

---

# Modélisation de la dynamique conjointe de l'exploitation & de la ressource

— Note —

## *Modelling the Joint Dynamics of the Exploitation & the Resource*

— Note —

Francis LALOË<sup>1</sup>, Alassane SAMBA<sup>2</sup> & Nicolas PECH<sup>3</sup>



- 
1. — Statisticien halieute, chercheur, Institut de recherche pour le développement, université de Versailles–Saint-Quentin-en-Yvelines, Centre d'économie et d'éthique pour l'environnement et le développement, unité mixte de recherche n°063 (I.R.D.-U.V.S.Q.),  
[*Research Institute for Development, Versailles-Saint Quentin en Yvelines University, Economy and Ethic Centre for Environment and Development, Mix research unity no.063 IRD-UVSQ*],  
B.P. 64501, 34394 Montpellier cedex 5 (France).
  2. — Biologiste des pêches, chercheur, Centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye–Institut sénégalais de recherches agricoles (C.R.O.D.T.-Isra),  
[*Oceanographic Research Centre Dakar-Thiaroye, Senegalese Institute for Agricultural Research*],  
B.P. 2241, km 10, route de Rufisque, Dakar (Sénégal).
  3. — Statisticien, chercheur, équipe associée Biodiversité, université de Provence  
[*Biodiversity Associated Team, University of Provence*],  
3, place Victor-Hugo, 13331 Marseille cedex 3, (France).

## RÉSUMÉ

UN MODÈLE de dynamique conjointe ressource-exploitation est présenté, tenant compte de ce que certaines unités de pêche peuvent choisir parmi plusieurs tactiques de pêche. Les paramètres de ce modèle peuvent être estimés dans le cadre de son ajustement à des données d'activité et de rendements (séries chronologiques de nombres de sorties de pêche selon les strates d'un système d'enquête et de rendements selon divers stocks exploités pour chaque strate). Un tel ajustement, une fois réalisé, peut être utilisé selon divers objectifs dans le cadre de l'aide à la décision.

### Mots clés

Dynamique de l'exploitation — Dynamique de la ressource  
Ajustement de modèle — Outil d'aménagement

### ABSTRACT

A MODEL of the joint dynamics of a resource and its exploitation is presented, which takes into account the fact that some fishing units may choose among several fishing tactics. The parameters of the model may be estimated by fitting it to effort and catch data (times series of numbers of fishing trips per stratum or a sampling design and, for each stratum, times series of catches per trip for various harvested stocks). The fitted model may then be used for management and decision-making purposes.

### Key words

Fleet Dynamics — Resource Dynamics  
Model Fitting — Management Tool

## INTRODUCTION

LA RÉUNION des données historiques de captures et d'efforts et leur accessibilité sont un des résultats majeurs du programme Siap (THIBAUT *et al.* 2003) ; ces jeux de données réunissent une bonne part des observations menées sur les exploitations halieutiques de six pays d'Afrique de l'Ouest. Leur analyse et leur traitement participent à l'évaluation de la ressource conditionnellement à l'effort.

Ces jeux de données participent aussi à la caractérisation de la relation entre effort nominal et mortalité, permettant d'identifier des mesures de gestion en vue d'atteindre des objectifs relatifs à la ressource, à la production et à l'activité.

Lorsque les pêcheurs peuvent disposer de plusieurs tactiques de pêche (engins différents et/ou diverses façons d'utiliser un même engin), l'impact des actions de pêche qu'ils entreprennent dépend de leurs décisions et devient à ce titre variable ; cela rend difficile l'usage des données de captures et d'efforts pour l'étude de la dynamique des populations exploitées ; dans les systèmes d'enquêtes stratifiées selon les engins de pêche, il se peut que plusieurs types d'utilisation soient réunis au sein d'une strate donnée ; les rendements observés dé-

pendent alors des décisions des pêcheurs ; si, de plus, certains pêcheurs disposent de plusieurs engins, ils choisissent, en adoptant l'un d'entre eux, la strate dont leur action de pêche va relever ; il en découle une variabilité des effectifs des strates, ici encore décidée par les pêcheurs, et imposant de gros efforts d'échantillonnage pour l'estimation de ces effectifs.

Face à ces difficultés, il est justifié de recourir à des moyens d'observation directe pour suivre l'état de la ressource ; mais l'analyse des données de captures et d'efforts reste nécessaire pour mieux comprendre la variabilité de l'impact de la pêche engendrée par les décisions des pêcheurs ; ceci est particulièrement important lorsque ces décisions sont en partie fonction de l'état de la ressource elle-même, ce qui peut assurer, par des reports d'efforts entre composantes de la ressource, une certaine viabilité du système d'exploitation.

La prise en compte de ces décisions implique de recourir à des modèles de dynamique conjointe de l'exploitation et de la ressource les représentant de façon explicite (par exemple LAUREC *et al.*, 1991 ; HOLLAND & SUTINEN, 1999).

## APPROCHE & MODÈLE

LA PÊCHE artisanale sénégalaise est typique de cette situation, avec des unités de pêches pouvant disposer de plusieurs types d'engins et les utiliser de plusieurs manières et à partir de plusieurs ports possibles ; par ailleurs un système cohérent d'enquêtes, dédié à l'ensemble de la pêcherie (sans privilégier une espèce ou une méthode particulières), a été mis en place de manière graduelle à partir des années soixante-dix, permettant de disposer de séries chronologiques longues

et selon un pas de temps réduit (PECHART, 1982 ; GÉRARD & GREBER, 1985 ; LALOË, 1985).

L'analyse de ces données a conduit à construire un modèle qui articule les dynamiques d'une ressource multispécifique et d'une exploitation menée par plusieurs flottes de pêche dont les unités ont à leur disposition plusieurs méthodes chacune caractérisée par un impact sur les diverses composantes de la ressource.

Le principe général (LALOË & SAMBA, 1991) est de considérer qu'à chaque pas de temps (une quinzaine de jours dans l'application présentée ici), une unité de pêche choisit une des tactiques disponibles avec une probabilité croissante ou décroissante selon que le revenu espéré de cette tactique est supérieur ou inférieur à la moyenne des revenus espérés sur l'ensemble de ces tactiques disponibles ; ces probabilités sont représentées et estimées à l'aide d'un modèle logit (MACFADDEN, 1973).

De ces probabilités et des effectifs des flottes de pêche, se déduit un effort effectif ; ce dernier est appliqué aux composantes de la ressource qui lui sont vulnérables, ce qui se traduit par des mortalités imposées aux biomasses concernées ; ces biomasses se reconstituent par ailleurs selon des dynamiques intrinsèques décrites par des croissances logistiques — dont le paramétrage ( $r$ ,  $K$ ) est propre à chaque stock. Il est ainsi possible de reconstituer des séries chronologiques d'activité (nombres de sorties selon les méthodes de pêche) et de rendements (par méthode et par composante de la ressource) : ces séries peuvent être agrégées selon les strates d'échantillonnage définies dans le système d'enquêtes en vigueur.

Le modèle ainsi construit comporte un grand nombre de paramètres (prix par stock, coûts par type de pêche, paramètres de croissance, de capacité de charge, de sensibilité des pêcheurs aux différences de revenus espérés, etc.).

Il est alors possible (PECH *et al.*, 2001) d'estimer les valeurs de ces paramètres selon une méthode de moindres carrés des différences entre rendements observés et rendements ajustés et entre nombres observés et nombres ajustés de sorties de pêche ; ce critère porte donc bien sur la similitude des données ajustées et des données observées en termes d'activité et de rendements.

Dans cette application à la pêche artisanale sur la Grande Côte, six flottes de pêche (stratégies) sont définies, ainsi que vingt-trois types d'actions (tactiques, incluant les décisions [tactiques  $u$  à  $y$ , tabl. I] de ne pas pêcher ou de pêcher sur d'autres stocks [migrations de pêche], et treize stocks [espèces ou groupes d'espèces]).

Les actions de pêche sont réunies au sein de sept strates d'échantillonnage (combinaisons engin-  
port).

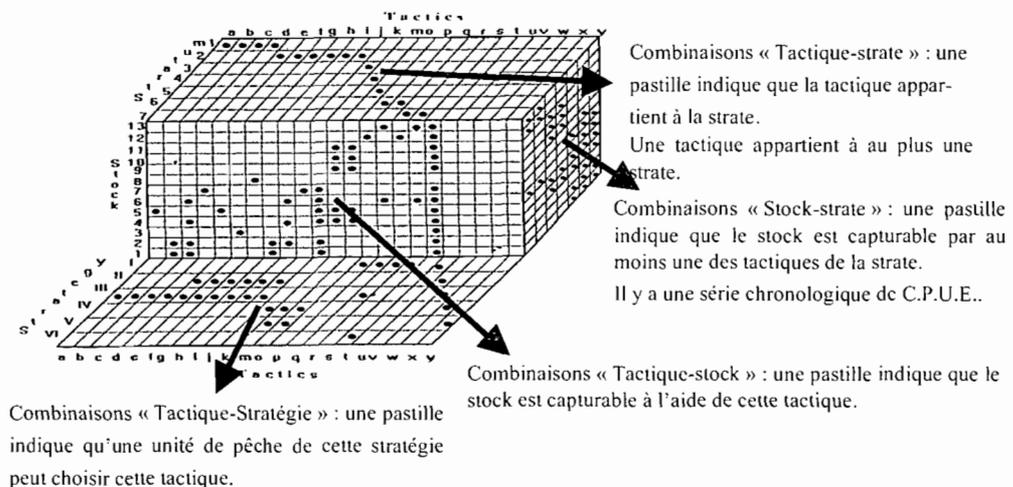


FIG. 1. — Diagramme de Pech (PECH *et al.*, 2001) : Relations entre stocks, stratégies, tactiques et strates (Les définitions des classes des typologies sont précisées au tableau I).

Pech diagram (PECH *et al.*, 2001): Relationships between stocks, strategies, tactics and sampling strata. Definitions of the classes are given in Table I.

Les informations relatives aux articulations entre ces typologies sont réunies dans un diagramme de Pech (PECH *et al.*, 2001), présenté à la figure 1 et au tableau I, indiquant les stocks capturables selon les tactiques, les tactiques disponibles selon les stratégies, les tactiques réunies au sein des strates et les stocks capturables par au moins une des tactiques d'une strate.

Pour chaque strate, on dispose d'une série chronologique de rendements pour chacun des stocks capturable par au moins une des tactiques de cette strate.

Trente-six séries de rendements sont ainsi identifiées, constituant avec les sept séries de nombres de sorties par strate, l'ensemble des données « observées » sur lesquelles porte l'ajustement.

Une des flottes regroupe des navires industriels virtuels, dont les captures reflètent celles réalisées par les flottes industrielles dans leur ensemble.

Des sorties graphiques permettent une évaluation critique de l'ensemble de la procédure (PECH *et al.*, 2001 ; LALOË *et al.*, 2002).

TABLEAU I  
 Nomenclatures des classes des typologies relatives à la ressource (stocks),  
 aux unités de pêche (stratégies), aux actions de pêche (tactiques) et aux strates d'échantillonnage  
*Classes of our resource (stocks) typology, fishing units (strategies), fishing activities (tactics)  
 and sampling strata*

N°	STOCKS	TACTIQUES (MÉTIER)	STRATÉGIES (FLOTTES)
1	Mérous	a Ligne <i>tassergal</i> à Saint-Louis	I Filets dormants
2	Dorades côte	b Lignes mérous à Saint-Louis	II Lignes de Kayar
3	Dorades profondes	c Lignes dorades côte à Saint-Louis	III Lignes de Saint-Louis
4	Chinchards	d Lignes poulpes à Saint-Louis	IV Lignes glace/sennes
5	<i>Tassergals</i>	e Lignes <i>tassergal</i> à Kayar	V Sennes
6	Poissons filets dormants	f Lignes dorades profondes à Kayar	VI Industriel
7	Poulpes	g Lignes espadon à Kayar	
8	Espadons voiliers	h Lignes mérou à Kayar	
9	Sardinelle ronde	i Lignes dorades côte à Kayar	
10	Sardinelle plate	j Lignes poulpe à Kayar	
STRATES D'ÉCHANTILLONNAGE			
11	Carangues	k Lignes avec glace à Saint-Louis	
12	Soles	m Senne à Saint-Louis	1 Lignes à Saint-Louis
13	Requins-raies	o Senne à Kayar	2 Lignes à Kayar
		p Filets dormants soles Saint-Louis	3 Lignes glace à Saint-Louis
		q Filets dormants poissons Saint-Louis	4 Sennes à Saint-Louis
		r Filets dormants soles Kayar	5 Sennes à Kayar
		s Filets dormants poissons Kayar	6 Filets dormants Saint-Louis
		t Industriel	7 Filets dormants Kayar
		NON-PÊCHE *	
	u	Filets dormants	
	v	Lignes de Kayar	
	w	Lignes de Saint-Louis	
	x	Lignes glace/sennes	
	y	Sennes	

\* Les tactiques de « non-pêche » sont introduites pour rendre compte de la possibilité de pêcher en dehors de la zone d'étude, ou de pratiquer une autre activité (agriculture par exemple).

## CAPACITÉ D'EXPERTISE APPLICATION

CONTRAIREMENT à la démarche qui consiste à décrire la dynamique d'une ressource (monospécifique, multispécifique ou écosystème) sous l'impact d'une activité d'exploitation donnée (ou d'un prélèvement donné réalisé par cette exploitation), la démarche adoptée permet d'estimer l'impact de modifications affectant l'une ou l'autre des diverses composantes du système sur chacune des dynamiques représentées, relatives à l'activité et à la ressource.

Après l'opération d'ajustement sur la période de données traitées, on peut prolonger l'application du modèle en introduisant un certain nombre de changements de diverses natures, prévisibles ou non.

Ces changements (PECH *et al.*, 2001 ; LALOË *et al.*, 2002) peuvent par exemple concerner :

- l'environnement économique général (dévaluation du franc C.F.A. avec l'augmentation du prix des espèces exportées) ;
- l'environnement de la ressource (modification de la capacité de charge de certaines espèces) ;
- l'exploitation (augmentation de la mortalité causée par la flotte industrielle sur certaines espèces).

Les impacts de ces changements peuvent être examinés à l'aide de sorties graphiques, sur la ressource et sur l'activité (PECH *et al.*, 2001 ; LALOË *et al.*, 2002).

Dans le domaine de la gestion et de l'aide à la décision, il est par ailleurs possible de rechercher quelles valeurs de variables de contrôle (dont la valeur peut être fixée ou contrainte par un ou plusieurs décideurs) permettent d'atteindre ou d'approcher des objectifs identifiables en termes de ressource et d'activité.

Il suffit de traduire l'objectif en terme de critère d'optimisation.

L'identification de la variable de contrôle et celle de l'objectif doivent évidemment être faites, (ou leurs pertinences doivent au moins être validées), par les acteurs du système représenté.

L'exemple suivant, qui n'a pas fait l'objet d'une telle validation, n'a donc ici qu'une valeur d'illustration de l'intérêt potentiel d'une telle approche.

Il s'agit de rechercher, conditionnellement à l'ajustement réalisé, quel serait le nombre, imposé à compter d'une date donnée, de navires industriels (variable de contrôle) qui conduirait à une date ultérieure donnée, cinq ans plus tard par exemple, à un nombre donné (objectif) de sorties de pêche sur l'ensemble des strates concernant la pêche artisanale (LALOË *et al.*, 2002).

Cet objectif permet ainsi de répondre à la question posée. Cet objectif correspond à l'annulation de la somme de carrés entre nombre de sorties ainsi désiré et nombre de sorties estimé par le modèle.

L'algorithme recherchant le nombre de navires conduisant à annuler (ou minimiser) ce critère permet ainsi de répondre à la question posée. Bien entendu, l'objectif peut ne pas être accessible.

Dans l'exemple présenté (LALOË *et al.*, 2002), une solution est trouvée (annulation du critère à minimiser) parce que la diminution du nombre de navires industriels se traduit par un accroissement des biomasses des stocks exploités, conduisant à un regain d'intérêt pour les tactiques de pêche artisanale et un accroissement de leurs nombres de sorties, rendu possible par un moindre recours aux tactiques de non pêche ou de pêche à l'extérieur (tableau I, tactiques u à y).

## PERSPECTIVES

LA DÉMARCHE présentée offre un traitement de jeux de données de captures et d'efforts, caractéristiques de ceux collectés dans le cadre des études et des suivis des exploitations halieutiques.

En s'intéressant à la dynamique de l'activité par la prise en compte des décisions des unités de pêche, elle permet d'aborder des questions relatives aux conséquences de l'adaptabilité de ces unités. Cette démarche est à ce titre complémentaire de celles relatives à la seule dynamique de la ressource pour une activité donnée.

Comme déjà indiqué, une telle approche peut fournir un outil qui, pour être pertinent doit être appliqué à des cas d'études identifiés dans le contexte concret de la gestion, en identifiant, par exemple dans le cadre de groupes de travail, les variables pouvant être affectées par diverses sources de variabilité, celles sur lesquelles peuvent porter les décisions, et quels sont les objectifs poursuivis.

Il serait intéressant de pouvoir l'appliquer dans le cadre de la valorisation des acquis du programme Siap.

## BIBLIOGRAPHIE DES SOURCES CITÉES

- CHAVANCE (P.), M. BÂ, D. GASCUEL, J. M. VAKILY & D. PAULY (éd.), 2004. — *Pêcheries maritimes, écosystèmes & sociétés en Afrique de l'Ouest : Un demi-siècle de changement*, [Marine Fisheries, Ecosystems and Societies in West Africa: Half a Century of Change], actes du symposium international, Dakar (Sénégal), 24-28 juin 2002, Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes, XXXVI-532-XIV p., 6 pl. h.-t. coul., (coll. *Rapports de recherche halieutique A.C.P.-U.E.*, n° 15).
- GÉRARD (M.) & P. GREBER, 1985. — « Analyse de la pêche artisanale au Cap-Vert : description et étude critique du système d'enquête », *Doc. Scient. Cent. Rech. Océano.*, Dakar Thiaroye, n°79.
- HOLLAND (D. S.) & J. G. SUTINEN, 1999. — « An Empirical Model of Fleet Dynamics in New England Trawl Fisheries », *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56: pp. 253-264.
- LALOË (F.) & A. SAMBA, 1991. — « A Simulation Model of Artisanal Fisheries of Senegal », *Ices Mar. Sci. Symp.*, 193: pp. 281-286.
- LALOË (F.), 1985. — « Étude de la précision des estimations des captures et prises par unité d'effort obtenues à l'aide du système d'enquêtes sur la pêche artisanale au centre de recherches océanographiques de Dakar Thiaroye », *Doc. Scient. Cent. Rech. Océanogr.*, Dakar Thiaroye, n° 100.
- LALOË (F.), SAMBA A. & N. PECH, 2002. — « Dynamique conjointe ressource exploitation : Une application aux données de capture et d'effort pêche artisanale sur la Grande Côte au Sénégal de 1974 à 1992 », « I Données modèle ajustement », « II Capacité d'expertise, applications », affichettes présentées au symposium de Dakar. (Fichiers disponibles sur demande, laloe@mpl.ird.fr ou sur le site du symposium.)
- PECH (N.), A. SAMBA, L. DRAPEAU, R. SABATIER & F. LALOË, 2001. — « Fitting a Model of Flexible Multifleet-Multispecies Fisheries to the Senegalese Artisanal Fishery Data », *Aquatic Living Resources*, 14: pp. 81-98.
- PECHART, 1982. — « Les enquêtes sur la pêche artisanale au C.R.O.D.T. », *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar Thiaroye*, n° 112.
- THIBAUT (L.), P. CHAVANCE & A. DAMIANO, 2003. — « StatBase, une approche générique pour la gestion de statistiques de pêche d'origines multiples », in CHAVANCE *et al.* (éd., 2004) : pp. 11-24.

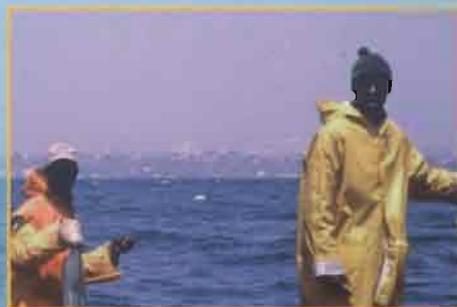




COMMISSION  
EUROPÉENNE

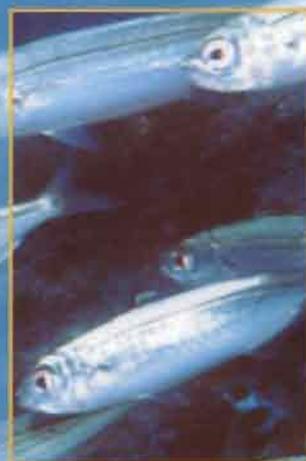
EUR/21126

Recherche communautaire



## 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



**IRD**

Institut de recherche  
pour le développement

## La recherche européenne vous intéresse?

Notre magazine **RDT info** vous tient au courant des principaux développements dans ce domaine (résultats, programmes, événements, etc.).

RDT info est disponible gratuitement en allemand, en anglais et en français, sur simple demande à:

Commission européenne  
Direction générale de la recherche  
Unité «Information et communication»  
B-1049 Bruxelles  
Fax (32-2) 29-58220  
E-mail: [research@cec.eu.int](mailto:research@cec.eu.int)  
Internet: [http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index\\_fr.html](http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_fr.html)

### Lecture-correction et révision des textes:

Textes en français: Charles H. A. Masson, assisté de Ousmane Camara & de Habib Gassama  
Textes en anglais: Alain Damiano, Venceslas Goudiaby & Amy Karafin  
Secrétariat des actes: Oumy Ba

### Réalisation éditoriale: mise en pages:

Charles Masson Édition  
B.P. 23751 Dakar-Ponty  
Dakar (Sénégal)  
Téléphone: (221) 835 59 89 - 879 11 55 - 879 11 51  
Télécopie: (221) 879 11 52  
Adresse électronique: [cha.edition@sentoo.sn](mailto:cha.edition@sentoo.sn)

Photos en couverture: Pêcheurs de poulpe sur une pirogue © IRD  
*Boops boops* © Robert Patzner

### IRD

IRD - Institut de recherche pour le développement  
213, rue La Fayette  
F - 75480 Paris Cedex 10  
Téléphone: (33-1) 48 03 77 77  
Fax: (33-1) 48 03 08 29  
Site web: <http://www.ird.fr/>

### COMMISSION EUROPEENNE

Direction Générale de la Recherche  
Direction N - Coopération scientifique internationale  
Unité 2 - Activités communautaires de coopération  
B-1049 Bruxelles  
Fax: (32-2) 29-66252  
E-mail: [inco@cec.eu.int](mailto:inco@cec.eu.int)

***Europe Direct est un service destiné à vous aider à trouver des réponses aux questions que vous vous posez sur l'Union européenne.***

**Un numéro unique gratuit (\*):  
00 800 6 7 8 9 10 11**

(\*) Certains opérateurs de téléphonie mobile ne permettent pas l'accès aux numéros 00 800 ou peuvent facturer ces appels.

De nombreuses autres informations sur l'Union européenne sont disponibles sur l'internet via le serveur Europa (<http://europa.eu.int>).

Une fiche bibliographique figure à la fin de l'ouvrage.

Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes, 2005

ISBN 92-894-7480-7

© Communautés européennes, 2005  
Reproduction autorisée, moyennant mention de la source

*Printed in Belgium*

IMPRIMÉ SUR PAPIER BLANCHI SANS CHLORE

# **PÊCHERIES MARITIMES, ÉCOSYSTÈMES & SOCIÉTÉS EN AFRIQUE DE L'OUEST :**

**Un demi-siècle de changement**

**Actes du symposium international  
Dakar — Sénégal — 24-28 juin 2002**

**Pierre CHAVANCE, Moctar BÂ, Didier GASCUEL,  
Jan Michael VAKILY & Daniel PAULY**

Éditeurs scientifiques

Collection des Rapports de recherche halieutique ACP-UE, numéro 15, Vol.1  
(ISSN 1026-6992)

Bruxelles  
Octobre 2004