future supply of West Africa. The annual decrease of fish supply to African markets by 4 percent per year due to the increase

in exports of sardinellas and other small pelagics (if not compensated by an increase of imports or rerouting of high commercial value species from exports to national markets) will lead to an alarming situation, where the gap between demand and supply may reach 3.6 million tonnes in 2015. In these scenarios, market mechanisms will adjust demand and supply by increasing the price of fish reducing therefore the accessibility for poor people and inhabitants of rural areas and areas far from the main fish markets. The foreseen deficiencies of fish supply will lead to nutritional loss, as some nutritional elements present in fish are not adequately represented in the foreseen substitutes (e.g. chicken). Therefore, climate variability increases the food security risks both in terms of quantity and quality.

Finally, the vagaries of the upwelling have never been taken into account for policy elaboration. This missing consideration has the consequence of managing fleets or fishing effort “forgetting” that stocks are variable. It seems also that governments forget that these stocks are shared and should be managed jointly. The integration of this environmental reality into fishery management would lead to an improved interannual adjustment of the fleet to the abundance of the stock. Regarding the food security policy, its integration will help to make better projections and to anticipate fish gluts and plan the necessary measures to ensure a better functioning of the sector and a decent fish supply in West Africa.

7. REFERENCES

- Anon.** 2004. *Large Marine Ecosystem of the World; LME 27: Canary Current*. (available at www.edc.uri.edu/lme/Text/canary-current.htm; accessed february 2008).
- Benson, T.** 2004. *Africa's food and nutrition security situation: where are we and how did we get here?* 2020 Discussion Paper 37. International Food Policy Research Institute, Washington, 86 pp.
- Binet, D.** 1997. *Climate and pelagics in the Canary and Guinea currents 1964–1993: the role of trade winds and the southern oscillation*. *Oceanologia Acta* 20, 177–190.
- Binet, D.** 2005. *Notes sur la relation entre l'upwelling côtier et les stocks de sardinelles*, Personnel communication, 2 pp.
- CCLME.** 2006. *Canary current large marine ecosystem (CCLME) project*; Project document, Dakar, Senegal, 65 pp.
- CEDEAO-UE-UEMOA.** 2002. *Afrique de l'Ouest – Communauté européenne; Document de stratégie de coopération régionale et Programme indicatif régional pour la période 2003–2007*. Bruxelles: UE. 145 pp.
- Chavance, P., Ba, M., Gascuel, D. & Pauly, D. (eds).** 2004. *Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest: Un demi-siècle de changement*. Actes du symposium international, Dakar, Sénégal, 24–28 juin 2002. Bruxelles, Office des publications officielles des Communautés européennes. Collection: Rapport de recherche halieutique ACP-UE, 15: 532 pp. + plates Commission Européenne (Bruxelles). IRD (Paris).
- Cherif, M.** 2001. *Analyse de cohérence des politiques nationales de pêche et de développement et proposition de politiques publiques nationales*. Report N°2, Nouakchott, Mauritanie: Ong-Pechecops/DFID/CEMARE. 32 pp.
- Corbera, E., Conway, D., Goulden, M. & Vincent, K.** 2006. *Climate Change in Africa: Linking Science and Policy for Adaptation*. Workshop Report, The Royal Society, London, March 30th 2006, Tyndall Centre for Climate Change Research and School of Development Studies and Overseas Development Group, University of East Anglia, 10 pp.
- Cunningham, L.** 2005. *Assessing the contribution of aquaculture to food security: a survey of methodologies*, FAO Fisheries Circular. No. 1010. Rome, FAO, 25 pp.

- Dahou, K. & Dème, M.** 2002. *Accords de pêche UE-Sénégal et commerce international: Respect des règlements internationaux, gestion durable des ressources et sécurité alimentaire*. CRODT, Dakar, Senegal, 34 pp.
- Dème, M.** 2000. Study of the costs and incomes of small-scale fishing units . In K. Dahou & M. Deme, eds. *Environmental and socio-economic impact of trade liberalisation and policies for sustainable management of natural resources: a case study on Senegalese's fisheries sector*. United Nations Environment Programme (UNEP), pp. 10-25.
- Dème, M.** 2004. *Analyse des systèmes de production et de valorisation des ressources halieutiques au Saloum (Senegal)*. Dakar: DPN/CONSDEV Project, 45 pp.
- Dème, M. & Dahou, K.** 2002. Les implications du commerce pour la pêche en Afrique de l'ouest. In P. Failler, M. Bâ, A. Doumbouya & N. Lecrivain, eds. *La recherche halieutique et le développement durable des ressources naturelles marines de l'Afrique de l'ouest: Quels enjeux?* Rapport ACP-UE No. 11, Commission européenne, Bruxelles, pp. 68-79.
- Dème, M., Diadiou, H.D. & Thiam, D.** 2001. *Effort de pêche, captures spécifiques et valeurs économiques des débarquements de la pêche continentale dans le fleuve Sénégal et au Sine Saloum*. Projet Utilisation Durable des ressources Sauvages au Sénégal. CRODT/IUCN/ISRA, 56 pp.
- Dia, A.D. & Diop, M.** 2001. *Accords de pêche RIM-UE: Analyse des sources d'incohérence*. Nouadhibou: CNROP, 22 pp.
- Failler, P. (ed.).** 2003a. *Impacts of fishing agreements in Morocco, Mauritania, Senegal, Ghana and Seychelles*. DFID Policy Research Programme, 173 pp.
- Failler, P.** 2003b. EU Fishing Agreements and Principle of Responsibility, Key sheet. London: DFID, 4 pp. In Failler et al. (2004), *Politiques commerciales et durabilité des secteurs halieutiques en Afrique de l'Ouest. Compte rendu de l'atelier Conakry, Guinée, 1-2 octobre 2004, Programme Pêche, Commerce et Environnement en Afrique de l'Ouest (PCEAO)*, ENDA/WWF/IUCN, Dakar, Novembre 2004, 63 pp.
- Failler, P.** 2006a. Impact of trade-linked policies on the management of fisheries in West Africa, 10 pp., In Anonymous (2007), *Proceedings of the Thirteenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade (IIFET), July 11-14, 2006, Portsmouth, UK: Rebuilding Fisheries in an Uncertain Environment*. Compiled by Ann L. Shriver. International Institute of Fisheries Economics and Trade, Corvallis, Oregon, USA, 2006. CD ROM. ISBN 0-9763432-3-1.
- Failler, P.** 2006b. *Future prospects for fish and fishery products; 4. Fish consumption in the European Union in 2015 and 2030 - Part 1. Europe*. FAO Fisheries Circular No. 972/4 Part 1, Rome, 203 pp.
- Failler, P.** 2008. *Trade as the driving factor of African fisheries: policy implications International cooperation for fisheries development and management – towards improved coordination of efforts, EU Development and fishery adviser meeting, Amsterdam-Zaandam, the Netherlands, 18–19 September 2008*, 21 pp.
- Failler, P.** 2009. *Le poisson ouest-africain dans les mailles du commerce international, Effet de la libéralisation du commerce en Afrique de l'Ouest*, UNEP, Geneva, Under Press, 189 pp.
- Failler, P. & Dieng, M.** 2001. *The impact of European fishing agreements on fish market supply in Africa*, DFID/CEMARE/CORDT report on fishing agreement, Dakar, Senegal. 102 pp.
- Failler, P. & Lecrivain, N.** 2003. *Fishing agreements, sectorial fishing policies, national development and cooperation policies in developing countries and EU*, DFID Policy Research Programme, 112 pp.

- Failler, P., Ndiaye, P.G. & Bakanova, D. 2004. *Politiques commerciales et durabilité des secteurs halieutiques en Afrique de l'Ouest, Compte rendu de l'atelier Conakry, Guinée, 1-2 octobre 2004*. Dakar: Programme Pêche, Commerce et Environnement en Afrique de l'Ouest (PCEAO), ENDA-Diapol, 54 pp.
- Failler, P., Diop, M., Dai, M.A., Ould Inejih, C.A. & Tous, P. 2004. *Évaluation des stocks et aménagement des pêcheries de la ZEE mauritanienne, Rapport du 5ème Groupe de travail IMROP, Nouadhibou, Mauritanie, 7-17 décembre 2002*. FAO Rome: 172 pp.
- Failler, P., Diop, M., Ould Inejih, C.A., Dia, M.A. & Ould Soueilim, M.M. 2004. *Effets de la libéralisation du commerce et des mesures liées au commerce dans le secteur de la pêche en République Islamique de Mauritanie*. Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP), 178 pp.
- FAO. 1995. *International Conference on the Sustainable Contribution of Fisheries to Food Security*. Kyoto, Japan, 4-9 December 1995. The Kyoto Declaration and Plan of Action, and summaries of technical papers presented. FAO, Rome (available at www.fao.org/docrep/006/ac442e/ac442e00.htm).
- FAO. 1998. *The state of world fisheries and aquaculture*. Rome. 176 pp. (available at www.fao.org/docrep/w9900e/w9900e00.htm).
- FAO. 2000. *Country profile: Nigeria*. (available at www.fao.org/fi/fcp/en/NGA/profile.htm).
- FAO. 2002a. *Long term prospects for fish and fishery products: preliminary projections to the years 2015 and 2030 based on FAO Food Balance Sheets*. Rome: FAO, Fishery Department, 214 pp.
- FAO. 2002b. *Report on the FAO group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa, Banjul, Republic of The Gambia*. FAO Fisheries Reports No. 686. FAO, Rome, 97 pp.
- FAO. 2003. *Report on the FAO group on the assessment of small pelagic fish off Northwest Africa*. FAO Fisheries Report No. 723, Agadir, Morocco. FAO, Rome, 152 pp.
- FAO. 2004. *Committee on Fisheries/Comité des pêches/Comité de Pesca, Report of the ninth session of the Sub-Committee on Fish Trade*. Bremen, Germany, 10-14 February 2004. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches/FAO Informe de Pesca. No. 736, Rome/Roma, FAO. 2004. 81 pp.
- FAO. 2005. *The State of Food Insecurity in the World; Eradicating world hunger – key to achieving the Millennium Development Goals*, FAO, Rome, 40 pp.
- FAO. 2006. *Committee on fisheries sub-committee on fish trade, Tenth Session, Santiago de Compostela, Spain, 30 May–2 June 2006*, Fish Trade and Food Security, COFI:FT/X/2006/10, (also available at <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/013/j7152e.pdf>).
- FAO. 2008a. *The State of Food Insecurity in the World 2008; High food prices and food security – threats and opportunities*. FAO, Rome, 59 pp.
- FAO. 2008b. *Capture production; commodities production and trade*, FISTAT, (available at www.fao.org/fi/statist/fisoft/fishplus.asp).
- FAO. 2008c. *Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa*. Agadir, Morocco, 17–26 April 2007. *Rapport du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale*. Agadir, Maroc, 17-26 avril 2007. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 849. Rome, FAO. 2007. 238 pp.
- FAO and US Department of Health, Education and Welfare. 1968. *Food Composition Table for use in Africa*. www.fao.org/docrep/003/X6877E/X6877E00.htm#TOC.
- Fréon, P. 1984. Des modèles de production appliqués a des fonctions de stock dépendantes des vents d'upwelling. *Océanographie tropicale* 19, 67-94.

- Kurien, J. 2005. *Responsible fish trade and food security*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 456. Rome, FAO, 2005. 102 pp.
- Mc Cance, R.A & Widdowson, E.M. 1992. *The Composition of foods*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 234 pp.
- Neiland, A.E. & Béné, C. (eds). 2003. *Poverty and small-scale fisheries in West Africa*, Klukwer Publisher, 252 pp.
- Neubacher, H. 1999. *Seafood brain food of the future*. Seafood International 14, 24-25.
- OECD. 2008. *Perspectives ouest-africaines; Les ressources pour le développement*, OCDE, Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest. Éditions OCDE, Paris, 114 pp.
- Platt, B.S. 1962. *Tables of Representative values of foods commonly used in tropical countries*, Privy Council, Medical Research Council Special Report Series No. 302 (revised edition of Special Report No. 253), 38 pp.
- Roy, C. & Reason, C. 2001. ENSO related modulation of coastal upwelling in the eastern Atlantic. *Progress in Oceanography*, 49, 245-255.
- Roy, C. & Cury, P. 2003. Decadal environmental and ecological changes in the Canary Current Large Marine Ecosystem and adjacent waters: Patterns of connections and teleconnection. In K. Sherman and G. Hempel, eds., *Large Marine Ecosystems of the World Trends in Exploitation, Protection and Research*, pp. 1-23.
- Sen, A. 1993. *Éthique et Économie*, Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Synge, R., Failler, P. & Gascuel, D. 2008. *Over-exploitation in West Africa's richest zones*, African report, No. 12, Aug-Sept issue, pp. 28.
- United Nations. 2004. *World population to 2300*. New York: United Nations, 254 pp.
- USDA. 2009. *Table of nutrients*. (available at www.ars.usda.gov/main/site_main.htm?modecode=12-35-00-00)
- Van den Brink, H. 2004. Blue whiting exports to China a long time on the back burner this year, *PFA News*, Issue 4, November 2003, 2 pp.
- WFC. 2005. *NEPAD, Fish for all summit, 2005*, Abuja, Nigeria, (also available at www.fishforall.org/ffa-summit/africasummit.asp)
- Zeeberg, J. 2003. Satellite imaging a valuable contribution to study of fishing stocks in Mauritania. *PFA News*, 4, 3 pp.

Science and management of small pelagics/Science et aménagement des petits pélagiques

Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa/Symposium sur la science et le défi de l'aménagement des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagés en Afrique nord-occidentale

11–14 March/mars 2008
Casablanca, Morocco/Maroc

These Proceedings contain the main papers and presentations of the Symposium on "Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa" that was held in Casablanca, Morocco, from 11–14 March 2008. The four themes addressed by the Symposium were: (1) resources and exploitation–biology and ecology of main resources and status of fisheries; (2) dynamics and variability of pelagic fish populations and environmental influences; (3) methods and models for assessing small pelagic fish stocks; and (4) management of fisheries on shared resources. The Symposium ended with a general discussion aiming to identify specific problems to address as well as providing recommendations on ways forward. These Proceedings present a summary of the various sessions as well as on the outcomes of the discussion. Part I of the document (printed copy) provide a selection of scientifically reviewed papers whereas Parts II and III, available on the enclosed CD-ROM include papers in support of posters presented at the Symposium (non-scientifically reviewed) and the abstracts of the other papers and posters presented. The proceedings are in English and French, and the papers are presented in their original language with an abstract in both languages.

Ces «Comptes rendus» contiennent les principaux documents et présentations du Symposium «Science et défi de l'aménagement des stocks partagés de petits pélagiques en Afrique nord-occidentale» qui s'est tenu à Casablanca, Maroc, du 11 au 14 mars 2008. Les quatre thèmes qui ont été adressés par le Symposium sont: (1) ressources et exploitation – biologie et écologie des principales ressources et état des pêcheries; (2) dynamique et variabilité des populations de poissons pélagiques et influences de l'environnement; (3) méthodes et modèles pour l'évaluation des stocks de petits poissons pélagiques; et (4) aménagement des ressources partagées. Le symposium s'est clôturé par une discussion générale qui visait à identifier les problèmes spécifiques à régler et à formuler des recommandations sur les voies à suivre. Ces Comptes rendus présentent un résumé des différentes sessions ainsi que les résultats de la discussion. La Partie I du document (partie imprimée) fournit une sélection des documents révisés scientifiquement tandis que les Parties II et III, disponible sur le CD-ROM accompagnant, contiennent de nombreux documents à l'appui des posters présentés lors du Symposium (non révisés scientifiquement) et les résumés des autres documents et posters présentés. Les Comptes rendus sont en anglais et français, et les documents sont présentés dans leur langue originale avec un résumé bilingue.

ISBN 978-92-5-007104-6 ISSN 2070-6103



9 789250 071046

I2523BI/1/12.11