



Compte Rendu

1<sup>ère</sup> réunion du Groupe de Travail «  
Indicateurs : approches inter-  
écosystèmes » IRD-IFREMER

**Rédactrice**  
Yunne Jaï  
Shin

**Date création :**  
19.10.04

**Référence:**  
41.002CR/1

**Dernière modif. :**  
12/04/2005 10:51

**Pages :** 58

**Diffusion :** Documents du projet, web (sans annexe ? ask YJS)

## Présentation/résumé

Ce document constitue la version 'Ecoscope' du compte rendu du premier groupe de travail Indicateurs animé par Y.J. Shin. Le rapport s'étend de la page 1 à 9, les annexes p. 10 à 58 présentent les informations fournies par les participants pour chaque écosystème.

## Participants

Arnaud BERTRAND  
Sophie BERTRAND  
Nicolas BEZ  
Peggy BRETAUDEAU  
Pierre CHAVANCE  
Audrey COLOMB  
Philippe CURY

Jocelyne FERRARIS  
Jean LEFUR  
Marc LEOPOLD  
Francis MARSAC  
Marie-Joëlle ROCHET  
Yunne-Jai SHIN  
Luis TITO DE MORAIS

Excusés :  
*F. Ménard*  
*D. Jouffre*  
*P. Fréon*  
*J.-C. Poulard*

**Modérateurs :** *P. Cury, F. Marsac, M.-J. Rochet*

**Rapporteurs :** *N. Bez, Y. Shin, L. Tito de Morais*

**Ordre du jour en annexe 1**

## Objectifs du groupe de travail

Philippe Cury et Yunne Shin ont commencé par rappeler le contexte et les objectifs du groupe de travail IRD-IFREMER « Indicateurs : approches inter-écosystèmes ». Suite au groupe de travail SCOR/IOC 119 (2001-2004) et du symposium de Paris (avril 2004) sur les indicateurs écosystémiques des effets de la pêche, un certain nombre de chercheurs souhaitent mettre en commun leur travail, connaissances, et outils dédiés à l'étude des indicateurs afin de mettre en pratique l'utilisation des indicateurs pour l'aide à la gestion des pêches. Cette phase de mise en pratique et d'évaluation de l'utilité des indicateurs nécessite un travail commun de :

- bilan des données disponibles pour le calcul des indicateurs dans chaque écosystème
- sélection d'une liste d'indicateurs selon les critères proposés lors du symposium
- de développer un outil commun de calcul et d'estimation de ces indicateurs
- de développer un outil commun de représentation et de communication des indicateurs (tableau de bord)
- de décliner dans chaque écosystème les conditions d'utilisation des indicateurs
- de déterminer les directions de référence des indicateurs selon l'écosystème et le mode d'exploitation considérés

L'approche comparative entre différents écosystèmes et la confrontation des différentes approches scientifiques développées dans les équipes de recherche de l'IRD et de l'IFREMER pour l'étude des indicateurs devraient permettre de proposer un cadre rigoureux d'application des indicateurs pour une approche écosystémique des pêches. Le produit attendu de ce groupe de travail est un tableau de bord minimal générique. Il a été précisé que l'étude des indicateurs dans le cadre de l'approche comparative ne servirait pas nécessairement à comparer les écosystèmes entre eux, exercice qui peut s'avérer périlleux, mais de confronter les indicateurs à des situations très contrastées afin d'évaluer leur caractère générique et leur utilité pour l'aide à la gestion des pêches.

Cette première réunion avait pour objectif de sélectionner une première liste des indicateurs communs à différents chantiers en précisant s'ils sont déjà estimés ou estimables à partir des données disponibles et si des séries temporelles existent, et également une liste de ceux dont il semble nécessaire d'assurer le suivi dans le futur. D'autre part, elle a permis de distribuer les tâches au sein de chaque écosystème : standardisation des données, calcul ou estimation d'indicateurs. A l'issue de cette réunion ont également été choisis les thèmes ou questions prioritaires à traiter par l'approche comparative inter-écosystèmes.

Dans sa présentation, P. Cury a repris certains des points abordés lors du symposium de Paris en avril 2004. Au-delà, il a fait référence aux travaux menés en Australie dans le cadre de l'Ecologically Sustainable Development (ESD) qui correspond à la mise en place de l'Ecosystem Approach to Fisheries en Australie (voir les sites <http://www.deh.gov.au/esd/> et surtout <http://www.fisheries-esd.com/c/home/index.cfm>). Il fait en particulier référence aux travaux de Fletcher et coll. qui ont formalisé un ensemble de recommandations dans ce domaine. Il s'engage à diffuser ce travail ainsi qu'un article sur les risques d'extinction des espèces.

## Présentation des écosystèmes

La réunion a débuté par des exposés brefs, dont le but était de familiariser l'ensemble des participants aux différents écosystèmes considérés dans ce groupe de travail. Ont été ainsi rappelés :

- les caractéristiques, fonctionnement et patterns observés pour la ressource, la pêche, et l'environnement physique
- les données disponibles (type, séries temporelles, spatialisation)
- les indicateurs étudiés (principaux résultats obtenus)
- les modèles utilisés (pour l'étude des effets écosystémiques des pêches, pour l'estimation des indicateurs)

Les écosystèmes suivants ont été présentés :

- Golfe de Gascogne (M.-J. Rochet)
- Ecosystèmes coralliens des îles du Pacifique sud (J. Ferraris)
- Ecosystème pélagique hauturier de l'Océan Indien (F. Marsac)
- Ecosystème côtier ouest-africain (Y. Shin)
- Ecosystème côtier guinéen (A. Colomb, J. Lefur)
- Ecosystèmes estuariens et lagunaires d'Afrique de l'Ouest (L. Tito de Morais)
- Ecosystème d'upwelling du Humboldt (S. Bertrand)
- Ecosystème d'upwelling du Benguela (Y. Shin)

Les fiches récapitulatives des caractéristiques principales des différents écosystème sont fournies en annexe 2. De manière générale, les présentations d'écosystèmes ont mis l'accent sur la connaissance écologique des éco-

systèmes marins, mais peu sur les aspects socio-économiques des pêcheries. Ce groupe de travail devra avancer en parallèle avec l'axe3 de l'IFR 129 et le C3ED (correspondants : Hélène Rey et Pierre Morand) qui mènent également une démarche "réseaux d'indicateurs pour le développement durable" partant de la "demande sociale d'indicateurs". P. Cury insiste sur le fait que la discipline écologique se doit de proposer a priori quelque chose de spécifique comme un "tableau de bord", qui soit suffisamment adaptable pour être appliqué dans beaucoup de situations différentes. Il est important de bien formaliser au préalable la quantification et la représentation des indicateurs écologiques avant d'envisager l'interface avec les indicateurs socio-économiques. Selon l'avancement des travaux pour la deuxième réunion de notre groupe de travail (juillet 2005), des interactions avec l'axe 3 de l'IFR 129 pourront être développées. Philippe Cury propose d'inviter rapidement Hélène Rey au CRHMT pour un séminaire de présentation des activités menées autour des indicateurs socio-économiques.

## Bilan des séries de données disponibles

A l'issue des présentations, il est apparu clairement que ce groupe de travail comparatif inter-écosystèmes devra faire face à de fortes disparités en termes de disponibilités de données, au-delà des différences de fonctionnement et d'exploitation qui justifient la démarche comparative. Alors que certains écosystèmes sont très documentés (séries de données spatialisées dans les deux écosystèmes d'upwelling par exemple, ou dans l'écosystème hauturier de l'Océan Indien), on peut noter que pour les écosystèmes coralliens et l'écosystème côtier d'Afrique de l'Ouest, on aura beaucoup de difficultés à quantifier la tendance de la pression de pêche. La disponibilité des données conditionnera donc fortement l'établissement du tableau de bord minimal générique. Il est apparu également dans tous les écosystèmes un sous-échantillonnage des compartiments trophiques inférieurs (phyto- et zooplancton) et un accès limité aux données relatives aux oiseaux et mammifères marins.

### TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES DISPONIBLES

Ecosystem	Exploitation / Catch	Fish populations (surveys)	Other compartments	Environment
Guinea	Catch statistics 1995-	1985-92, 1992-94, 1997-98 (demersal species) Abd indices length for some species	Phyto- and zoo-plankton : maps 1980 & 2002-2003 Benthos : map 1959	Integrated maps :1990s t°, salinity, oxygen, tide
West African lagoons and estuaries	Saloum-Gambie: 2-3 years time series Casamance: punctual	1 to 8 years purse seine survey time series (Sal-Gambie) Biol. parameters Acoustic data		Sal-Gamb-Bc d'Arguin (T°, Sal, O2, turbidity)
West African coastal and shelf ecosystems	20-30 years catch and effort time series	20-30 years bottom trawl surveys		T° during surveys Bottom maps Chl & SST remote data Winds & upw indices
Bay of Biscay	catch & aggregated effort data since 80s Discards sampling 2002-	1987-2004 bottom trawl survey		t° & sal during surveys Reconstructed hydrological data 1960-
Southern Pacific coral reefs	Snapshot surveys (behaviour, catch...)	1 to 15 years visual surveys density, no size	Few	Satellite maps (geomorphology, % coral cover) 1 site with complete data set
Humboldt (Peruvian Coast)	Exhaustive catch and effort statistics since 1983	Acoustic survey 1983-	Birds & mammals 1990- Plankton 1980- Chl 1960-	SST, salinity, oxygen, wind, reconstructed or measured
Benguela current ecosystem	Catch & f data for the main species	Anchovy & sardine purse seine survey 1984- Demersal trawl surveys 1985-1997	Seabird 1978-1997 Seal pups counts every 3 years Zoo- and phyto-plankton	Reconstructed T°, salinity, Chl SST and water colour remote data

			profiles 1988-	
High-seas pelagic eco-systems	Catch/f 1952- (agreg.) Detailed 1969- (atl) & 1981- (Indian O.) Size frequency	Stomach contents (1980s, 2001-) Acoustic (2002-4) Pred/prey sizes	Seabirds (2002- moz canal) Forage sampling	Satellite data (sst, t°, SLA, ..) ocean profiles Atm param
Gulf Lion	? to be completed			

## Bilan des modèles développés

Les modèles écosystémiques permettent d'estimer un certain nombre d'indicateurs ainsi que de tester leur sensibilité et leur exclusivité à la pression de pêche à l'aide de simulations de différents scénarios de pêche et de changements climatiques. Ils sont donc des outils précieux pour évaluer la pertinence de certains indicateurs écosystémiques pour l'aide à la gestion des pêches. Dans certains cas, ils sont également le seul moyen d'estimer certains indicateurs de l'état de santé des écosystèmes, e.g. tous les indicateurs trophodynamiques issus des modèles Ecopath-Ecosim. Un bilan des modèles appliqués dans les différents écosystèmes est donc effectué ici, afin d'identifier les lacunes éventuelles. Il est à noter que l'écosystème du Golfe de Gascogne, pourtant très documenté et bien fourni en données, n'a fait l'objet d'aucune étude de modélisation écosystémique.

**TABLEAU DES MODELES DEVELOPPES** (utilisables pour calcul et test indicateurs)




Ecosystem	Model	Techniques, hypotheses	Ecosystem component	Indicators
Guinea	MOOVES	IBM Size-based predation	Main trophic groups, environment	SBLs, TL, fish biomass and abd
	SIMPECHE	SMA	Resource, fisheries, trading	Fish quantities, money available, human pop, activity
	BEMEX	Bio-economic model Equilibrium model	Fisheries, stocks	Yield, biomass, effort
	ECOPATH	Mass balance Trophic flows	Main trophic groups	Tropho indicators
W African lagoons and estuaries	ECOPATH (Gambia, Saloum)	Mass balance Trophic flows	Main trophic groups	Tropho indicators
W African coastal ecosystems	ECOPATH	Mass balance Trophic flows	Main trophic groups	Tropho indicators
Bay of Biscay				
Southern Pacific coral reefs	ECOPATH	Mass balance Trophic flows	Main trophic groups	Tropho indicators
	Spectrum of richness	Stat model	Fish comm	Richness by functional group
		Cellular automata	Fishing behav.	
	Viability model		Main trophic groups	Viability kernel
Humboldt (Peru)	PLUME	ROMS	Physical envir.	
	Larvae IBM	IBM	anchovy, sardine	
Benguela current ecosystems	ECOPATH-ECOSIM	Mass balance or dynamic Trophic flows	Main trophic groups	Tropho indicators
	OSMOSE	IBM, size-based predation, multispecies	Fish community	
	Larvae IBM	IBM	anchovy, sardine	
	PLUME	ROMS	Physical envir.	
	PLUMBIO	NPZD	Phytoplankton	
	Viability model		Main trophic groups	Viability kernel
High-seas pelagic ecosystems	ECOPATH (g guinea, moz canal)	Mass balance Trophic flows	Main trophic groups	Trophodynamic
	Apecosm	Size-structured and spatial PDE	Main trophic groups	Size spectra
Gulf of Lion	to be completed			

## Bilan des indicateurs étudiés et choix des indicateurs à étudier

- Un premier bilan de tous les indicateurs étudiés dans les différents écosystèmes a été effectué (voir annexe 3, première liste). Plusieurs catégories d'indicateurs ont été distinguées : ceux basés sur la taille, sur l'espèce, sur les flux trophiques, les indicateurs spatiaux, environnementaux et d'exploitation.
- Une sélection intermédiaire d'indicateurs a été effectuée collectivement (cf annexe 3, deuxième liste d'indicateurs); elle concerne les indicateurs d'intérêt qu'il faudrait être en mesure d'estimer à moyen terme. Cette deuxième liste est incitative, i.e. quelles sont les données qu'il serait nécessaire de collecter dans un avenir proche, quels sont les modèles à mettre en place ?

Un préalable à la sélection des indicateurs a été de préciser les objectifs poursuivis. Deux objectifs ont été mis en avant : être capables de quantifier les effets de la pêche sur les écosystèmes marins et être capables de communiquer la connaissance acquise. Il a été décidé que la sélection des indicateurs devait d'abord se faire sur leur capacité à évaluer l'état de santé des écosystèmes. Ensuite, c'est un travail de représentation des résultats et de communication selon le public ciblé (décideurs, grand public etc) qui doit être effectué dans la phase finale du projet.

Dans ce contexte, les critères principaux de sélection des indicateurs ont été les suivants :

-  signification écologique (i.e. les processus sous-jacents sont-ils essentiels à la compréhension du fonctionnement et de l'état de santé des écosystèmes ?)
  -  disponibilité et coût des données
  -  sensibilité à l'impact de la pêche (ou autre perturbation anthropique, cf pollution dans les écosystèmes coralliens)
- Enfin, une troisième étape a permis de sélectionner une liste minimale d'indicateurs à devoir estimer dans chaque écosystème. Ce choix a été fortement contraint par la disponibilité des données (terrain ou modèles) et par la possibilité de réalisation à court terme d'un tableau de bord commun. Dans certains écosystèmes, les données nécessaires au calcul des indicateurs sélectionnés ne sont pas encore collectées. Le groupe a cependant estimé qu'il était important dans ce cas de mettre rapidement en place des opérations d'échantillonnage ou de modélisation permettant de combler ces lacunes. Le Tableau de Bord Minimal (TdBM) n'est donc pas l'expression stricte du plus petit dénominateur commun aux différents écosystèmes représentés dans le groupe.

La définition de chacun des indicateurs du TdBM a été discutée et formalisée (voir tableau ci-dessous). Le mode de calcul propre à chaque écosystème n'a cependant pas été évoqué et reste de la responsabilité de chacun (échantillonnage régulier, aléatoire stratifié, par transect, par parcours visuels etc). Marie-Joëlle Rochet a développé des routines de calcul de certains indicateurs pour le Golfe de Gascogne, adaptées au protocole d'échantillonnage stratifié des campagnes Ifremer. Vu la disparité des méthodes d'échantillonnage dans les différents écosystèmes, l'idée du développement d'un package de routines R pour la réalisation d'un TdBM a été évoquée mais jugée prématurée.

Dans un souci de représentativité, il a été convenu que pour chaque système étudié il était préférable de travailler sur la zone la plus large possible même si certains indicateurs ne pouvaient être calculés. Il s'agit, dans chaque cas en fonction de l'expertise de chacun, de faire le meilleur compromis entre quantité d'information disponible et pertinence écologique des résultats obtenus. En particulier, il conviendra au moment du choix de la zone d'étude de garder à l'esprit que l'objectif du WG est d'étudier les réponses aux pressions de pêche. On cherchera donc à choisir des zones homogènes vis à vis de la pression de pêche avec documentation d'incohérences éventuelles. Le cas des récifs coralliens est probablement un cas extrême du point de vue de la diversité des modes d'exploitations rencontrés au sein d'un même écosystème.

Le choix des espèces ou groupes fonctionnels intervenant dans le calcul des indicateurs est également crucial. Selon les écosystèmes seules les espèces cibles sont documentées. Dans le cas d'indicateurs calculés au niveau de l'écosystème, il sera nécessaire de préciser quels groupes fonctionnels et espèces ont été considérés. Les effets indirects de la pêche étant indispensables à prendre en compte, s'intéresser uniquement aux espèces exploitées par la pêche pourra s'avérer insuffisant. Il s'agira alors d'identifier les lacunes et initier dans la mesure du possible le développement d'observations complémentaires.

## Minimal list of indicators for establishing the dashboard

L: length (cm), i: individual, s: species, N: abundance

SIZE-BASED INDICATORS		Calculation, notations, units
<b>Population level</b>		
Mean size (length and weight)		$\bar{L}_s = \frac{\sum_i L_{i,s}}{N_s}$
Max size		$L_{95\%,s}$ length below which 95% of the fish are found
<b>Community level/functional group/community level</b>		
Mean size (length and weight)		$\bar{L} = \frac{\sum_i L_i}{N}$
Max size		$L_{95\%}$ length below which 95% of the fish are found
Mean Max size		$\bar{L}_{95\%} = \frac{\sum_s L_{95\%,s} N_s}{N}$
<b>TROPHODYNAMIC INDICATORS</b>		
TL of landings		$\overline{TL}_{land} = \frac{\sum_s TL_s N_s}{Y}$
TL of community		$\overline{TL}_{comm} = \frac{\sum_s TL_s B_s}{B}$
<b>SPECIES-BASED INDICATORS</b>		
<b>Population level</b>		
Abundance		$N_s$
Biomass		$B_s$
Density		In tons/km <sup>2</sup> : $B_s/A$ $A$ : total area
<b>Community/functional group/ecosystem level</b>		
Total biomass		$B$
Total abundance		$N$
<b>EXPLOITATION INDICATORS</b>		
<b>Population level</b>		
Landings		$Y_s$ (tons)
CPUE		CPUEs (tons/unit of effort)
<b>Community level</b>		
Total landings		$Y$
Exploited Fraction of the Ecosystem Surface		Exploited area/A

## Représentation et communication des indicateurs (tableau de bord)

Bien que jugée prématurée par certains participants, une réflexion sera menée pour construire une maquette de ce que le TdBM pourrait être (Philippe Cury, Jean Lefur, Yunne Shin). Le TdBM est considéré comme un outil de synthèse sur les indicateurs, et un outil de communication. Il s'agira de réfléchir sur les codages nécessaires à la représentation de l'état de santé des écosystèmes, et qui seront adaptés au public ciblé. Les codages pourront faire intervenir des couleurs, des graphiques, des cartes etc. La synthèse des indicateurs devra également susciter une réflexion sur la pondération éventuelle des indicateurs (pondération qui pourrait être qualitative). C'est un problème assez délicat, mais qui se posera éventuellement selon le message à faire passer, le public ciblé, les objectifs de gestion. La question de la pondération se posera également en fonction du rôle prépondérant de certaines espèces ou groupes fonctionnels dans l'écosystème.

Quelques points clefs à représenter :

- Points / Zone de référence (à atteindre ou à éviter)
- Qualité de l'estimation des indicateurs
- Quels seuils pour les indicateurs sans point référence ?

Permettre une représentation par "espèce" pour communication avec les gestionnaires et les écologistes  
Pentes des tendances.

## Valorisation : choix des questions et thèmes à aborder dans l'approche comparative inter-écosystèmes et inter-indicateurs (un thème=un responsable=un article en projet)

Parallèlement à l'établissement d'un Tableau de Bord Minimal, un certain nombre de projets sur les indicateurs ont été suggérés, qui reposeraient sur l'approche comparative inter-écosystèmes.

- Philippe Cury a présenté son projet de comparaison de quelques grands écosystèmes qui « fonctionnent » versus ceux qui « ne fonctionnent pas bien » (en collaboration avec Lynne Shannon, Y. Shin et ceux qui souhaiteraient s'y joindre), afin de réconcilier les approches classiques d'évaluation des stocks et l'approche écosystémique des pêches. La question est de tester si l'approche précautionneuse monospécifique est compatible avec une approche écosystémique des pêches.
- Nicolas Bez s'intéresse à la spatialisation des indicateurs et à la précision du degré d'incertitude des indicateurs.
- Jean Lefur souhaiterait travailler sur les moyens d'intégrer l'information fournie par une liste d'indicateurs pour obtenir des indicateurs synthétiques.
- Didier Jouffre (représenté par P. Cury) s'intéresse à la cohérence des signaux mono-spécifiques et écosystémiques.
- Sophie Bertrand envisage de calculer les statistiques des vols de Levy dans d'autres écosystèmes
- Yunne Shin souhaiterait creuser la question des directions de référence des indicateurs, définir leur gamme de validité (quel type de communauté, quelle situation d'exploitation), préciser les courbes de réponse des indicateurs du TdBM dans différentes configurations.



## Points divers

### Documents à faire circuler :

Article de Dulvy sur « extinction risk » (Philippe Cury)

Rapport sur l'ESD en Australie (Philippe Cury)

Rapport + bulletin de l'approche indicateurs dans le Golfe de Gascogne (Marie Joëlle Rochet)

ACI (Yunne Shin)

### Prochaine réunion

La deuxième réunion du groupe de travail est prévue pour le **5-6 juillet 2005 à Sète** – CRHMT. L'objet de cette deuxième réunion est de comparer les résultats obtenus pour la liste minimale d'indicateurs sélectionnée. Selon les résultats obtenus, un travail commun d'établissement d'un tableau de bord générique sera effectué. Une maquette de tableau de bord sera établie et un plan d'article sera élaboré ensemble. Il s'agira également de faire un point sur l'état d'avancement des thèmes transversaux. Une réflexion sera engagée pour établir des ponts avec le travail sur les indicateurs socio-économiques (cf Hélène Rey et l'axe 3 de l'IFR 129).

Inviter:

**Lynne Shannon** : implémentation des OMPs (Operational Management Plans) en Afrique du sud, EAF (Ecosystem Approach to Fisheries) dans le BCLME (Benguela Current LME)

**Sergio Neira** : Approche comparative Chili – Benguela en termes de modèles et indicateurs écosystémiques

**Hélène Rey** et **Pierre Morand** : indicateurs socio-économiques axe 3 IFR 129

**Claude Roy** : indicateurs environnementaux

Solliciter :

**Capucine Mellon** pour représenter le Golfe de Lion

**Francis Marsac** pour les indicateurs environnementaux

Rédaction : Yunne Jaï Shin / saisie : YJS / mise en forme : YJS-JLF

## ANNEXE 1 : ordre du jour

### **Jeudi 4 novembre 2004 matin**

La réunion commencera par des exposés brefs (10-15 min d'exposé suivi de discussion), dont le but est de familiariser l'ensemble des participants aux différents écosystèmes considérés dans ce groupe de travail :

- caractéristiques principales des écosystèmes (ressources, pêche, environnement)
- indicateurs étudiés (principaux résultats obtenus)
- données disponibles (type, séries temporelles, spatialisation)
- modèles utilisés (pour l'étude des effets écosystémiques des pêches, pour l'estimation des indicateurs)

*Modérateur : Francis Marsac*

*Rapporteur : Luis Tito de Morais*

9h30	Introduction, Objectifs du WG	P. Cury
9h50	Golfe de Gascogne	M.J. Rochet
10h10	Ecosystèmes coralliens (Nouvelle-Calédonie, Polynésie Française)	J. Ferraris
10h30	Ecosystèmes pélagiques hauturiers (Océan Indien)	F. Marsac
10h50	PAUSE	
11h10	Ecosystème d'upwelling du Benguela sud	Y. Shin
11h30	Ecosystème côtier guinéen	A. Colomb, J. Lefur
11h50	Ecosystèmes estuariens et lagunaires d'Afrique de l'Ouest (Mauritanie, Sénégal, Gambie, Guinée)	L. Tito de Morais
12h10	Ecosystème côtier ouest-africain (Sénégal)	P. Chavance
12h30	Ecosystème upwelling Humboldt	S. Bertrand
12h50	PAUSE Déjeuner	

## **Jeudi 4 novembre 2004 après-midi**

Modérateur : Marie-Joëlle Rochet

Rapporteur : Yunne Shin

14h	Bilan des séries de données disponibles, couverture spatio-temporelle (campagnes scientifiques, données de captures, d'effort de pêche, données environnementales). Identifier les lacunes.
14h30	Bilan des outils statistiques et de modélisation utilisés
15h	Critères de sélection des indicateurs
15h45	PAUSE
16h	Bilan des indicateurs étudiés
16h30-18h	Choix des indicateurs de population et de communautés

## **Vendredi 5 novembre 2004**

Modérateur : Philippe Cury

Rapporteur : Nicolas Bez

9h	Activités à mener pour le calcul et l'estimation des indicateurs
10h	PAUSE
10h20	Représentation et communication des indicateurs (tableau de bord)
11h	Valorisation : choix des questions et thèmes à aborder dans l'approche comparative inter-écosystèmes et inter-indicateurs (un thème=un responsable=un article en projet)
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sensibilité (<i>directions de référence, gamme de validité, courbes de réponse, points de référence</i>)</li><li>- Exclusivité: <i>Discrimination effets pêche-environnement</i></li><li>- Temps de réponse</li><li>- Précision et quantification des biais, erreurs de mesure : <i>sont-ils négligeables par rapport à la sensibilité des indicateurs ?</i></li><li>- Autres ?</li></ul>
12h-12h30	Relevé de conclusions pour compte-rendu final

### BAY OF BISCAY

---

#### ECOSYSTEM

##### The ecosystem

The Bay of Biscay extends from 44° to 48° N and from 11° W to the coastlines of France and Spain and can be considered as a subtropical/boreal transition zone. The topographical diversity and the wide range of substrates result in many different types of coastal habitat. This diversity is reflected in the biological richness of the region, which includes a wide range of fish species, many of these of commercial interest.

On the continental shelf, the transport is driven by tides and wind, with buoyancy important off major rivers during periods of high run-off. The most conspicuous upper layer mesoscale features are a poleward-flowing slope current in autumn and winter, and wind-induced coastal upwelling in spring and summer.

Eutrophication does not appear to be a problem in this region although an apparent increase in the occurrence of harmful algal blooms has been reported in recent decades. Mariculture is mainly confined to the cultivation of bivalve molluscs (mussels, oysters and clams) along the coasts and its impact is usually limited to the coastal areas.

In the Bay of Biscay, changes in species composition since the eighteenth century are identified and both fishing and warming effects contributed. A significant warming of the sea surface temperature has been reported as well as increased records of tropical species.

There are regular analytical assessments of most exploited fish stocks, a standard annual RV survey, regular market sampling of landings in all ports, but no seasonal monitoring of plankton, nor seabirds, nor sea mammals.

##### The fisheries

Most of the demersal fisheries in this area have a mixed catch. Although it is currently possible to associate specific target species with particular fleets, various quantities of cod, whiting, hake, anglerfish, megrim, sole, plaice, and *Nephrops* are taken together, depending on gear type. Since the 1930s, hake has been the main demersal species supporting trawl fleets on the Atlantic coasts of France and Spain. Hake are caught throughout the year, the peak landings being made in spring-summer months. The three main gear types used by vessels fishing for hake as a target species are lines, fixed-nets and trawls, mostly bottom trawls, a few pelagic ones, and recently also Very High Opening trawls. *Nephrops* are an important component of the bottom fisheries in this area. These fisheries developed in the 1970s and 1980s. Fishing effort has decreased continuously since the early 1990s. However, gear efficiency has increased in recent years and this may have helped maintaining LPUE at relatively high levels. Bay of Biscay anchovy is also the target of an important pelagic fishery (pelagic trawls, seines, ...).

**State of the stocks:** The majority of the fish stocks which are assessed in this area are harvested outside safe biological limits. They are characterised by low spawning stock biomass and recent high fishing mortality rates. Of particular concern are Northern hake and Bay of Biscay sole. These stocks exhibit high F, low SSB, and low recruitments in most recent years.

- *mesures de gestion principales*

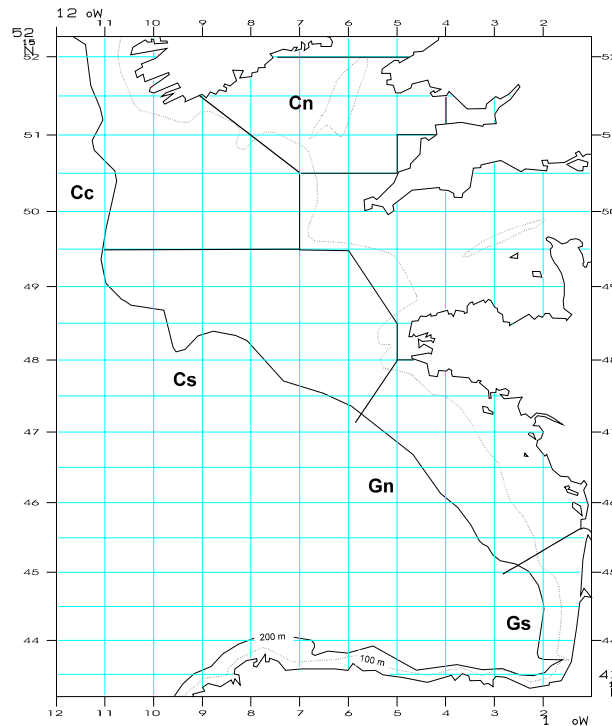
Gestion par TAC et quotas nationaux au niveau Européen.

## AVAILABLE DATA

*Préciser la strate spatio-temporelle pour chaque type de données.*

- séries de données concernant les espèces exploitées (campagnes scientifiques, données commerciales)

Les données utilisées proviennent des campagnes EVHOE qui composent deux séries : la première a été réalisée de 1987 à 1995 sur l'ancienne Thalassa, la seconde a débuté en 1997 après la mise en service de la nouvelle Thalassa. L'ensemble de la zone échantillonnée à partir de 1997 est représentée figure 1.



**Figure 1. Golfe de Gascogne et mer Celtique. Zone d'étude.**

Le chalut GOV 36/47 avec un maillage de 20 mm (maille étirée) dans le cul est utilisé à chacune des campagnes. Les chalutages sont réalisés de jour à une vitesse de 4 nœuds. La durée des traits est de 30 minutes. Tous les poissons sont systématiquement mesurés depuis 1992, seule une sélection d'espèces l'était les années précédentes.

Depuis 1997, la géométrie du chalut est suivie en temps réel au moyen des capteurs SCANMAR et PACHA. Les profils surface-fond de la température et de la salinité sont obtenus après chaque chalutage au moyen d'une bathysonde.

La série proposée pour l'atelier concerne le golfe de Gascogne 1987 - 2002.

Les données concernant les débarquements commerciaux peuvent être extraites de la base statistiques de pêches (théoriquement, données exhaustives, à tout niveau d'agrégation).

- données sur les autres compartiments trophiques

Peu de données disponibles, à notre connaissance.

- séries de données environnementales

Depuis 1994 des profils de température et de salinité surface-fond sont associés à chaque chalutage.

Une base de données hydrologiques du Golfe de Gascogne est en cours de validation. Elle permettra de reconstituer la variabilité spatiale et temporelle de la température et de la salinité sur les 40 dernières années.

Des indicateurs hydrologiques sont en cours d'élaboration afin de décrire les structures thermo-halines et dynamiques qui contraignent le comportement et la survie des populations de poissons. Ces indicateurs sont construits à partir des résultats du modèle hydrodynamique de plateau MARS 3D (1985-présent).

## INDICATORS

- quels sont les indicateurs déjà étudiés, quantifiés ?

Level	Indicator	Definition	Expected effect of fishing
Population	$\hat{N}_{i,t}$	Population abundance for species $i$	decrease
	$\bar{L}_{i,t}$	Average length of population $i$	decrease
Community	$\hat{B}_t$	Total biomass	decrease
	$\hat{N}_t$	Total abundance in the community	decrease
	$\bar{W}_t$	Average weight	decrease
	$\bar{L}_t$	Average length	decrease
	$\alpha_t^{(1)}$	Size spectrum slope	decrease
	$\beta_t^{(1)}$	Size spectrum intercept	unknown

(1) in  $N_i(t) = \alpha_i \exp(\beta_i(l - \bar{l}_i))$ , where  $N_i$  is number at length  $l$  and  $\bar{l}_i$  is medium length in the community, year  $t$ , and the parameters are estimated using a Generalised Linear Model with length classes weighted by the number of hauls in which the length class was present.

- quels étaient les objectifs ?

Etablir un diagnostic de l'impact de la pêche sur les communautés de poissons exploitées.

- comment sont-ils estimés (à partir de données directement ou de modèles ?)

A partir des données.

## MAIN RESULTS

- résultats principaux obtenus sur l'étude des indicateurs

Détection d'un changement important dans les populations et les peuplements, probablement dû au changement climatique en cours dans cette région.

Indicateur	Mer Celtique, 1997-2002	Golfe de Gascogne, 1987-2002
Abondance de la population	1/43 en diminution, 9/43 en augmentation	1/51 en diminution, 20/51 en augmentation
Taille moyenne dans la population	9/43 en diminution, 1/43 en augmentation	3/51 en diminution, aucune en augmentation
Abondance totale	–	–
Biomasse totale	–	augmente
Poids moyen dans la communauté	DIMINUE	
Taille moyenne dans la communauté	–	–
Pente du spectre des tailles	–	–
Ordonnée à l'origine du spectre des tailles	diminue	augmente

**Résumé des indicateurs de population et de communauté en mer Celtique et dans le golfe de Gascogne. – : pas de changement significatif.**

### **- Zones d'application**

Le modèle est actuellement appliqué à l'ensemble des systèmes français métropolitains surveillés par des campagnes dans le cadre de la réglementation européenne sur la collecte des données halieutiques (DCR). Une mise en routine de la production des tableaux de bord est prévue en 2005. Un test d'application sera mené en 2005 sur l'ensemble des plateaux du nord de la Méditerranée (de Gibraltar à la mer Egée), en partenariat avec les équipes de recherche concernées.

#### *- Diffusion des résultats*

Il est prévu de diffuser dès 2005 un bulletin annuel synthétique de présentation des indicateurs établis le long des côtes françaises (Version 0 en cours d'élaboration), à destination des acteurs de la gestion des pêches (principalement profession et pouvoirs publics). Il est également prévu de donner accès aux résultats détaillés à travers un site web couplé à la base de données Système d'information halieutique (SIH) de l'Ifremer, en cours de développement.

#### *- liste de références bibliographiques correspondantes*

Bellail, R., Bertrand, J., Le Pape, O., Mahé, J.-C., Morin, J., Poulard, J.-C., Rochet, M.-J., Schlaich, I., Souplet, A., and Trenkel, V. 2003. A multispecies dynamic indicator-based approach to the assessment of the impact of fishing on fish communities. ICES CM 2003/V:02, 12 pp.

Bertrand, J. A., ed. 2004. L'état des communautés exploitées au large des côtes de France. Application d'indicateurs à l'évaluation de l'impact de la pêche. Rapport Interne IFREMER, DRV/RH/RS/04-001, IFREMER, Plouzané.

Rochet, M.-J., Trenkel, V., Bellail, R., Coppin, F., Le Pape, O., Mahé, J.-C., Morin, J., Poulard, J. C., Schlaich, I., Souplet, A., Vérin, Y., and Bertrand, J. A. En préparation. Using reference directions for assessing fishing impacts on fish communities, exemplified for French exploited communities.

#### *- problèmes rencontrés, restants à résoudre*

Sur le plan scientifique : établissement des états de référence, seuils de constitution des classes de tendance, interprétation fine des résultats obtenus, analyse des tendances à court vs long terme, amélioration de la définition des unités d'écosystème, etc.

Optimisation de la chaîne d'analyse (incluant l'instauration d'une démarche qualité), de la donnée brute au bulletin. Des progrès sont attendus en 2005 dans le cadre de la réalisation de la base de données des campagnes du SIH de l'Ifremer.

Un atout : le fait que toutes les informations actuellement utilisées soient issues de campagnes standardisées incluses dans des programmes de surveillance pluri-annuels contractualisés.

#### *- perspectives*

Développement d'autres indicateurs basés sur les mêmes données.

## ECOSYSTEMES CORALLIENS PACIFIQUE SUD

### UR128 – CoRéUs

Par Ferraris et Léopold

#### **ECOSYSTEME**

Les chantiers de l'UR CoRéUs se situent dans la **zone côtière des îles du Pacifique sud**. Les pêcheries récifolagunaires y sont caractérisées par :

- **La diversité et la richesse des écosystèmes coralliens** :

Le nombre d'espèces de poissons atteint près de 3000 dans le Pacifique ouest et central ; des regroupements d'espèces (taxonomie, groupes fonctionnels, etc.) apparaissent alors nécessaires lors de comparaisons de peuplements entre sites éloignés.

La structure de ces peuplements est en partie liée à des paramètres environnementaux physiques assez stables dans le temps et indépendants de contraintes écologiques :

1) Les caractères de l'île elle-même : position géographique (distance au centre de biodiversité), isolement, type (atoll, île continentale...), taille (surface lagunaire et récifale) et topographie.

2) A l'échelle locale, l'exposition aux vents d'est et des paramètres géomorphologiques (type de récifs et de lagon, degré d'ouverture, dureté des fonds, profondeur...).

Ce contexte bio-géographique crée en quelque sorte un potentiel écologique du milieu, différent d'une île à l'autre et d'un habitat à un autre. La diversité spécifique, la structure trophique et la structure en taille des communautés de poissons par exemple sont relativement liées à quelques-uns de ces facteurs (gradient de biodiversité, taille de l'île et des récifs, isolement).

Un forçage par les conditions physico-chimiques du milieu, prévisible (marée, cycle lunaire et nyctéméral, impact anthropique) ou non (aléas cycloniques, blanchissement des coraux, El-Niño...), intervient en parallèle sur la structure des peuplements : recrutement, densité observée, habitat, alimentation...

La clarté des eaux et la profondeur modérée des récifs expliquent que les observations en plongée soient un moyen très répandu de collecte de données écologiques. Les données environnementales au niveau local (transect) sont prélevées simultanément aux données de poissons. L'habitat corallien a pour caractéristique d'être construit par des organismes vivants (coraux, algues calcaires, invertébrés) et nécessite donc une prise en compte de sa variabilité à différentes échelles pour expliquer la variabilité des peuplements de poissons observés in situ ou exploités.

- **Une pêche vivrière prépondérante** :

La pêche commerciale tend à augmenter dans la plupart des Etats insulaires, mais elle n'apporte le plus souvent qu'un appoint financier aux ménages. La pêche de subsistance représente encore environ 80 % des débarquements. Elle est caractérisée par de nombreux modes d'exploitation plus ou moins productifs et sélectifs, de nombreuses espèces cibles (appartenant à quelques familles clés), et une organisation informelle (absence statistiques de pêche, de points de débarquements et circuits de distribution établis, etc.). Cela explique que les données halieutiques disponibles proviennent essentiellement d'enquêtes auprès des populations locales.

Une gestion traditionnelle des droits de pêche existe dans certaines régions (Fiji, Nouvelle-Calédonie, Wallis...). Dans d'autres régions où l'accès est devenu libre, l'arrivée de pêcheurs étrangers (notamment commerciaux) a pu provoquer une augmentation importante de la pression sur les ressources. La politique de gestion se limite alors souvent à la mise en place d'aires marines protégées. Mais devant les risques de surpêche, la plupart des pays affichent aujourd'hui une plus grande volonté des gestionnaires.



**- L'hétérogénéité des contextes socio-économiques :**

Les populations de Mélanésie et de Polynésie se singularisent par une forte dépendance vis-à-vis des ressources halieutiques, mais en fonction du contexte local (culture, activités économiques alternatives, isolement, etc.), cette relation se traduit par un niveau d'exploitation variable. Le système « pêche » tel que présenté ci-dessous (figure 1) est donc intimement lié à la dimension socio-économique.



**Fig. 1. Approche multidisciplinaire d'évaluation de l'état des ressources et du niveau d'exploitation dans un système « pêche » en milieu récifo-lagonaire. L'état des ressources dépend d'une part de facteurs écologiques et environnementaux, et d'autre part de facteurs anthropiques. Pour chaque composant, des indicateurs potentiels sont proposés.**

**DONNEES DISPONIBLES**

*Préciser la strate spatio-temporelle pour chaque type de données.*

- séries de données concernant les espèces exploitées (campagnes scientifiques, données commerciales)
- données sur les autres compartiments trophiques
- séries de données environnementales
- En général, pas de séries de données mais des comparaisons de cas contrastés
- Stratification spatiale par biotope (récifs frangeants, intermédiaires, barrières, pente externe, lagon, herbiers, mangroves)
- Données temporelles : intra-annuelles et/ou interannuelles sur séries courtes

Les sites identifiés ci-dessous sont des sites d'intervention de l'UR-CoRéUs avec possibilité de mener de nouvelles investigations dans le but de valider des indicateurs.

Tableau 1 : Type de données et sites d'intervention sur les pêcheries récifo-lagonaires

Site	Espèces	Autre compartiment	Environnement	Pêche
Pacifique sud	Liste d'espèces taxonomie	non	non	non
Nouvelle-Calédonie	1 campagne par comptages visuels dans 6 sites (4 strates : frangeant, intermédiaire, barrières, pente externe))	non	oui	Oui (1 enquête par site)
Lagon sud ouest, NC	Réserve Aboré (93 – 95 – 2001) Îlots en réserve Baies anthropisées du Gd Nouméa	non	oui	Pêche de plaisance (enquêtes)
Province nord, NC	Suivi annuel 96,97,2000-04	non	oui	Enquêtes ponctuelles
Ouvea, NC	1 campagne 97	oui	oui	1 enquête 2000
Tiahura (Moorea), PF	15 ans de données, 2/an protocole BACIPS de suivi AMP	Benthos	oui	1 enquête auprès de la population 2002
Tikehau, PF	2 campagnes de comptages visuels 87, 2003	Typatoll( ?)	oui	Thèse Caillard et Morize : (84) 2 enquêtes auprès population : 2003
Typatoll, PF	Comparaison de 10 atolls des Tuamotu	oui	oui	Non (atolls non anthropisés)
Fidji-Tonga	1 campagne ponctuelle sur 12 sites (2002-2004)	non	oui	1 Enquête auprès de la population (2002-2003)

## INDICATEURS

- quels sont les indicateurs déjà étudiés, quantifiés ?

- quels étaient les objectifs ?

- comment sont-ils estimés (à partir de données directement ou de modèles ?)

### Estimateurs directs basés sur des observations

Des évaluations directes de la production halieutique ont été réalisées à partir d'enquêtes quantitatives et qualitatives auprès des pêcheurs à Ouvéa (2000), Tikehau (1983-87) et Moorea (1992, 2002).

Dans le même but, la consommation de poisson permet d'estimer indirectement la production halieutique, à partir d'enquêtes auprès des ménages. La méthodologie a été appliquée dans trois îles (Ouvéa, 2000 ; Moorea, 2002 ; Tikehau, 2003). Elle est relativement fiable et plus simple à mettre en œuvre qu'une étude directe des captures, et apporte des résultats comparables. Les estimations peuvent être rapportées à la surface du lagon afin d'estimer une productivité halieutique du milieu.

Un travail prospectif a également été accompli sur la réserve Aboré en Nouvelle-Calédonie, afin de définir des indicateurs écologiques des impacts des AMP sur la structure des communautés de poissons. Les données ont été collectées avant (1993) et après (1995) l'ouverture la réserve à la pêche. Des analyses par modélisation

linéaire (ANOVA et GLM) et régression PLS ont montré que la richesse spécifique (par groupe trophique, famille et groupe de taille) ainsi que la densité (en macrocarnivores, piscivores et herbivores ; et en Lethrinidae, Siganiidae et Acanthuridae) sont les variables les plus sensibles à la pêche dans la réserve.

Différents travaux d'analyse de données disponibles ont été réalisés afin de mettre en évidence des indicateurs d'impacts anthropiques ou naturels sur les habitats et les peuplements de poissons.

### Indicateurs indirects basés sur des modélisations, simulations

L'absence de série de données halieutiques limite pour l'instant les indicateurs susceptibles d'être proposés par modélisation de la dynamique des populations, d'autant que les connaissances biologiques sur les espèces cibles manquent souvent. Des tentatives d'application des modèles de biomasse ont toutefois été appliquées à Ouvéa et dans la Province nord en Nouvelle-Calédonie, ainsi qu'à Rangiroa et Moorea (PF). Les estimations peuvent être rapportées à la surface du lagon afin d'estimer une productivité biologique du milieu.

Les données écologiques sont plus fréquentes. Une série sur 15 ans existe (Moorea, Polynésie française) dont l'analyse des données multivariées (structure des peuplements) sur trois biotopes (frangeant, intermédiaire et pente externe) permet d'étudier l'agencement des espèces selon les groupes fonctionnels au cours du temps en fonction de perturbations naturelles (cyclone et blanchissement) et anthropiques (pêche, modification d'habitat). Des travaux de modélisation sont en cours de développement pour coupler la dynamique des ressources, de l'environnement et des usages.

### BILAN DES RESULTATS

La bibliographie des travaux effectués par l'UR est jointe en annexe.

Sur un site donné, l'évolution de la santé des communautés de poissons soumises à la pêche peut être suivie de trois manières (tableau 1) :

- 1) en évaluant en parallèle la productivité de la ressource et la production halieutique, pour juger si les prélèvements sont excessifs ;
- 2) en décrivant les captures elles-mêmes, directement ou indirectement ;
- 3) en analysant les effets de la pêche sur certaines caractéristiques bio-écologiques des communautés, qui pourraient montrer une trop forte pression de pêche.

Tableau 2. Suivi des pêcheries récifo-lagonaires

Champs d'investigation		Indicateurs potentiels	Difficultés méthodologiques	Origine des données
Productivité du milieu et production halieutique	Peuplements récifo-lagonaires + production	Biomasse et dynamique des espèces d'intérêt halieutiques. Niveau des captures par espèce. Indice d'exploitation ou de productivité par unité de surface.	Nombreuses espèces. Paramètres de croissance et recrutement mal connus et/ou fluctuants à court terme.	Comptages en plongée. Cf. ci-dessous pour les données de production halieutique. Cartographie.
Activités halieutiques	Evaluation directe : captures et effort	Composition spécifique. CPUE par engin et espèce. Tailles (structure, taille maximale...).	Absence générale de statistiques globales sur les pêcheries.	Choisir un groupe témoin : enquêtes ou fiches de pêche de quelques pêcheurs choisis.

	Evaluation indirecte : consommation + exportations de poissons	Paramètres socio-économiques, dont consommation par espèce à l'échelle du système (île, communauté) et par habitant. Niveau des exportations.	Variabilité des comportements alimentaires (notamment le niveau de consommation) liée en partie seulement à la disponibilité de la ressource.	Enquêtes socio-économiques. Suivi des points d'exportations.
Caractéristiques bio-écologiques, sensibles à la pêche, des populations ou des peuplements de poissons	Peuplements récifo-lagonaires	Abondance, diversité, niveaux trophiques, paramètres biologiques, taille (...) à l'échelle de la communauté, de groupes écologiques, d'espèces témoins...	Effets induits de la pêche +/- visibles et avérés selon les paramètres et l'échelle temporelle considérée. Points de référence +/- difficiles à établir.	Comptages en plongée, prélèvements (paramètres biologiques).

Tableau 3 : Indicateurs estimés

Références	Type d'indicateur	Effet	variables	données	Méthode
(1,18) Amand et al. 2004	écologiques	AMP	biomasse, richesse, densité/ Groupe fonctionnel	Aboré (Nouvelle-Calédonie)	PLS
(2) Bozec	assemblage	Habitat	Densité espèce chaetodon	Baies Nouméa	Co-inertie
(3, 14, 20, 31) Bozec et al., 2004	Spectre	AMP, anthropique	Niveau trophique de l'assemblage	Lagon sud ouest Nouvelle-Calédonie	descriptif
(4) Bozec et al., 2004	Ecopath	----	biomasse	Ouvéa	
(5) Bozec et Gascuel	Spectre	Perturbation d'écosystème	trophique		
(6) Ferraris et al., 2004	écologiques	AMP	Densité/groupe fonctionnel	Aboré NC	ANOVA, GLM
(7) Kulbicki et al., 2004	biodiversité	----	Richesse spécifique		
(8) Kulbicki et al. 2004	biodiversité	biogéographie	chaetodon	Pacifique sud	
(9) Léopold et al., 2004	Production halieutique	pêche	consommation	Ouvéa, NC	
Références	Type d'indicateur	Effet	variables	données	Méthode
(10) Pelletier et al., 2004	Ecologiques, socio et économiques	AMP	revue	Ecosystèmes récifaux	Revue des propriétés : pertinence et efficacité
(11, 36) Andréfouët et al.	Habitat –	Potentiel halieutique (bénitiers)	Images satellitaires	Fangatau, PF	
(12) Chabanet et al.	revue	Perturbation physique d'habitat	exemples d'indicateurs / niveaux d'échelle du système	pacifique	-----
(13) Clua et al.	revue	pêche	revue	Pêcheries récifales	-----

(15) Fichez et al.	revue	Apports anthropiques	revue	Ecosystèmes coralliens	
(16) Gascuel et al.	Spectre trophique				
(17, 29) Pelletier et al.	revue	pêche	revue		
(19) Badie & Ferraris	modélisation	Simulation d'effets	A définir	Perspectives	Réseaux bayésiens
(21, 34) Brenier et al.	assemblages	Naturels et anthropiques	Richesse et densité / groupes fonctionnels	Moorea, PF	AFM
(22) Ferraris et al.	Ecosystémiques	Naturels et anthropiques	Ressources / Environnement / Usages	Sites CoRéUs	-----
(23) Kulbicki et al.	Biodiversité	Local et global : taille île, distance, surface récif	Richesse / groupes fonctionnels	Pacifique insulaire	PLS
(24) Kulbicki et al.	Biodiversité	10 facteurs locaux et globaux	Richesse / groupes fonctionnels (trophique et taille)	Pacifique insulaire	PLS, GLM
(25, 27) Kulbicki et al.	Bio-masse/richeesse	Facteurs locaux et globaux	Biomasse, richesse et densité	Pacifique insulaire	GLM
(26) Kulbicki et al.	Ratios	AMP	Densité, bio-masse/groupe fonctionnels	Lagon sud ouest	Test Kruskal-Wallis
(30, 39) Poignonec et al.	halieutique	Perturbations anthropiques	Structure activités (pêche, consommation)	Nouvelle-Calédonie, Province nord	descriptif
(32) Cornuet	biodiversité	habitat	Richesse, images satellitaires	Koné, NC	
<b>Références</b>	<b>Type d'indicateur</b>	<b>Effet</b>	<b>variables</b>	<b>données</b>	<b>Méthode</b>
(33) Scopelitis	modélisation	Simulation de perturbations	A définir	Nouvelle-Calédonie	automates cellulaires
(35) Coll C.	Espèces cibles	pêche		Province nord, NC	
(37, 30 <sub>bis</sub> ) Lagadec	halieutique	pêche	consommation	Tikehau	descriptif
(38) Sanchez J	Groupes fonctionnels	habitat	Densité/ groupes	Lagon sud ouest , NC	ANOVA
(40) Yonger M.	halieutique	pêche	consommation	Moorea	descriptif

## Perspectives

Dans un contexte où le coût de collecte des données est souvent rédhibitoire, l'objectif est également de pouvoir modéliser les systèmes insulaires, de manière à forger un diagnostic d'exploitation à partir d'un jeu d'indicateurs. + validation des indicateurs ?

Trois projets de modélisation sont à l'étude :

- 1) Modélisation du système « pêche » (écologie, socio-économie, pêche) par approche bayésienne à partir des données de l'atoll de Tikehau, dans le but de définir des variables clés du système (indicateurs directs) et un indicateur global (issu du modèle) de l'état des ressources. L'idée est de réaliser un modèle transposable dans le Pacifique sud.
- 2) Démarche analogue sur la zone Voh-Koné-Pouembout en Nouvelle-Calédonie, avec un modèle de simulation faisant appel à des méthodologies non encore définies (automates temporisés, réseaux bayésiens ou réseaux de neurones).

- 3) Adaptation du modèle ISIS-Fish à une approche pluri-spécifique, permettant de tester différents scénarios de gestion des pêches sur la dynamique des ressources.

## Références bibliographiques

### *Papiers parus*

- 1) Amand M., Pelletier D., Ferraris J., Kulbicki M. 2004 A step toward the definition of ecological indicators of the impact of fishing on the fish assemblage of the Abore reef reserve (New Caledonia). *Aquatic Living Resource* 17 :139-149
- 2) Bozec Y.M., Dolédec S., Kulbicki M. Spatial patterns of butterflyfish assemblages (Chaetodontidae) in response to anthropogenic stresses on the fringing reefs of Nouméa, New Caledonia – (soumis Novembre 2003 *J.Fish Biology*) accepté aout 2004
- 3) Bozec Y.M., Ferraris J., Gascuel D., Kulbicki M. 2004 The trophic structure of coral reef fish assemblages : "trophic spectrum" as indicator of human disturbances. *J.Rech.Océan.* 28 (1-2) : 15-20
- 4) Bozec Y.M., Gascuel D., Kulbicki M. 2004 Trophic model of the lagoonal food web in a large open atoll (Uvea – New Caledonia). *Aquatic Living Resources* : 17 :151-162
- 5) Bozec Y.-M., Gascuel D. 2004 Trophic signature of coral reef fish assemblages : towards a potential indicator of ecosystem disturbance. *Aquatic Living Resources*. Accepté, en révision.
- 6) Ferraris J., Pelletier D. , Kulbicki M., C. Chauvet 2004. – Assessment of the impact of marine reserve on demersal and benthic fish communities. *MEPS* (sous presse)
- 7) Kulbicki M., Bozec Y.M. Use of Butterflyfish (Chaetodontidae) species richness as a proxy to total species richness of reef fish assemblages in the Western and Central Pacific. *Aquatic Conservation* (envoyé le 19/05/2003)- accepté aout 2004
- 8) Kulbicki M., Bozec Y.M., Green A. Implications of Biogeography in the use of Butterflyfishes (Chaetodontidae) as indicators for Western and Central Pacific areas. *Aquatic Conservation* (envoyé le 12/05/2003)- accepté aout 2004
- 9) Léopold M., J. Ferraris et P. Labrosse (2004). Evaluation de la production halieutique insulaire par la consommation de produits de la mer: exemple de l'atoll d'Ouvéa (Nouvelle-Calédonie). *Aquatic Living Resource*.s17, 119-127.
- 10) Pelletier D., Garcia-Charton J.A., Ferraris J., David G., Thébaud O., Letourneur Y., Claudet J., Amand M., Kulbicki M., Galzin R. Designing indicators for evaluating the effects of Marine Protected Areas on coral reef ecosystems: a multidisciplinary standpoint. *Aquatic Living Resource* (accepté)

### Papiers soumis

- 11) Andréfouët S., Gilbert A., Yan L., Remoissenet G., Payri C., and Chancerelle Y. (submitted), The remarkable population size of the endangered clam *Tridacna maxima* assessed in Fangatau atoll (Eastern Tuamotu, French Polynesia) using *in situ* and remote sensing data. *ICES Journal of Marine Science*
- 12) Chabanet P., Adjeroud M., Andréfouët S., Bozec Y.M., Ferraris J., Garcia-Charton J. & Shrimm M. Human-induced physical disturbances and indicators on coral reef habitats: a hierarchical approach. *Aquatic Living Resources* (soumis).
- 13) Clua E., Beliaeff B, Chauvet C, David G., Ferraris J., Kronen M., Kulbicki M., Labrosse, Léopold M., Letourneur Y., Pelletier D., Thébaud O. Multidisciplinary indicators panels for assessing coral reef fisheries. Soumis à Aquatic Living resources
- 14) Bozec Y.M., Gascuel D., Kulbicki M. Effective trophic levels and the community structure of coral reef fishes : what perspectives for ecosystem indicators ? soumis à *Aquatic Living Resource* (nov. 2003)
- 15) Fichez R., Adjeroud M., Beliaeff B., Bozec Y.M., Breaux L., Chancerelle Y., Chevillon C., Frouin P., Kulbicki M., Moreton B., Payri C., Perez T., Sasal P., Thébaud J. Selected indicators of anthropogenic inputs of particles, nutrients and metals in coral reef lagoon systems. Soumis *Aquatic Living Resources* (le 02/05/2004)
- 16) Gascuel D., Y.-M. Bozec, E. Chassot, A. Colomb, M. Laurans. Trophic spectra: a new ecosystem indicator. Theoretical meaning and practical application. *ICES Journal of Marine Science*. Soumis.
- 17) Pelletier D., L. Benedetti-Secchi, J. Garcia-Charton, J. Ferraris, J. Claudet, P. Cury, M. Amand (en révision) Ecological indicators for evaluating the performance of Marine Protected Areas: Current status and perspectives. Quantitative indicators for fisheries management – SCOR Group, Paris, Mars 2004 *Quantitative ecosystem indicators for fisheries management. Paris 31/03 – 03/04/2004*. Abst. p 61 (soumis ICES)

### Posters

- 18) Amand M., Pelletier D., Ferraris J., Kulbicki M. 2004 Ecosystemic indicators for monitoring marine reserve performance : the case of the Abore Reef (New Caledonia). *Quantitative ecosystem indicators for fisheries management. Paris 31/03 – 03/04/2004*. Abst. p 41 - poster

- 19) Badie M. and Ferraris J. (2004) Validation of Indicators on Island Marine Resources by Bayesian Network Quantitative indicators for fisheries management – *Quantitative ecosystem indicators for fisheries management. Paris 31/03 – 03/04/2004*. Abst. p 80.- poster
- 20) Bozec Y.M., Kulbicki M., Chassot E., Colomb A., Laurans M., Gascuel D. 2004 using trophic spectra to identify habitat related trophic signatures of coral reef fish assemblages. *Quantitative ecosystem indicators for fisheries management. Paris 31/03 – 03/04/2004*. Abst. p 47- poster
- 21) Brenier A. Galzin G. and Ferraris J. (2004) Temporal variability in the functional structure of three reef fish assemblages from Moorea, French Polynesia. 10th 10<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Japon (abstract).
- 22) Ferraris J., Labrosse P., Kulbicki M., Galzin R. 2004 Ecosystem approach of coral reef communities and of their uses in the South Pacific islands. . *Quantitative ecosystem indicators for fisheries management. Paris 31/03 – 03/04/2004*. Abst. p51 / *Fourth World Fisheries Congress Vancouver May 2-6 2004*. Abs. p. 321
- 23) Kulbicki M., Andréfouët S., Clua E., Galzin R., Green A., Labrosse P., Mou Tham G., Sauni S., Vigliola L., Wantiez L. 2004 New insights on the role of regional factors in the geographical distribution of reef fish diversity across the Pacific Ocean. *10th Intern. Coral Reef Sympos. Okinawa. Abs. p. 374b* - poster
- 24) Kulbicki M., Andréfouët S., Chabanet P., Clua E., Ferraris J., Galzin R., Green A., Kronen M., Labrosse P., Mou Tham G., Sauni S., Vigliola L., Wantiez L 2004 Interactions between regional and local factors in determining the local diversity of reef fishes in the Pacific. *10th Intern. Coral Reef Sympos. Okinawa. Abs. p. 374a* - poster
- 25) Kulbicki M., Andréfouët S., Chabanet P., Clua E., Ferraris J., Galzin R., Green A., Kronen M., Labrosse P., Mou Tham G., Sauni S., Vigliola L., Wantiez L. 2004 Relationships between local diversity, biomass and density according to regional and local factors for Pacific Ocean reef fishes *10th Intern. Coral Reef Sympos. Okinawa. Abs. p. 373* - poster
- 26) Kulbicki M., Amand M., Bozec Y.M. 2004 Effectiveness of a range of ecosystemic indicators to test the effects of fishing on highly diverse coral reef fish communities : case study in New Caledonia.. *Quantitative ecosystem indicators for fisheries management. Paris 31/03 – 03/04/2004*. Abst. p 94
- 27) Kulbicki M., Bozec Y.M., Ferraris J., Vigliola L., Wantiez L. 2004 Species richness-biomass relationships as potential indicators of changes due to fishing in coral reef ecosystems. . *Quantitative ecosystem indicators for fisheries management. Paris 31/03 – 03/04/2004*. Abst. p 57
- 28) Lison de Loma L., Mellin C, Brenier A, Ferraris J. et Galzin R. Peuplements de poissons récifaux sur les atolls et les îles hautes de Polynésie Française : caractéristiques structurales, géomorphologie récifale et pression de pêche. *Assises de la recherche française dans le Pacifique, Nouméa, aout 2004*. – poster –
- 29) Pelletier D., J. Ferraris, M. Amand. Evaluating the impact of MPA status on fish assemblages: a holistic approach based on statistical models. *Fourth World Fisheries Congress Vancouver May 2-6 2004*. Abs.
- 30) Poignonec D., Ferraris J. Labrosse P. and Fontenelle G. (2004) Toward an ecosystem approach for integrating modifications on coral reef fisheries resources in New Caledonia impacted by mining activities. *World Fisheries Congress, May, Vancouver (abstract accepted)*
- 30<sup>bis</sup>) Lagadec X. & Mahiota N. 2003 Le système Pêche de l'Atoll de Tikehau / Tere Raa Ohipa Ravaai i Tikehau. *Sciences en Fêtes, Polynésie française*.

#### Rapports de stage, de mission

- 31) Bozec Y.-M., J. Ferraris, D. Gascuel, M. Kulbicki (2002) Trophic spectrum as indicator of changes in the trophic structure of coral reef fish assemblages. *Workshop Cape Town : Comparison of marine ecosystems. Ecopath calibration exercise. Rapport AFC "indicateurs écosystémiques"*.
- 32) CORNUET Nathaniel : DAA ENSAR – mars à septembre 2004 – Evaluation des relations entre richesse spécifique et caractéristiques de l'habitat en milieu corallien : analyse de l'effet hétérogénéité du milieu
- 33) SCOPELITIS (2004) Evolution de systèmes récifo-lagonaires soumis à une augmentation de la pression halieutique: essais de modélisation à événements discrets. Rapport DAA ENSAR, Spécialisation halieutique.
- 34) BRENIER A., 2003 :Variabilité temporelle de l'organisation de trois peuplements de poissons récifaux (Tiahura, Moorea, Polynésie française). Rapport de DEA Paris VI: 31 pages et 9 annexes.
- 35) COLL C., 2003. Proposition d'indicateurs de la pression de pêche chez les poissons récifaux. Application à la partie lagonaire de la zone d'influence d'un projet minier en Province Nord de la Nouvelle-Calédonie. DEA « Exploitation Durables des Ecosystèmes Littoraux de l'Université de La Rochelle.50 p. + annexes.
- 36) GILBERT A., 2003. Estimation de stock de bénéficiers dans l'atoll de Fangatau (Polynésie française). ENSAR.
- 37) LAGADEC X., 2003. Etude de l'évolution halieutique d'un atoll de polynésie française. Description du système pêche de l'atoll de Tikehau par le biais d'enquêtes de consommation, évolution sur vingt ans. Rapport de DAA, ENSAR. 47 p + 17 annexes.
- 38) Sanchez J., 2002 : DEA Aix-Marseille II « Typologie des peuplements de poissons récifaux : recherche d'indicateurs écosystémiques »
- 39) Poignonec D., 2002: DAA ENSAR-Halieutique « Proposition d'une démarche pour le développement d'indicateurs de suivi de l'état des ressources récifo-lagonaires et de leurs usages ». 45 p. + annexes
- 40) Yonger M., 2002: DAA-Halieutique « Etude de la pression de pêche de subsistence et commerciale de l'île de Moera (Polynésie française) par enquête de consommation ».

## FICHE DE PRESENTATION DES INDICATEURS POUR LES ECOSYSTEMES HAUTURIERS

### ECOSYSTEME

- *la zone géographique*

Ecosystèmes de haute mer : Atlantique tropical est & Océan Indien tropical ouest

- *fonctionnement (espèces, processus clés)*

Thons tropicaux (albacore, listao, patudo), espadon, requins, espèces associées aux thons autour des objets flottants via les programmes observateurs, oiseaux marins.

Processus : recrutement, capturabilité

- *exploitation (pêcheries, retracer bref historique, niveau d'exploitation actuel)*

Dans l'Atlantique tropical, hormis les activités de pêche artisanale très côtières qui existent de longue date, mais avec des niveaux de capture très modestes, l'exploitation des thonidés tropicaux (albacore, listao, patudo) a commencé au début des années 50 avec les ligneurs et les canneurs bretons, basques et espagnols le long de la côte nord-ouest africaine. Très rapidement sont arrivés les canneurs asiatiques, puis les premiers palangriers japonais à partir de 1957. La pêche à la senne apparaît au milieu des années 60, puis s'est rapidement développée pour devenir l'engin de pêche majeur en terme de production (55% des prises). L'un des changements majeurs intervenus dans cette pêcherie a été l'introduction de la pêche sous DCP (dispositifs de concentration de poissons) dérivants artificiels au début des années 90. Les flottilles de canneurs sont toujours actives au Ghana, au Sénégal, dans les archipels (Acores, Madère, Canaries, Cap vert), au Venezuela, au Brésil. La production totale de thons tropicaux en 2003 était de 355 000 t, dont 194 000 t à la senne, 69 000 t à la palangre et 80 000 t à la canne (le reste étant constitué d'engins artisanaux).

Dans l'Océan Indien, de nombreux engins sont utilisés pour capturer les thons : filets maillants, traîne, canne avec appât vivant, mis en œuvre par des pêcheurs artisans ; palangre et senne, déployés par les flottilles à plus grand rayon d'action. La pêche artisanale a une longue histoire dans cet océan. Sa production est particulièrement importante puisqu'elle représente plus de 50% des prises totales de thons (qui étaient de l'ordre de 1 000 000 t en 2002). Alors que les pêcheries artisanales ont existé de tout temps, la pêche palangrière industrielle a débuté en 1952 dans l'est de l'océan pour peu à peu gagner l'ensemble de l'océan en 1956. La production actuelle est de 260 000 t. La senne a été introduite en 1979. Elle a suivi un rapide développement (200 000 t en 1987) pour atteindre 450 000 t en 2002. Tout comme en Atlantique, l'introduction des DCP dérivants a profondément modifié le panorama de l'exploitation (nouvelles tactiques de pêche, accroissement de la proportion de thons juvéniles dans les captures).

		Atlantique		Indien		
Listao	Production	147	000	t	600	000 t
	Tendance	Stable		Croissance		
	Diagnostic	Localement surexploité		Bonne condition		
Albacore	Production	123	000	t	300	000 t
	Tendance	Stable		Stable		
	Diagnostic	Pleine exploitation		Légère surexploitation		
Patudo	Production	85	000	t	130	000 t
	Tendance	En		Baisse	En baisse	
	Diagnostic	Pleine exploitation		Pleine exploitation		



- mesures de gestion principales

	Atlantique	Indien
Listao	Aucune	Aucune
Albacore	Limitation de l'effort effectif à son niveau de 1992 Taille limite à 3.2 kg (jamais appliqué)	Recommandations des scientifiques pour la mise en œuvre d'un moratoire sur les objets flottants et pour le gel de l'effort de pêche
Patudo	Moratoire sur objets flottants Taille limite à 3.2 kg (jamais appliqué) Moratoire sur objets flottants Quotas par engin	Recommandations des scientifiques pour réduire les captures des senneurs sous objets flottants et les captures des palangriers

## DONNEES DISPONIBLES

Préciser la strate spatio-temporelle pour chaque type de données.

- séries de données concernant les espèces exploitées (campagnes scientifiques, données commerciales)

a) recueillies par les équipes de l'IRD : flottille européenne (France + Espagne) de thoniers senneurs

Les données originelles sont détaillées par opération de pêche (position, ventilation des captures par espèce et catégorie de poids, type de capture –objet flottant ou banc libre, temps de pêche). Ce niveau de précision est cependant soumis à des restrictions d'accès pour préserver la confidentialité des informations

Ces statistiques de pêche sont ensuite agrégées par strate de 1 degré de latitude-longitude et par quinzaine. Ce niveau de précision est accessible à la communauté scientifique.

b) diffusées par les organisations régionales de pêche (CTOI, ICCAT)

Les données de pêche artisanale ne sont pas spatialisées (somme des captures par pays et par engin)

Les statistiques des flottilles palangrières asiatiques ne sont disponibles qu'au niveau 5° de latitude-longitude et mois (il s'agit pour l'essentiel des données japonaises, coréennes et taiwanaises). Des données détaillées peuvent être disponibles à condition d'impliquer les scientifiques détenteurs des données dans les publications.

- données sur les autres compartiments trophiques

Régimes alimentaires des prédateurs supérieurs : thons, espadons, marlins, voiliers, requins, poissons lanciers, oiseaux marins (frégates, fous). Date et position sont assignées à chaque estomac prélevé (env. 1000 estomacs dans l'Atlantique équatorial, 1100 estomacs dans l'Indien occidental)

Relations morphométriques d'espèces proies (crustacés, céphalopodes, poissons)

Rapports d'isotopes stables (N<sup>15</sup> et C<sup>13</sup>) sur des organismes zooplanctoniques, sur des espèces proies (épi- et mésopélagiques) et sur les prédateurs.

- séries de données environnementales

Imagerie satellitale de température de surface (AVHRR NOAA sur l'Indien, METEOSAT sur l'Atlantique), de couleur de l'eau (CZCS 1979-86 et SeaWifs 1997-2004) et d'anomalies du niveau de la mer (depuis 1992, par pas de 10 jours)

Champs de tension de vent sur l'ensemble du bassin, par strates de 1° lat-lon / mois.

Station côtière de température de surface à La Réunion (depuis 1994)

Pression atmosphérique mesurées dans les stations météo de la côte ouest africaine, et sur le pourtour de l'Océan Indien ; un indice d'oscillation atmosphérique propre à l'Indien a été établi (IOI) en adoptant le même principe que celui de l'oscillation australe (SOI)

Observations océanographiques (stations hydrologiques, profils de température) depuis le début du XXe siècle

Sorties de modèles de circulation (OPA), résolution 1/3 de degré – semaine et sorties de modèles couplés de bio-géochimie (pour restituer les champs de sels nutritifs et de production primaire).

## INDICATEURS

- *quels sont les indicateurs déjà étudiés, quantifiés ?*

a) à partir des livres de bord, de mesures spécialisées et de prélèvements biologiques

superficie de l'exploitation (par pas de temps)

captures totales et structurées en taille

prises par unité d'effort (PUE) standardisées

taille et poids moyens

prises moyennes par calée (senneurs)

proportion des captures sous objets flottants

Indice Gonado-Somatique

Facteurs de condition : périmètre thoracique, relation taille-poids

Indices de stratégie alimentaire (Costello) et de recouvrement de régimes alimentaires (Morisita et Horn)

Sex ratio par taille

Isotopes stables pour estimation des niveaux trophiques dans une optique de caractérisation fonctionnelle de l'écosystème (fixation d'individus et modification du comportement migratoire et/ou de la croissance)

b) à partir de modèles

Indice de Grainger et Garcia modifié

PUE, PME, Fopt, capturabilité par âge, tendance de q

- *quels étaient les objectifs ?*

Evaluation de l'état des stocks

Quantification de l'effets des tactiques et stratégies de pêche sur l'estimation de l'effort effectif (senneurs)

- *comment sont-ils estimés (à partir de données directement ou de modèles ?)*

Données (échantillonnage au débarquement, prélèvements spécifiques) et modèles (dynamique de populations)

## BILAN DES RESULTATS

- *résultats principaux obtenus sur l'étude des indicateurs*

Aide à la définition de points de référence biologiques

- *liste de références bibliographiques correspondantes*

MARSAC, F. and J-L. LE BLANC, 1998. Interannual and ENSO-associated variability of the coupled ocean-atmosphere system with possible impacts on the yellowfin tuna fisheries of the Indian and Atlantic oceans. *In* : J.S. Beckett (Ed). ICCAT Tuna Symposium. Coll. Vol. Sci. Pap., L(1) : 345-377.

MARSAC, F., A. FONTENEAU and F. MENARD, 2000. Drifting FADs used in tuna fisheries : an ecological trap ? *In* : Le Gall J-Y., P. Cayré, M. Taquet (eds). Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons, Ed. Ifremer, Actes Colloq., 2000, 28 :537-552.

GAERTNER, D., FONTENEAU, A., LALOE, F. (2001) Approximate estimate of the maximum sustainable yield from catch data without detailed effort information: Application to tuna fisheries. *Aquat. Living Resource.*, **14**, 1-9.

FONTENEAU, A., PALLARES, P., SIBERT, J., SUZUKI, Z. (2002).. Effect of tuna fisheries on tuna resources and on offshore pelagic ecosystems. *In Ocean Yearbook*, E. M. Borgese, A. Chircop, and M. McConnell (eds), **16**, pp 142-170.

WEIMERSKIRCH, H., M. LE CORRE, M. JAQUEMET, M. POTIER and F. MARSAC, 2004. Foraging strategy of a top predator in tropical waters: great frigatebirds in the Mozambique Channel. *Marine Ecology Progress Series* **275** : 297-308

POTIER, M., F. MARSAC, V. LUCAS, R. SABATIE, J-P HALLIER and F. MENARD, 2004. Feeding partitioning among tuna taken in surface and mid-water layers: the case of yellowfin (*Thunnus albacares*) and bigeye (*Thunnus obesus*) in the Western tropical Indian Ocean. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, **3(1)** : 51-62.

Et les rapports des groupes de travail par espèce de la CTOI et de l'ICCAT

- *problèmes rencontrés, restants à résoudre*

Suivi sur le long terme, adaptation à l'évolution de la pêche

Identification de variables simples et que l'on pourrait suivre sur du long terme à un coût raisonnable.

- *perspectives*

Validation d'un modèle écosystème : le modèle produit des indicateurs que l'on compare à ceux tirés des données observées.

Utilisation des isotopes comme indicateurs de niveaux trophiques pour estimer des pentes de spectre de communautés non soumises à la pêche (méthode de Jennings).

Spectre de taille spatialisé (et par pas de temps) à partir de modèle et en fonction de la production primaire SeaWifs

Superficie de hot spots de chlorophylle de surface SeaWifs

# QUESTIONNAIRE on INDICATORS

## Benguela Current Ecosystem (South Africa and Namibia)

### ECOSYSTEM

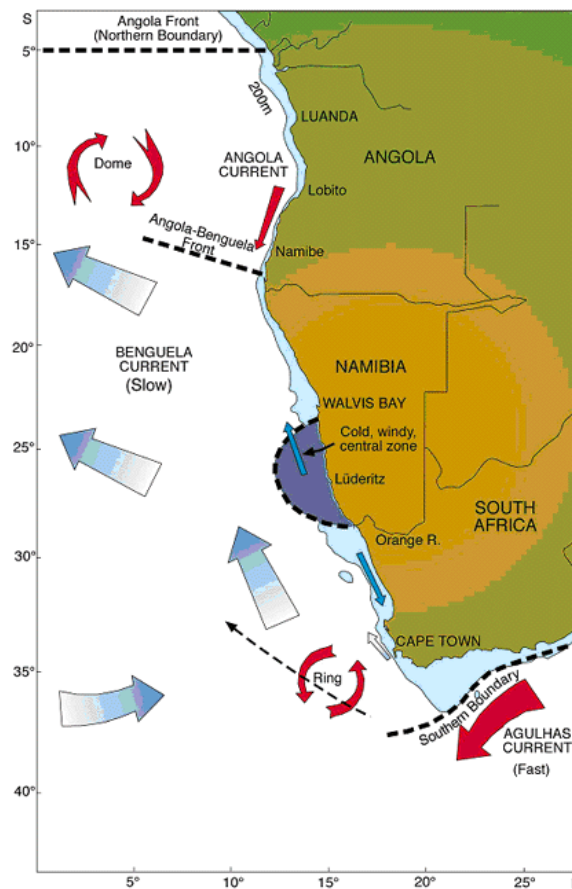
#### 1- The geographical area

Northern and southern sub-systems separated by the permanent upwelling cell at Lüderitz (26°S).

Southern Benguela: From Lüderitz to around East London on the Agulhas Bank on the South Coast

Northern Benguela: Angola-Benguela front (usually located between 14°S and 16°S; Meeuwis and Lutjeharms 1990) to the Lüderitz upwelling cell

Note: Conventional divide between Northern and Southern Benguela sub-systems is taken to be the Namibian-South African border at the Orange River Mouth (~29°S) to East London



#### 2- functioning (species, key processes)

Pecquerie et al. 2004: "The Benguela current is one the world's four major eastern-boundary current systems, along with the Humboldt Current off Peru and Chile, the Californian Current off the west coast of USA and the Canary Current off North-West Africa. In all these systems, large populations of pelagic and demersal fish are supported by strong coastal upwelling and intense plankton production. However, in contrast to the other upwelling systems, the southern part of the Benguela current is influenced by the warm water of the Agulhas current, which flows and meanders along the Agulhas Bank, invades part of the Bank and is partly retroflected along the west Coast of South Africa through mesoscale processes."

Main trophic groups include small pelagic fish (sardine, anchovy, round herring (SA), goby (Nam)), Cape hakes, horse mackerel, large pelagics (snoek, other line fish), seals, seabirds

NB : Large differences between current functioning of southern versus northern systems.

The recruitment of small pelagic fish is highly variable and condition the abundance of adult populations. Recruitment success may depend on enrichment, concentration and retention processes (the fundamental triad, Bakun 1995) which can be related to wind speed (Cury and Roy 1989).

### *3- exploitation (fisheries, brief history, current level of exploitation)*

The northern and southern Benguela (n-Benguela and s-Benguela) are dynamic and comparable upwelling systems in which the fisheries target the same demersal (hakes) or pelagic fish species (sardine, anchovy and horse mackerel). However, the two ecosystems have followed very different trajectories since the 1950s in term of their composition, structure and dynamics (Fig. 1). A regime shift was documented in the n-Benguela (Boyer *et al.*, 2001) as a result of overexploitation, whereas the s-Benguela exhibits variability that appears to be within natural limits (Cury and Shannon, 2004).

The detailed recent history is reflected in the time series of catches (Fig. 2a) and resulted in sequential exploitation and depletion of the three main stocks in the n-Benguela fisheries (sardine, anchovy and hake). Few management measures could be implemented effectively in the area until Namibia's independence and proclamation of a 200 nautical mile EEZ in 1990. Since independence, hake catches recovered only modestly, sardine catches remained insignificant and, while slowly declining since the late 1980s, horse mackerel has dominated the total biomass landed since the late 1970s.

In the s-Benguela, a bottom trawl fishery targeting hakes was already established before 1950. Hake catches slowly increased from around 50 000 to 140 000 tonnes between 1950 and 1977/1978 when the 200 nautical mile EEZ was proclaimed in South Africa. Since then the catches have remained approximately stable. Horse mackerel has never dominated the catches in s-Benguela, whereas sardines represented the bulk of the landed biomass until 1965, thereafter replaced by anchovy until the mid 1990s. In recent years, landings of both sardines and anchovy have been increasing.

In the n-Benguela, total catches have steadily decreased from a peak in 1968 of more than 2 million tonnes to around 0.5 million tonnes in the late 1990s. In contrast, catches in the s-Benguela show fluctuations (around 0.5 million tonnes) but no clear trend from the early 1960s to present (Fig. 2a). Catches in the s-Benguela have been carefully managed, for example annual pelagic fish catches have been maintained well below 25% of estimated annual biomass levels since the early 1990s (unpublished data, Marine and Coastal Management).

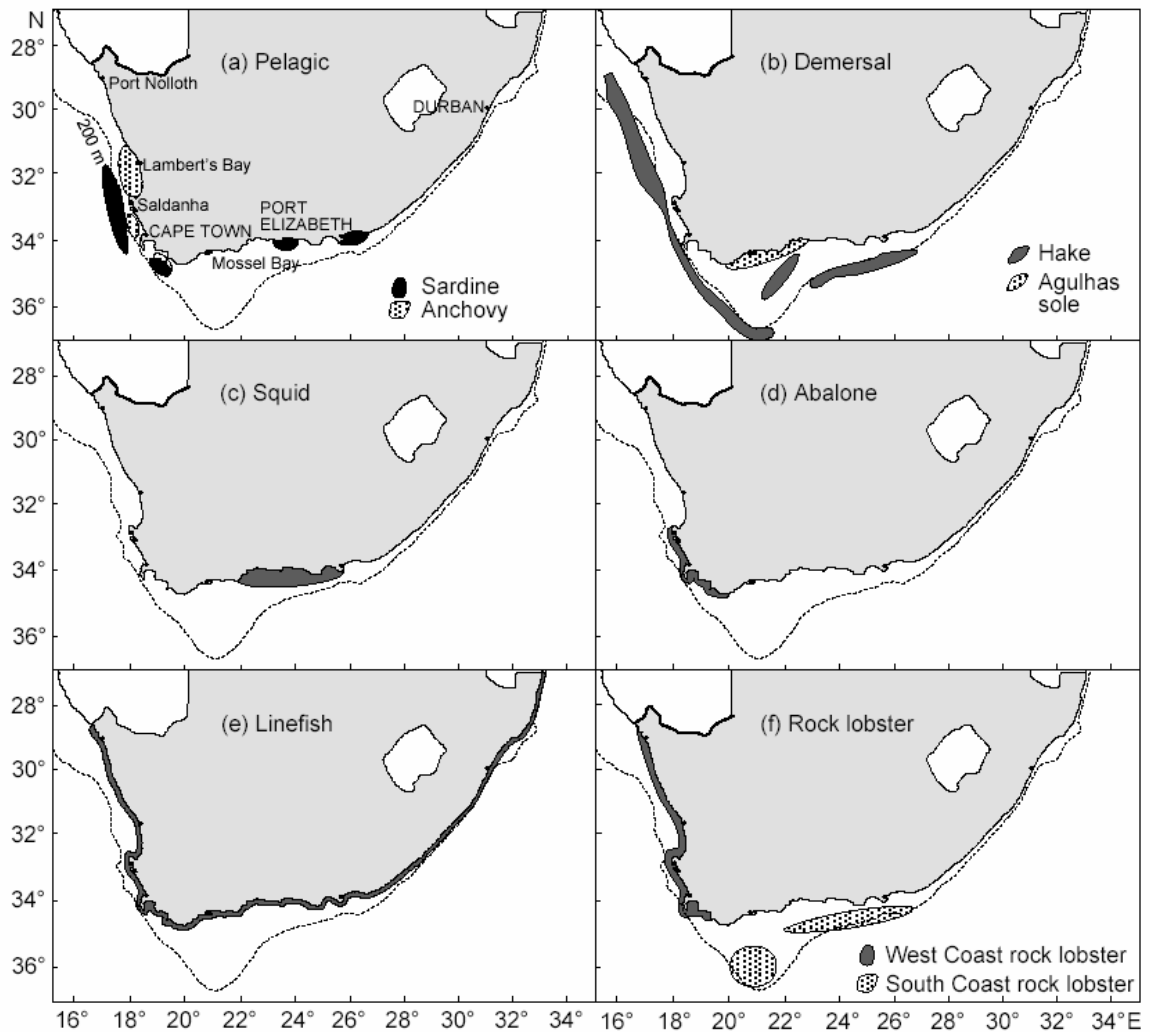


Fig. 3: The fishing grounds for the major fisheries and resources in the southern Benguela

#### 4- main management measures

From Cochrane et al. 2004 (South Africa)

- Input (effort) and output (catch) controls are the mainstay of modern fisheries management. Catch controls have been widely applied in commercial fisheries and are the basic management measure for most of South Africa's more important commercial species (anchovy, sardine, hakes, squid). An advantage of catch control is that, if properly determined and enforced, they directly affect the fishing mortality on the target species. In an ecosystem context, they can be effective if complemented with bycatch controls.
- Areas and time controls have long been used for purposes such as reducing mortality on species during vulnerable life stages, reducing by-catch and protecting critical habitats. For example, bays along the South Coast have been closed to trawling, and a one-month closed season has been introduced for chokka squid *Loligo vulgaris reynaudii* fishing at peak spawning.
- In recent years, largely within the movement towards EAF, there has been greater emphasis on Marine Protected Areas (MPAs). South Africa has designated 21 MPAs, covering most coastal habitats and 19% of the coastline, but very little of the continental shelf beyond the 100-m isobath. The first of these came into effect in 1964. New MPAs were added over the years, and four large MPAs were created in 2004. By default, all South African MPAs are "no-take", although certain fishing activities may be allowed in them under permit. In practice, this is achieved by zoning. Whereas some MPAs are entirely no-take, almost half are zoned to accommodate some types of fishing.
- South Africa : Operational Management Plans in place for sardine, anchovy and also for hake.

- The South African Department of Environmental Affairs and Tourism has gone to great lengths and expense to implement a system of access rights across the fisheries sector.

Namibia : **to be completed (see later with Lynne Shannon)**

## AVAILABLE DATA

*Please precise the spatio-temporal stratum for each type of data.*

### *5- data series of exploited populations (scientific surveys, commercial data)*

Anchovy and sardine spawner and recruit biomass estimates and purse seine catches are available from 1984 onwards.

Annual catches of chokka squid by the jig fishery are available from 1983-1996 (Roel 1998, Roel *et al.* 1998), and continue to be updated (J. Glazer, MCM, pers. comm.). Chokka squid are also caught as bycatch in the South coast demersal trawl fishery - catches are given in Roel (1998) and have been updated by J. Glazer (MCM, pers. comm.). Some biomass indices are available for chokka squid in demersal research surveys conducted between 1988 and 1997 [and more recently??] using swept-area estimates. However, this series is discontinuous and surveys are unlikely to provide full coverage of the ranges and depths over which squid occur.

Biomass indices for horse mackerel are available for some years from demersal surveys using swept-area estimate, although interannual variability in these estimates is large because large horse mackerel range vertically and are not always available to bottom trawl gear. Juvenile horse mackerel are caught the purse seine fishery, larger, adult horse mackerel in the midwater and demersal trawl fisheries. Pelagic and demersal catches of horse mackerel are available from 1950 onwards (unpublished catch records, MCM).

Biomass indices from demersal trawl surveys undertaken on the West and South coasts (over depths up to 500m) are available for *M. capensis* from 1985-1997, excluding 1988 and 1989, and for *M. paradoxus* from 1985-1999, excluding 1988, 1989 and 1998. + RECENT YEARS? Model estimates of exploitable hake biomass are also available from 1917 onwards (R. Rademeyer, University of Cape Town, pers. comm., method described in Rademeyer 2003). Catch data are available for West coast offshore trawls and for South coast offshore trawls (both fisheries catch large *M. capensis*, and both small and large *M. paradoxus*), South coast inshore trawls (catching small and large *M. capensis*), West coast long lines (catching large *M. capensis* and large *M. paradoxus*), South coast long lines (catching large *M. capensis*) and South coast hand lines (catching large *M. capensis*).

Large pelagic fish are targeted by the line fishery. Catches of snoek are available (handline catches from 1950 onwards and catches of snoek in trawls from 1972 onwards, for both South Africa and Namibia).

Note : Laurent Drapeau's GIS represents these data in a spatialized format.

### *6- data on other trophic compartments*

The longest and most continuous of the available South African and Namibian seabird series are those of the Cape gannet (*Morus capensis*) and African penguin (*Spheniscus demersus*). Gannet data is recorded as area occupied by breeders and is available in 1956 and for many years from 1978-1997 (R. Crawford, MCM, pers. comm.). Cape gannets are pelagic feeders that are strongly affected by fluctuations in anchovy (e.g. Crawford and Dyer 1995). Pairs of penguins breeding is available for 1956, and for many years from 1976 onwards. For both gannets and penguins, these data are spatialized (available by breeding colony, Namibian and South African sites).

Counts of seal pups are available at Namibian and South African localities (i.e. spatialized data) for several, although not continuous, years (J. David, previously MCM, pers. comm., updated by Mike Meyer, MCM, unpublished data). Pups were counted from aerial photographs taken in December of the following years 1979, 1982, 1985, 1988, 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 2001 and 2003.

There is some zooplankton data available, although this is for a small region only (St Helena Bay area). (Verheye and Richardson, and Verheye *et al.* papers : showing size composition changes in the 1950s compared to recent decades).

(Eric Machu) : Pour les données in situ de zooplancton et de phytoplancton, il y a les profils acquis lors des campagnes acoustiques de recrutement et de pré-recrutement depuis 1988 (2 par an). Les données concernent une vingtaine d'espèces de zooplancton, les stades de nauplii jusqu'à adulte sont différenciés pour deux espèces uniquement, *Calanoides carinatus* et *Calanus agulhensis*. A noter aussi la SHBML (St Helena Bay Monitoring Line) qui a lieu depuis 2000 tous les mois. A vérifier : données de phytoplancton sont accessibles mais resteraient encore à enregistrer les données de zooplancton (cf Larry Hutchings et Hans Verheye).

En ce qui concerne les sorties du modèle PlumeBio (couplage du modèle hydrodynamique développé par P. Penven et d'un modèle NPZD, réalisé par E. Machu), il y a un run annuel climatologique avec T, S, courants, chlorophylle, zooplancton et une simulation interannuelle sur les années 1991-1998 (sans phyto ni zoo).

SARP ne concernent que des données de surface.

#### 7- environmental data series

- Données satellitales à moyenne résolution (type 5km) sur zone Benguela au sens large (5S-40S) (corresp. Hervé Demarcq) :

- SST METEOSAT (1990 à début 2004, fin de la série)

- couleur de l'eau SeaWiFS (chloro de surface + chloro intégrée en 3D, travail en cours), d'Octobre 1997 à Avril 2004 (mise à jour tous les 3 à 6 mois).

- Pour la chlorophylle, il existe aussi une base de profils verticaux (fluorimétrie) sur la zone couverte par les campagnes bi-annuelles et plus spécifiquement pour St Helena Bay.

- Données in situ verticales de température, salinité, parfois oxygène, associées à toutes les campagnes biologiques sud-africaines recensées dans Pecquerie et al. (2004), plus certaines campagnes physiques spécifiques. A cela se rajoutent les radiales de la ligne SARP (face à Komejje) et à St Hélène.

Egalement, quelques bouées, souvent hors plateau continental.

## INDICATORS

### 8- Which indicators have been investigated, quantified ?

#### 8.1) Trophodynamic indicators

For Namibia and South Africa: FiB (1950-2003), TL of catch (1950-2003), ratio of pelagic/demersal fish in catch (1950-2003) (and biomass ratios for South Africa as well, 1978-2000), Mixed Trophic Impacts (from static models, 1980s and 1990s, both systems), Predation mortality (static models), Primary Production Required to support catches (from static models, both systems).

#### 8.2) Size-based, species-based indicators

For South Africa, a range of population and ecosystem indicators based on fish size have been investigated for the 1990s, using Osmose simulations. They encompass mean and maximum fish size of populations and community, size spectra, diversity size spectra, Shannon index, the W-statistic.



### 8.3) Spatialised ecosystem indicators

index of spatial biodiversity, spatial overlap index, ratio of the fished area and distribution area per species, exploited fraction of the ecosystem surface, total catch per exploited area, mean bottom depth of catches, mean distance of catches from the coast.

#### 9- *For which objectives ?*

- To track/identify changes in the structure and functioning of the ecosystems (note : changes in structure (composition of assemblages) do not necessarily correspond to changes in the way in which the ecosystem is functioning).
- To quantify spatial interactions between fish, top predators, and fisheries for characterising ecosystems, their level of exploitation and their health.
- To compare the sensitivities of different types of indicators, to define reference directions of variation of indicators due to fishing pressure.

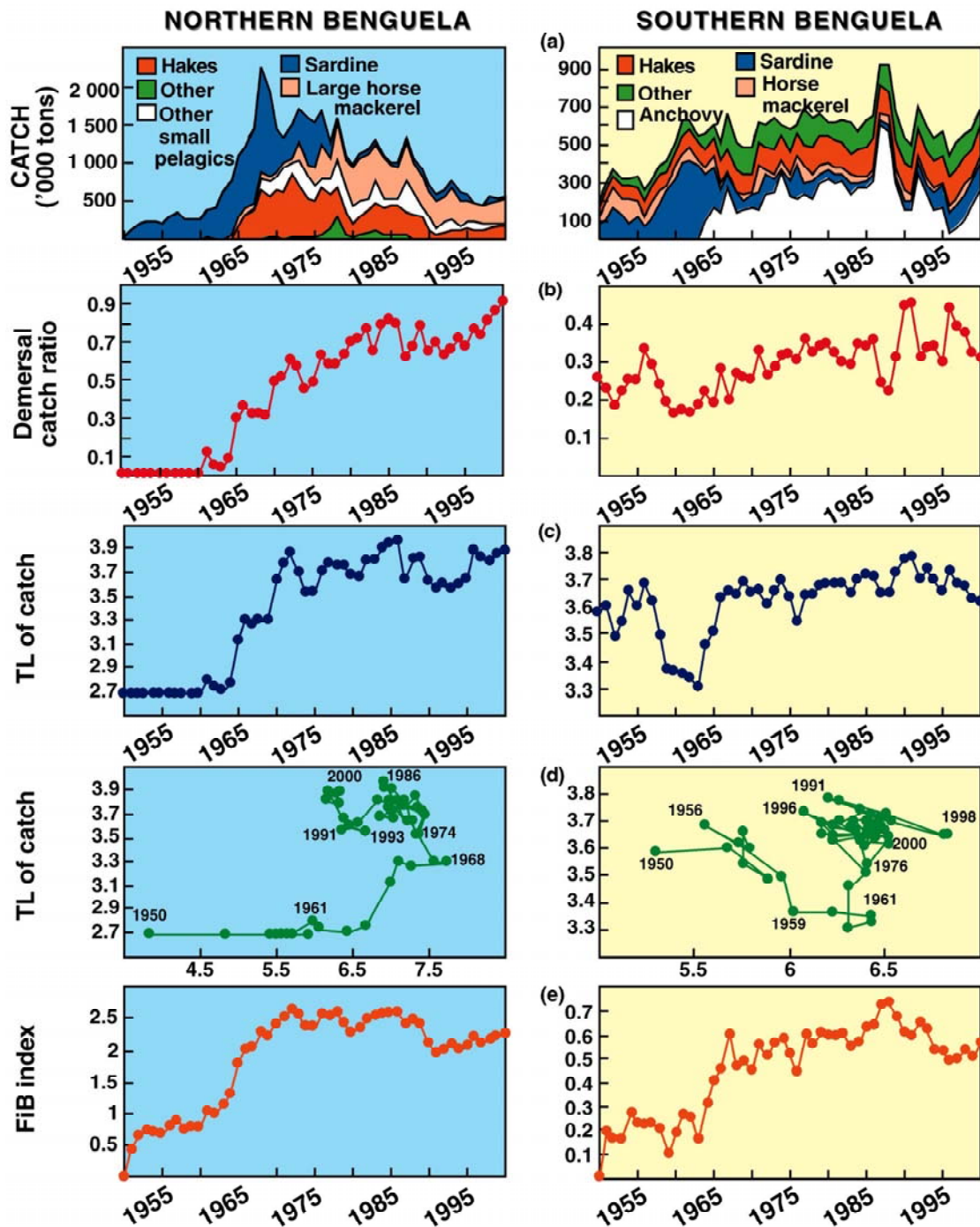
#### 10- *How are they estimated (directly from data or from models ?)*

- See 8.1) above, identified from catch data, but also from static Ecopath models (PPR, MTI, Predation mortality) and dynamic Ecosim models (biomass ratios, mortality...). (Shannon et al. 2003, Shannon and Cury 2003, Cury et al. in press).
- See 8.2) above, estimated from simulations using Osmose model (Shin et al. 2004, Travers et al. 2004).
- See 8.3) : estimated using the SIG of the Benguela ecosystem (distribution area of exploited species, foraging area of predators, fished area)

## **RESULTS and PERSPECTIVES**

#### 11- *main results on indicators*

- See 8.1) above. Results on trophodynamics indicators: To acknowledge ecological interactions, such as predation, is a key issue of an ecosystem approach to fisheries. Trophodynamic indicators are needed to measure the strength of the interactions between the different living components and structural changes in the ecosystem resulting from exploitation. Indicators that are derived from models of trophic interactions as well as from observed emergent patterns such as trophic cascades and regime shifts are reviewed. Among 46 identified trophodynamic indicators found in the literature, we selected six (catch or biomass ratios, primary production required for catch, production or consumption ratios and predation mortality, trophic level of the catch, fishing in balance and mixed trophic impact) according to their capacity to address ecosystem-level patterns and to match several criteria (proposed by Rice and Rochet ICES). We then applied this suite of indicators to the northern and southern Benguela ecosystems and evaluated their performance to depict drastic and contrasted ecosystem changes (figure below). We propose that a few complementary trophodynamic indicators are needed to detect fisheries trophodynamic impacts and changes in ecosystems. Trends depicted by indicators are sensitive to the choice of the trophic levels that were made for certain species. Trophodynamic indicators appear to be very conservative as they respond slowly to large structural changes that occur in the ecosystem. We encourage the application of these selected indicators to other marine ecosystems in order to fully evaluate their usefulness for EAF (Ecosystem Approach to Fisheries) and to establish international comparability.



- See 8.2) above.

Different fishing scenarios were tested using Osomose model. The simulations show that some indicators vary in a different direction than predicted by theory. In these cases, the complementary analysis of population versus community indicators is very informative for understanding which processes are at stake in the observed emergent properties of the ecosystem. In the different simulated fishing scenarios, the indicators derived from size or species distributions (slope and curvature of size spectra, W statistic) vary in a consistent way to fishing intensification, with a high sensitivity. However, to catch the maximum information about direct and indirect ecosystem effects of fishing, a set of different kinds of indicators is needed. Beyond the process-based distinction made between size-based, species-based and trophodynamic indicators, it is worth noting that the way the indicators are calculated can also be informative: the comparison of indicators weighted by biomass versus those that are weighted by abundance is helpful for avoiding misleading interpretations.

- See 8.3) above.

The ratio of fished area and distribution area for pelagic species did not exceed 40% whereas for demersal species, they were always higher than 70%.

The pelagic fishery exploited only 0.8% of the ecosystem surface in the early 1950s, whereas >20% is exploited presently

The catch per exploited area decreased from the 1950s until the end of the 1980s.

Mean bottom depth of catch (MBDC) of the pelagic fishery displays a trend towards deeper water from about 47m at the end of the 1980s to more than 85m in recent years; combined with an increase in mean distance of catches from the coast (MDCC). For the demersal fishery, MBDC increased while the MDCC was variable, but seems to have decreased.

#### - Viability approach and Limit reference points

Maintenance of the overall ecosystem complexity is perceived as critical to the sustainability of its use. However, the development of an operational basis for an ecosystem approach to fisheries faces many difficulties. On the research side, the challenge is in: i) defining proper long-term, ecosystem-related, objectives; ii) determining meaningful reference values and indicators for desirable or undesirable states of the ecosystem; and iii) developing appropriate data collection, analytical tools and models. The "viability" concept developed in economics by (sensu Jean-Pierre Aubin, 1991, 1996) can be used to assist in the definition, selection of, and interaction between long-term objectives at an ecosystem level. It recognizes that ecosystems are complex assemblages of interacting and self-organizing natural and human components that cannot be predicted. Viability models define an ensemble of "viable states", in contrast to undesirable states defined as such by ecological, economic and/or social constraints. These constraints can be derived from fisheries objectives, conservation principles, scientific results of modelling or precautionary principles, and correspond to limit reference points to be avoided. Viability theory does not attempt to choose any "optimal solution" according to a given intertemporal, but selects "viable evolutions". These evolutions are compatible with the constraints in the sense that they satisfy them at each time and can be delineated by the viability kernel. The southern Benguela marine ecosystem is presented as a first attempt for the application of this theory. In defining ecosystem-based objectives (and related issues such as target reference points), it seems more difficult to reach consensus among stakeholders on what is desirable than on what is undesirable (e.g. biological or economic collapse, species extinction, displacement of local rural communities). Expressed in the negative form or as limit reference points, ecosystem-based constraints can be considered simultaneously with current target reference points, such as MSY, using viability models. The viability approach can help to progressively integrate ecosystem considerations, such as conservation, into fisheries management.

#### 12- corresponding reference list

Cochrane K.L., Augustyn C.J., Cockcroft A.C., David J.H.M., Griffiths M.H., Groeneveld J.C., Lipinski M.R., Smale M.J., Smith C.D., Tarr R.J.Q. 2004. An ecosystem approach to fisheries in the southern Benguela context. *In Ecosystem Approaches to Fisheries in the Southern Benguela*. Shannon, L.J., Cochrane, K.L. and S.C. Pillar (Eds). *Afr. J. mar. Sci.* 26: 9-35.

Cury P.M., L.J. Shannon, Roux J.P., Daskalov G., Jarre A., Pauly D., Moloney C. in press. Trophodynamic indicators for an ecosystem approach to fisheries. *ICES Journal of Marine Science*.

Cury P., Mullon C., Garcia S. M. and L. Shannon. 2004. Viability theory for ecosystem approach to fisheries. *ICES Journal of Marine Resources*. In press.

Fréon P., Drapeau L., David J., Fernandez Moreno A., Leslie R., Oosthuizen H., Shannon L.J., van der Lingen C.D. in press. Spatialized ecosystem indicators in the Southern Benguela. *ICES Journal of Marine Science*.

Mullon C., P. Cury and L. Shannon. 2004. Viability model of trophic interactions in marine ecosystems. *Natural Resources Modelling*. Vol. 17 (1) : 27-58.

Pecquerie L., Drapeau L., Fréon P., Coetzee J.C., Leslie R.W., Griffiths M.H. 2004. Distribution patterns of key species of the southern Benguela ecosystem: an approach combining fishery-dependent and fishery-independent data. *In Ecosystem Approaches to Fisheries in the Southern Benguela*. Shannon, L.J., Cochrane, K.L. and S.C. Pillar (Eds). *Afr. J. mar. Sci.* 26: 115-139.

Shannon L.J., Cury P.M. 2003. Indicators quantifying small pelagic fish interactions: application using a trophic model of the southern Benguela ecosystem. *Ecological Indicators*, 3: 305-321.

Shin Y.-J., Shannon L.J., Cury P.M. 2004. Simulations of fishing effects on the southern Benguela fish community using an individual-based model: learning from a comparison with ECOSIM. *In Ecosystem Approaches to Fisheries in the Southern Benguela*. Shannon, L.J., Cochrane, K.L. and S.C. Pillar (Eds). *Afr. J. mar. Sci.* 26: 95-114.

Travers M., Shin Y., Shannon L., Cury P. 2004. Evaluation of the sensitivity of ecological indicators to fishing using a simulation approach: application to the southern Benguela upwelling ecosystem. ICES CM 2004/ FF: 17, 34 p

#### *13- problems, shortcomings encountered*

- Definition of reference points for ecosystem indicators
- some important species are still missing or are not well taken into account in the analyses (plankton, mesopelagic fish, sharks, birds, marine mammals, invertebrates).
- Linking ecosystem based indicators to stock assessment

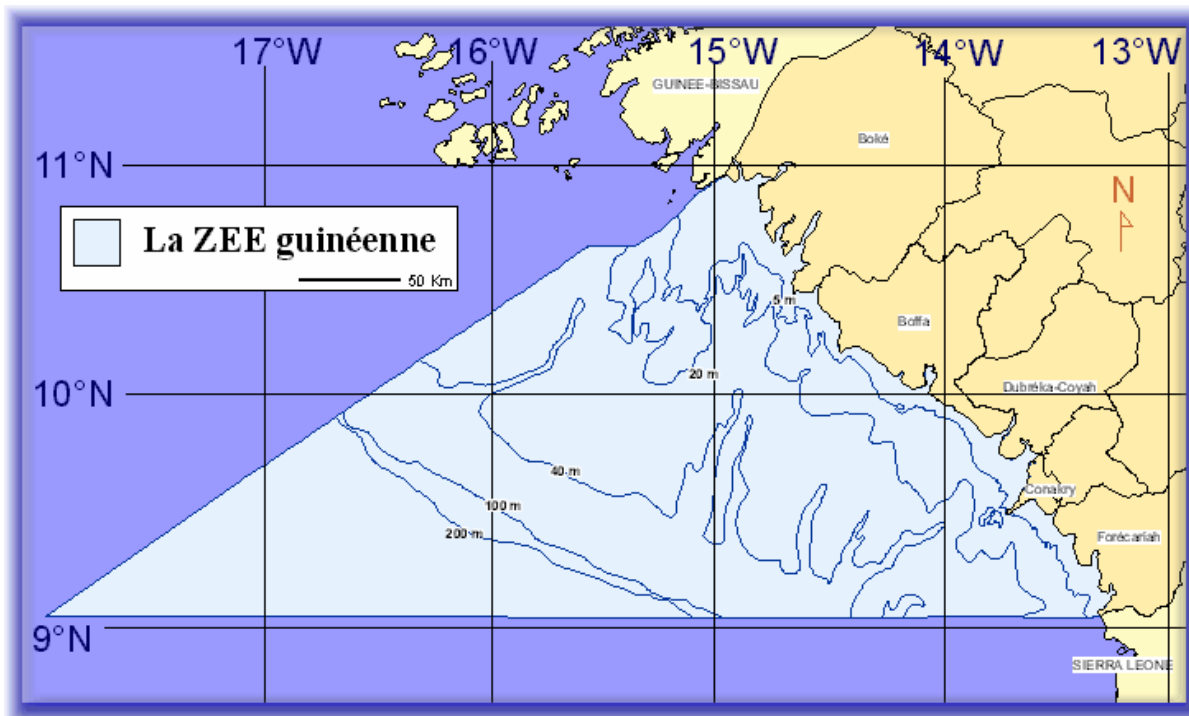
#### *14- perspectives*

- linking SBLs and trophodynamic indicators (isotope ratios analyses, coupling PlumeBio and Osmose models)

# L'ECOSYSTEME MARIN EXPLOITE EN GUINEE

## ECOSYSTEME

- la zone géographique : la ZEE guinéenne



### Fonctionnement (espèces, processus clés) :

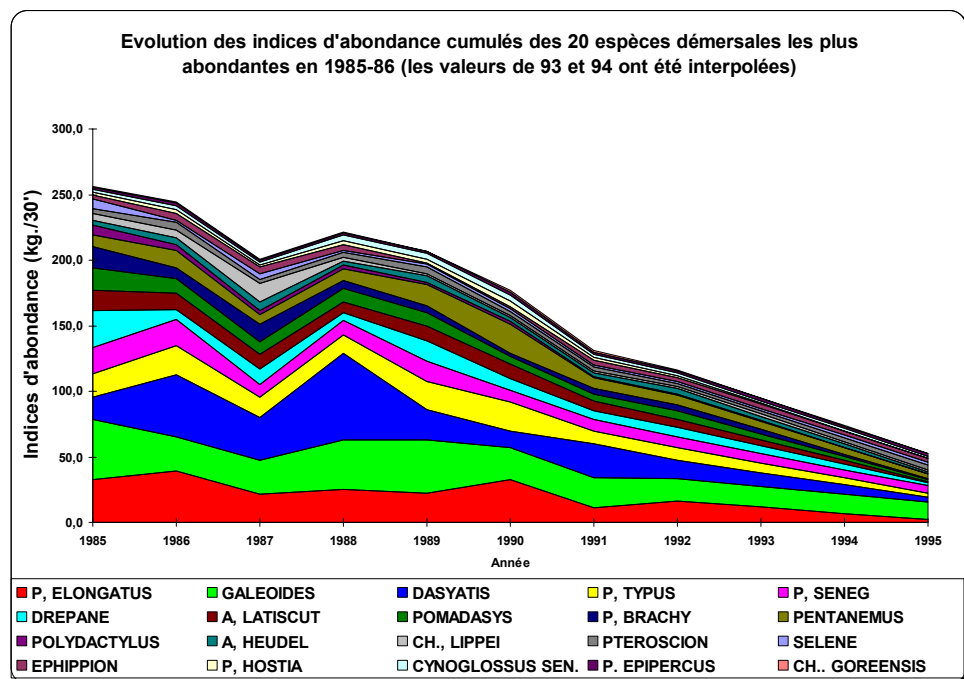
- ✚ espèces : (A) Les pélagiques ont été peu étudiés : chinchards, ethmaloses, barracudas, etc.. (B) Trois communautés démersales ont été identifiées : à Sciaenidés, à Sparidés, à Lutjanidés. Les deux premières sont les plus importantes, et a priori assez indépendantes (distribution spatiale distinctes)
- ✚ fonctionnement :
  - large plateau continental peu profond
  - on distingue trois zones : la zone côtière (inférieure à 20m) très riche (scianidés), la zone intermédiaire qui couvre pratiquement tout le plateau, sableuse et peu riche (crevettes, sparidés), le rebord du plateau (frange isobathe 100-200) avec des communautés propres à ce milieu. La zone océanique est très restreinte du fait de la forme particulière de la ZEE.
  - influence continentale marquée avec des apports terrigènes importants en saison des pluies
  - mangrove tout le long du littoral qui constitue une zone de nourriceries pour pratiquement toutes les espèces majeures.
  - La grande majorité des espèces se trouve sur la frange côtière en deçà des 20 mètres de profondeur.

### Exploitation

- ✚ Pêcheries
  - Une pêche artisanale (72.000 tonnes annuel) répartie sur 120 centres de débarquements, une dizaine d'engins différents, surtout de la pêche au filet, exploitation de démersaux et une pêche pélagique à l'ethmalose importante
  - Une pêche industrielle (65.000 tonnes annuelles) essentiellement étrangère et gérée par licence -PI très mal appréhendée du fait d'un piratage marqué.

- ✚ *retracer bref historique* : jusqu'en 1984, régime communiste avec pêche étatique sans résultat (-> stock quasi vierge), importante flottille pélagique russe. Après 1984, pêche libre peu réglementée. PA allochtone peu technique
- ✚ *niveau d'exploitation actuel* : PA : 72.000 tonnes annuel, PI : 66.000 tonnes annuel, en PI, pêche pirate non déclarée (représente selon moi de 30 à 70% de la production). Domain considère qu'en 1985, on était en présence d'un stock vierge. Les indices d'abondance ont chuté de façon très importante depuis 1985.

En ce qui concerne le suivi des abondances, la situation en Guinée peut être éventuellement remarquable car on serait en présence de la dynamique d'exploitation (de surexploitation) d'un stock démersal vierge, assez bien documenté en terme de suivi des indices d'abondance (voir figure). NB : on pourra disposer de données complémentaires en 1996,97,98 et 2002 (données courtesy Domain-Orstom/IRD-CNSHB)



- ✚ *principales espèces exploitées*: ethmalose (38.000t), otolithes (10.000 t), machoirons (9.000 t), bars divers (7.000 t), soles, dorades, sardinelles, capitaine, chinchards

### Mesures de gestion principales:

- la pêche artisanale dispose d'une zone réservée de 10 miles (non respectée avec des incursions systématiques de la pêche industrielle), pas de limitation-réglementation pour la PA.
- La pêche industrielle est régie par un système de licence, avec une régulation du nombre de licence. La surveillance est peu efficace et la pêche pirate étrangère est très importante.

## DONNEES DISPONIBLES

Préciser la strate spatio-temporelle pour chaque type de données.

- ✚ séries de données concernant les espèces exploitées (campagnes scientifiques, données commerciales)
  - évaluation directe : 18 campagnes communauté à Sciaenidés entre 1985 et 1992, + une en 1995, + 3 en 1997-1998 avec un navire et un filet différents - 4 campagnes communauté à Sparidés en 1992-1994, couvrant la ZEE sauf la zone côtière – données de chalutage uniquement sur les démersaux / complément sur quelques espèces à partir des évaluations réalisées par la Russie au début des années 1980. Les données utilisables sont principalement des indices d'abondances calculables + longueur pour quelques espèces → les bases devraient maintenant être assez propres, à l'issue du travail fait pendant le projet SIAP.

- évaluation indirecte : travaux de thèse de A.Sidibé sur la communauté à scianidés
- données commerciales depuis 1995 surtout
- crevettes : ???
- thons : ???
- ✚ données sur les autres compartiments trophiques
  - phytoplancton données du Cerescor : une carte dans les années 1980, ainsi qu'un suivi saison sèche-saison humide sur trois estuaires en 2002-2003
  - zooplancton : idem<sup>1</sup>
  - benthos : densités selon le substrat (Longhurst 1959)
- ✚ séries de données environnementales
  - température : une carte saison sèche – une carte saison humide
  - salinité : une carte saison sèche – une carte saison humide
  - oxygène : quelques mesures ponctuelles et anciennes
  - courants : courants de marée

## INDICATEURS

### *quels sont les indicateurs déjà étudiés, quantifiés ?*

- ✚ Données Guinée
  - Diversité spécifique (Domalain et al. 2004)
  - Diagramme rang-fréquence ( ?) (Domalain et al. 2004)
  - Évolution temporelle de l'IA des quatre principales espèces commerciales démersales (Sidibé et al. 2004)
  - Évolution temporelle de l'IA par classe trophique pour chaque communauté (Laurans et al. 2002)
  - TL moyen de la communauté (0-15 m : essentiel de la communauté à Sciaenidés) (Laurans et al. 2003)
  - Biomass Trophic Spectra (0-15 m : essentiel de la communauté à Sciaenidés) (Laurans et al. 2003)
- ✚ Données simulées (MOOVES) de pression de pêche à partir d'une situation déjà perturbée (data de 1992) (Colomb et al. 2004)
  - L moyen (communauté/gpes bio-fonctionnel, système/captures)
  - L max (communauté/gpes bio-fonctionnel, système/captures)
  - Spectre de taille (terme de courbure de la régression quadratique)
  - TL moyen (communauté/gpes bio-fonctionnel, système/captures)
  - Spectres trophiques en biomasse et en captures

### *quels étaient les objectifs ?*

Détecter et analyser l'impact de la pêche sur les différentes communautés

### *comment sont-ils estimés (à partir de données directement ou de modèles ?)*

- données + modèles linéaires pour la première partie
- modèle SMA pour la seconde partie

## BILAN DES RESULTATS

### *résultats principaux obtenus sur l'étude des indicateurs*

- Diminution d'abondance des principales espèces commerciales ; diminution moins importante au niveau de la communauté → phénomène de résistance ?

---

<sup>1</sup> phyto, zoo : données peu fiables, limitées localement, très agrégées



- Mise en évidence d'une modification de la structure trophique de la communauté côtière : la diminution de la biomasse des hauts niveaux trophiques est relativement plus importante (Laurans et al. 2002, 2003)
- Le niveau trophique moyen de la communauté côtière (0-15m) diminue (environ 0.05 en 15 ans).

### ***liste de références bibliographiques correspondantes***

- Colomb A., Shin Y., Le Fur J., Gascuel D., 2004. Using MOOVES, an individual-based model of the Guinean ecosystem, for assessing the response of indicators to fishing pressure. Présentation orale ICES CM2004/FF:14...
- Domalain G., Jouffre D., Thiam D., Traore S., Wang C.L. (2004) - Evolution de la diversité spécifique et des dominances dans les campagnes de chalutage démersales du Sénégal et de la Guinée. In: Chavance P., Bâ M., Gascuel D., Vakily J. M. and Pauly D. Actes du symposium international "Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi-siècle de changement », 24-28 juin 2002, Dakar, Sénégal. Rapports de Recherche Halieutique A.C.P.-U.E., 15 : 299-310.
- Laurans, M., Gascuel, D., Chassot, E., Thiam, D., 2003. Quels changements dans les structures trophiques des communautés de poissons démersaux en Afrique de l'ouest. Acte du colloque AFH. Juin 2003. 12 p.
- Laurans, M., Sidibe, A., Chassot, E., and Gascuel, D. 2002. Ecosystem effects of a quickly developed fishery: trends in biomass of demersal resources of Senegal and Guinea. ICES CM 2002/L:21 13p.
- Longhurst A. R., 1959. Benthos densities off Tropical West Africa. Journal du Conseil, 25 (40): 21-28.
- Sidibé, A., Gascuel, D., and Domain, F. Evaluation et diagnostic de quatre stocks de poissons démersaux côtiers en Guinée. In: Chavance P., Bâ M., Gascuel D., Vakily J. M. and Pauly D. Actes du symposium international "Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi-siècle de changement », 24-28 juin 2002, Dakar, Sénégal. Rapports de Recherche Halieutique A.C.P.-U.E., 15 : 387-392.

### ***problèmes rencontrés, restants à résoudre***

- estimation de l'effort de pêche pendant la période suivie
- changement d'aire de prospection/d'engin pendant les campagnes à mieux prendre en compte ( ?)

### ***perspectives : Études par simulation***

## **INDICATEURS POTENTIELS**

Ce chapitre que j'ai rajouté concerne des études que j'ai lancé dans la période 1999-2002 visant à collecter des données en vue de l'élaboration et l'étude d'indicateurs. Les indicateurs n'ont pas été quantifiés, on a juste mis en place les protocoles, et commencé à collecter les données permettant, a priori, de les construire.

NB : Les numéros se correspondent d'un item à l'autre

- ✚ - quels sont les indicateurs déjà étudiés, quantifiés ?
  1. indice de diversité des communautés de juvéniles
  2. « santé » du milieu productif
  3. abondance et caractéristiques des sélaciens
  4. échouages/captures de tortues et de cétacés
- ✚ - quels étaient les objectifs ?
  1. comprendre la dynamique d'occupation des estuaires par les espèces reproductrices, percevoir des successions dans l'occupation des zones
  2. essayer de prendre en compte une combinaison de descripteur de tous les maillons écologiques pour fournir une synthèse sur l'état de l'écosystème en un point et en un temps donné
  3. obtenir une estimation de l'impact de la pêche sur ce groupe, préoccupation de conservation
  4. essayer d'obtenir un indicateur de santé – si les espèces emblématiques viennent/reviennent c'est que l'environnement est 'sain'
- ✚ comment sont-ils estimés (à partir de données directement ou de modèles ?)



1. suivi bi-mensuel en un point de la côte (complété par un recensement des pêcheurs à juvéniles)
  2. campagne d'échantillonnage côtier bi-annuel (saison des pluies, saison sèche) sur trois estuaires distincts
  3. suivi des captures pendant les saisons de pêche, mensurations, contenus stomacaux
  4. appels à témoignages, relâcher des échouages, formulaire d'enquête distribués aux observateurs embarqués
- + problèmes rencontrés, restants à résoudre -> identification des objectifs, des indicateurs, obtention de séries plus longues, pérennité des systèmes de collecte
  - + perspectives : à voir avec les dynamiques en cours de mise en place (SCOR, ce GT, IFR axe 3, etc.)
- Note : ce recensement d'informations est vraiment préliminaire, un inventaire exhaustif des données, variables qui ont été mesurées permettrait d'aller plus avant.

Rédaction : J.Le Fur et A.Colomb, oct. 2004

## Ecosystèmes estuariens et lagunaires d’Afrique de l’Ouest

### ECOSYSTEME

- *la zone géographique*  
Afrique de l’Ouest (milieux estuariens et lagunaires : Banc d’Arguin (Mauritanie), Sine Saloum (Sénégal), Fleuve Gambie (The Gambia), Casamance (Sénégal), Rio Cacheu (Guinée Bissau).
- *fonctionnement (espèces, processus clés)*  
Espèces estuariennes de l’atlantique tropical. Zones de nurserie et de d’interface (écotone mer/fleuve).
- *exploitation (pêcheries, retracer bref historique, niveau d’exploitation actuel)*  
Exploitation en général faible, sauf localement, sur l’ensemble des milieux à l’exception du Sine Saloum. Dans ces milieux cependant les perturbations peuvent provenir non seulement de la pêche mais d’autres activités humaines (pollution urbaine ou agricole, tourisme,...) ou de causes naturelles (sécheresse).
- *mesures de gestion principales*  
AMP mises en place ou en projet sur des portions de ces milieux.

### DONNEES DISPONIBLES

*Préciser la strate spatio-temporelle pour chaque type de données.*

- *séries de données concernant les espèces exploitées (campagnes scientifiques, données commerciales)*  
L’UR "RAP" dispose de données propres sur des pêches expérimentales et les pêches artisanales sur certains de ces milieux. Il existe auprès de nos partenaires, ou d’autres équipes, des données sur les autres milieux mais dont nous n’avons pas encore pris connaissance.

Tableau I : Caractéristiques de la base de données pêches expérimentales (répartition par système et par période d’étude du nombre de campagnes, de coups de pêche, de fractions pêchées, de longueurs individuelles et de contenus stomacaux (nombre de couples individus-type de contenu). Seules sont indiquées les entrées pertinentes pour l’étude considérée. Les pêches expérimentales ont en général été effectuées à la seine tournante et depuis 2000, elles ont été doublées par une prospection acoustique (Guillard *et al.*, 2004).

Pays	Système	Période	Campagnes	Coups	Fractions	Longueurs	Trophique
Sénégal	Sine Saloum	1990-1997	24	358	3 175	24 655	365
	Sine Saloum	2002-2003	4	96	832	8 481	166
	Bamboung	2003	3	36	307	2 591	118
Guinée	Fatala	1993-1994	7	212	1 276	8 089	
	Dangara	1993-1994	7	65	527	4 817	
Guinée Bissau	Bijagos	1993	1	43	183	1 101	
	Rio Buba	1993	1	26	103	652	
Gambie	Gambie	2000-2002	5	215	2 057	18 394	641
Total			54	1 051	8 460	68 780	1 290

Tableau II : Périodes couvertes par la base de données pêches artisanales. Seules sont indiquées les entrées pertinentes pour l'étude considérée.

Pays	Système	Type	Période
Sénégal	Sine Saloum	Estuaire	1990-1993
	Sine Saloum	Estuaire	2002-2003
Guinée	Côtier	Côtier	1991-1993
Gambie	Gambie	Estuaire	2000-2002

- *données sur les autres compartiments trophiques*  
Modèles "Ecopath" existants sur la Gambie et le Saloum (modèles "RAP") mais aussi des modèles publiés (et disponibles sur le net) sur la Guinée et la ZEE Mauritanienne. Il existe également des modèles publiés mais non disponibles sur le net, sur le banc d'Arguin et sur le plateau continental de Guinée Bissau (modèles préliminaires). La recherche bibliographique sur les données relatives aux autres compartiments trophiques est en cours.
- *séries de données environnementales*  
Recherche bibliographique en cours.

## INDICATEURS

- *quels sont les indicateurs déjà étudiés, quantifiés ?*  
Aucun sauf les indicateurs ABC (comparaison d'abondance-biomasse, Warwick, 1986), DAP (différence de surface en pourcentage, McManus et Pauly, 1990) et SEP (proportion d'équitabilité de Shanon, McManus et Pauly, 1990) sur le Saloum et la Gambie (Villanueva, 2004). Néanmoins des travaux ont été réalisés sur la pêche (Lae *et al.*, 2004), les "traits de vie" de deux espèces (*Sarotherodon melanotheron* et *Ethmalosa fimbriata*) (Panfili *et al.*, 2004 a et b), les relations taille/poids (Ecoutin et Albaret, 2003) et une approche des communautés par "catégories écologiques" a été menée sur les milieux étudiés (Albaret *et al.*, 2004). Sans avoir été directement conduites dans l'optique de la réalisation d'indicateurs, ces données sont directement exploitables dans ce contexte.
- *quels étaient les objectifs ?*  
Evaluation des niveaux de stress des écosystèmes.
- *comment sont-ils estimés (à partir de données directement ou de modèles ?)*  
Estimés à partir de données de pêches expérimentales (senne tournante).

## BILAN DES RESULTATS

- *résultats principaux obtenus sur l'étude des indicateurs*  
Il s'agit d'une étude qui commence en 2005 dans le cadre du renouvellement de l'UR 070 (RAP) de l'IRD. Il n'y a donc pas encore de résultats à présenter dans ce domaine précis, hormis les travaux évoqués ci-dessus dont les résultats seront directement utilisables. Le tableau III liste les indicateurs dont l'étude est envisagée.

Tableau III : bio-indicateurs sélectionnés par l'UR RAP à différents niveaux d'organisation biologique.

Physiologie	Cellule	Individu	Population	Peuplement
Protéines (banque soustractive)	Cellules branchiales	Expression hormonale	Abondance (nombre, biomasse)	Richesse, dominance
Pompe Na-K-ATPase	Tissus musculaires	Indices de condition	Croissance	Indices de diversité
Pression osmotique		Taux de croissance	Distribution d'âge et de taille	Proportion des catégories écologiques
		Déplacement (Sr/Ca otolithé)	Cycle de reproduction	Nombre, % d'espèces en reproduction
			Sex ratio	Proportion de l'écophase juvénile

Malformations  
Taux d'infestation  
parasitaire

Taille de première maturité  
Taille maximale observée  
Diversité et structure  
génétique

Chaînes trophiques  
IBI

---

– *liste de références bibliographiques correspondantes*

Albaret J.J., Laë R., 2003. Impact of fishing on fish assemblages in tropical lagoons. The example of the Ebrié lagoon, West Africa. *Aquatic Living Resources*, 16 (1) : 1-9.

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.*, 17 : 35-46.

Ecoutin J.M., Albaret J.J., 2003. Relations longueurs-poids pour 52 espèces de poissons des estuaires et lagunes de l’Afrique de l’Ouest. *Cybiurn*, 27 (1) : 3-9.

Guillard J., Albaret J.J., Sow I., Simier M., Raffray J., Tito De Morais L., 2004. Hydroacoustic estimates of fish populations of the Gambia estuary. *Aquatic Living Resources.*, 17 : 47-55.

Laë R., Ecoutin J.M., Mendy A., Raffray J., Weigel J.Y., Sadio O., Djobe O., 2004. Estuarine fisheries in the Gambia : a shrimp targeted exploitation. *Aquatic Living Ressources*, 17 : 75-85.

Panfili J., Mbow A., 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*, Pisces, Cichlidae): comparison between Gambia and Saloum estuaries. *Aquatic Living Resources*, 17 : 65-74.

Panfili J., Durand J.D., Mbow A., Guinand B., Diop K., Kantoussan J., Thior D., Thiaw O., Albaret J.J., Laë R., 2004. Influence of salinity on life-history traits of the bonga shad (*Ethmalosa fimbriata*, Pisces, Clupeidae): comparison between Gambia and Saloum estuaries. *Marine Ecology Progress Series*, 270 : 241-257.

Simier M, Blanc L., Aliaume C., Diouf, P. S., Albaret J.J. 2003. Spatial and temporal structure of fish assemblages in an « inverse estuary »: the example of the Sine Saloum system (Senegal), *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 59 (1), 69-86.

Villanueva, M. C. S., 2004. Biodiversité et relations trophiques dans quelques milieux estuariens et lagunaires de l’Afrique de l’Ouest : adaptations aux pressions environnementales. Thèse, INP Toulouse, 224 pp. + annexes et appendices.

– *problèmes rencontrés, restants à résoudre*

...

– *perspectives*

...

## **AUTRES RÉFÉRENCES CITÉES**

McManus, J. W. et Pauly, D., 1990. Measuring ecological stress: variations on a theme by R. M. Warwick. *Mar. Biol.*, 106 : 305-308.

Warwick, R. M., 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.*, 58 : 236-244.

## FICHE DE PRESENTATION ECOSYSTEME

### Afrique de l'Ouest (zone CSRP)

---

par D. Jouffre (Dakar, le 28/10/04)

#### ECOSYSTEME

##### - la zone géographique :

Afrique de l'Ouest. ZEE des pays de la CSRP (Mauritanie, Sénégal, Cap-Vert, Gambie, Guinée-Bissau et Guinée). Côtes Ouest africaines comprises entre les parallèles 21°N et 9°N.

##### - fonctionnement (espèces, processus clés) :

Système complexe (ou ensemble d'écosystèmes) avec zones d'up-welling intense (au Nord) à forte production biologique à proximité d'une aire marine protégée avec petits fonds (Banc d'Arguin), estuaires et zones de mangrove au Sud. Abondance des céphalopodes au Nord avec en particulier les plus grandes concentrations mondiales de poulpes (*Octopus vulgaris*) : plusieurs stocks depuis le banc Saharien jusqu'au Sénégal. L'explosion démographique des poulpes dans la zone semble avoir débuté au Nord dans les années soixante (Sahara bank) et s'être étendu progressivement vers le Sud (jusqu'au Sénégal à l'heure actuelle). Importants stocks de petits pélagiques (sardinelles, chinchards) et nombreux démersaux (sparidae, serranidae). Grande diversité d'espèces du fait de la situation géographique (présence d'espèces d'eaux froides et d'espèces tropicales).

##### - exploitation (pêcheries, retracer bref historique, niveau d'exploitation actuel) :

Pêcheries artisanales très anciennes et présence de pêcheries étrangères depuis au moins un siècle. Début d'une exploitation industrielle vers 1950. Croissance ininterrompue de l'effort depuis cette date avec notamment l'explosion de certaines pêcheries artisanales (Sénégal, Mauritanie) dans les deux dernières décennies. État d'exploitation variable selon les stocks mais une majorité d'entre eux est considérée comme surexploitée (certains jusqu'à très fortement surexploités).

##### - mesures de gestion principales :

Systèmes de licences pour les pêcheries industrielles. Instauration de périodes de « repos biologiques » (fermeture de pêches) dans certains pays (Mauritanie, Sénégal).

#### DONNEES DISPONIBLES

Préciser la strate spatio-temporelle pour chaque type de données.

- séries de données concernant les espèces exploitées (campagnes scientifiques, données commerciales) :

\*campagnes : Il s'agit des séries de campagnes effectuées depuis les années 1980-1985 jusqu'à nos jours en Mauritanie, au Sénégal et en Guinée (pour l'essentiel il s'agit des séries des NO Ndiago (ND), Louis Sauger (LS), et André Nizery (AN), respectivement pour les trois pays). Ces campagnes demersales nationales sont constituées en général d'une centaine de stations (coup de chaluts d'une demi-heure) réparties (aléatoirement) sur l'ensemble du plateau continental.

\*statistiques de pêches commerciales : De nombreuses données de captures et d'effort sur les principales espèces (ou groupes) exploitées sont disponibles (notamment dans la base statbase-SIAP). Pour le Sénégal la Mauritanie et la Guinée les séries de données sont relativement longues (période couverte : en général depuis les années 70-80 à nos jours, avec plus ou moins de détail (précision taxonomique des catégories) selon les séries et l'ancienneté des données.

- données sur les autres compartiments trophiques :

Peu de données facilement accessibles et fiables mais existence de certaines estimations (modélisations Ecopath faites sur la zone).

- séries de données environnementales

En relation directe avec les campagnes scientifiques : données de bathymétrie et de températures de l'eau relevées aux points d'échantillonnages biologiques (stations).

Sur la zone de manière générale : Données de nature du fond, sédimentologie, granulométrie, en particulier sur les plateaux Mauritaniens, Sénégalais et Guinéen (cartes Domain). Données satellitales (chlorophylle, température de surface). Séries de relevés météo (vents) et indices dérivés (index d'upwelling).

## INDICATEURS

- quels sont les indicateurs déjà étudiés, quantifiés ?

a) *index d'abondances spécifiques des principales espèces exploitées (références : 4, 10, 16)*

b) *index d'abondance totale du peuplement démersal (en poids et en nombre) (16)*

c) *évolution temporelles des poids moyens individuels pour quelques espèces (16)*

d) *évolution temporelles d'indices de diversité (ex Shannon) des peuplement démersaux de Guinée, Sénégal de 1985 à 2000. (7, 3)*

e) *facteurs principaux (analyses multivariées) décrivant la structure des multi-spécifique des peuplements et son évolution au cours du temps, en Mauritanie, Guinée, Sénégal et à l'échelle régionale (réf : 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17).*

f) *courbes de K-dominances et évolution de ces courbes au cours du temps (de 1985 à 2000) au Sénégal et en Mauritanie (13, 15) .*

g) *évolution temporelle des captures commerciales : captures totales, par pêcheries et par espèce ou groupes pour les principales espèces exploitées (plusieurs références dans 2, quelques unes sur les céphalopodes dans 1).*

h) *évolutions des rendements (PUE commerciales) et des efforts pour certains stocks et certaines pêcheries, (plusieurs références dans 2, dont 4; quelques références dans 1).*

g) *indicateurs de niveaux d'exploitations issus de modélisation de dynamiques de populations exploitées globaux ou analytiques (MSY, fMSY, fact/fMSY, courbes de rendements par recrues, sorties d'analyses VPA, etc... tableaux de bord associés et qualification des niveaux d'exploitation (sous-exploité à fortement sur exploité), (plusieurs références dans 2 dont 4 pour une synthèse ; plusieurs références concernant les céphalopodes dans 1).*

h) *Niveaux trophiques moyens des peuplements démersaux (données de campagnes scientifiques) et leurs évolution au cours du temps (sur deux décennies en Guinée, Mauritanie et Sénégal),(6, Jouffre et al. non publié (in prep)).*

i) *Niveaux trophiques moyens des captures commerciales et leurs évolution au cours du temps (en Guinée, Mauritanie et Sénégal) (6, Jouffre et al. non publié (in prep)).*

j) *diagnostics trophiques issus de modélisation Ecopath/ecosim. (Plusieurs références dans 2 dont les ref. 18 et 19).*

k) *spectres des tailles des communautés démersales d'Afriques de l'Ouest (5,19, et plusieurs références dans 2, dont la ref. 20).*

- quels étaient les objectifs ?

*Pour la plupart des indicateurs monospécifique, les objectifs étaient l'évaluation des niveaux d'exploitation en vue de recommandation de gestion (en particulier recommandations portant sur les niveaux d'efforts). Pour les indicateurs multi-spécifiques, les objectifs étaient de mettre en évidence (et quantifier) des changements (au cours du temps) dans la composition (s.l.) les peuplements en question et/ou de mettre en évidence l'impact écosystémique de la pêche.*

- comment sont-ils estimés (à partir de données directement ou de modèles ?) :

*NB Dans les indicateurs listés ci-dessus on a une grande diversité par rapport à cette question -*

*EN RESUME : Ils sont tous estimés à partir de données, mais ce sont des données plus ou moins « modélisées » selon les cas. Autrement dit, les valeurs estimées des indicateurs sont plus ou moins proches des données brutes selon le type d'indicateurs: par exemple ces valeurs peuvent être le fruit de simple moyennes (cas proche des données brutes, c'est le cas de certains index de rendements spécifiques moyens par campagnes suivies au cours du temps) ou bien faire intervenir en plus des données des modèles, souvent avec hypothèses et paramétrages additionnels (cas des indicateurs issus de modèles DDP) ou encore faire intervenir une théorie écologique sur des données brutes (ABC curves) ou encore un cadre théorique global (modèle) avec de nombreux paramètres et des données manquantes estimées (ex : outputs de modèles ecopath/ecosim).*

## **BILAN DES RESULTATS**

### - résultats principaux obtenus sur l'étude des indicateurs

Les indicateurs mettent en évidence un impact de la pêche sur la ressource et une modification de celle-ci au cours du temps.

Les travaux sur les indicateurs et approches mono-spécifiques concluent en général à un très fort impact de la pêche sur la ressource, avec un diagnostic général de surexploitation.

Les travaux basés sur les indicateurs multi-spécifiques montrent en général une évolution assez modérée voire stationnaire sur les vingt dernières années (période au-delà de laquelle les données disponibles sont insuffisantes pour le calcul de la plupart de ces indicateurs), conduisant à la perception d'une certaine résilience de l'écosystème et de la ressource multi-spécifique vis à vis de la pression de pêche exercée (ce qui n'exclue pas pour autant l'existence d'une surexploitation, en particulier une mésexploitation économique).

### - liste de références bibliographiques correspondantes

- [1] Caverivière A., Thiam M., Jouffre D. (éds), 2002- Le poulpe commun *Octopus vulgaris*. Sénégal et côtes nord-ouest africaines. Editions IRD, Paris, Colloques et séminaires. 385p.
- [2] Chavance (P.), M. Ba, D. Gascuel, J. M. Vakily & D. Pauly (éd.), 2004. — Pêcheries maritimes, écosystèmes & sociétés en Afrique de l'Ouest : Un demi siècle de changement, Actes du Symposium international de Dakar, 22-24 juin 2002.", *Rapport de Recherche Halieutique ACP-UE*, xxx pp.
- [3] Domalain, G., Jouffre, D., Thiam, D., Traoré, S., and Wang, C-L. (2004). Évolution de la diversité spécifique dans les campagnes de chalutage démersales du Sénégal et de la Guinée. Actes du Symposium international : "Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi-siècle de changement. Dakar, 22-24 juin 2002.", *Rapport de Recherche Halieutique ACP-UE*, pp : 299-310.
- [4] Gascuel D., M. Laurans, A. Sidibé, & M.D. Barry, 2003. — « Diagnostic comparatif de l'état des stocks et évolution d'abondance des ressources démersales, dans les pays de la C.S.R.P. » in CHAVANCE et al. (éd., 2004) : pp. 205-222.
- [5] Inejih C.A., Jouffre D., Mahfoud T. S. and Stobberup K. 2004. "Multispecific and ecosystemic analysis applied to demersal communities off Mauritania: a synthesis." Poster presentation at: the 4th World Fisheries Congress, Vancouver 2-4 mai 2004.
- [6] Laurans M., Gascuel D., Chassot E. and Thiam D. 2004. Changes in the trophic structure of fish demersal communities in West Africa in the three last decades *Aquat. Living Resour.* 17, 163–173.
- [7] Lobry J., D. Gascuel & F. Domain 2003. —« La biodiversité spécifique des ressources démersales du plateau continental guinéen: utilisation d'indices classiques pour un diagnostic sur l'évolution de l'écosystème », *Aquat. Living Resour.*, 16 :pp. 59-68.
- [8] Jouffre D., 1998 – *Octopus vulgaris* as a component of the benthic fauna of the NW African coast: A note on an investigation of species community organisation using multifactorial analysis. *S. Afr. J. mar. Sci.* 20: 93-100.
- [9] Jouffre (D.) et Domain (F.), (1999). Les ressources démersales de la zone côtière du plateau continental guinéen: Répartition spatio-temporelle globale du peuplement ichthyologique. *In* Domain F. Chavance P. et Diallo A. (eds) , La pêche côtière en Guinée : ressource et exploitation. IRD/CNSHB, pp: 87-104.



- [10] Jouffre (D.) et Domain (F.), (1999). Les ressources démersales de la zone côtière du plateau continental guinéen: Eléments de la structure temporelle du peuplement ichtyologique: In Domain F. Chavance P. et Diallo A. (eds) , La pêche côtière en Guinée : ressource et exploitation. IRD/CNSHB, pp:105-116.
- [11] Jouffre, D, Domalain, G, Thiam, D, Traoré, S., Caverivière, A, Domain, F., and Inejih, C. (2004). Communautés démersales d'Afrique de l'Ouest 1987-1999 : Changements de répartition et de composition spécifique, observés par chalutages scientifiques. In Actes du Symposium international : "Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi-siècle de changement. Dakar, 22-24 juin 2002." , *Rapport de Recherche Halieutique ACP-UE*, pp :261-280 .
- [12] Jouffre D., Domalain G., Traoré S., Thiam D., Domain F. et Inejih C.A. (2004) - Détection de l'impact de la pêche sur les communautés démersales par l'analyse multivariée sous contraintes. In Actes du Symposium international : Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi-siècle de changement, Dakar, 22-24 juin 2002." , *Rapport de Recherche Halieutique ACP-UE*, pp : 421-432.
- [13] Jouffre D., Domalain G., Caverivière A. et Thiam D. (2004) - Analysis of demersal fish assemblages on the Senegalese continental shelf considering fishing impact over the decade 1986-1995. In: Vanden Berghe E., M. Brown, M. Costello, C. Heip, S. Levitus, P. Pissierssens (Eds). p: 105-113. Proceedings of 'The Colour of Ocean Data' Symposium, Brussels, 25-27 November 2002 IOC Workshop Reports 188 (UNESCO), Paris, x +308pp.
- [14] Jouffre D., Domalain G., Caverivière A. et M. Diallo (2004) - Typology of the demersal communities off Senegal : an approach combining GIS and multifactorial analysis. – Proceedings of the Second International Symposium on GIS/Spatial analyses in Fishery and Aquatic Sciences (Nishida, T., Kailola, P.J. & Hollingworth, C.E., Eds.), Fishery/Aquatic GIS Research Group, Kawagoe-city, Japan, pp:127-144.
- [15] Jouffre D. and Inejih C.A. (in press). Demersal fish assemblages on the Mauritanian continental shelf considering fishing impact over the decade 1987-1999: An assessment using dominance curves. *In acts of the "Quantitative ecosystem indicators for fisheries management" International Symposium, IOC/SCOR W 119, Paris, 31 mars-03 avril 2004; ICES Journal of Marine Science*, xpp.
- [16] Jouffre D. and Inejih C.A. 2004. "Simple ecological indicators of change in fish assemblages: Application to the Mauritanian demersal community over the decade 1987-1999." Poster presentation at: the "Quantitative ecosystem indicators for fisheries management" International Symposium, IOC/SCOR W 119, Paris, 31 mars-03 avril 2004.
- [17] Jouffre D., Inejih C.A. and Thiam D. 2004. "Compared patterns of demersal fish assemblages of the Mauritanian and Senegalese shelves considering fishing impact over the 1986-1999 period : A multitable approach." Post Poster presentation at: the 4th World Fisheries Congress, Vancouver 2-4 mai 2004.
- [18] Samb B. et Mendy A., 2004 Dynamisation du niveau trophique de l'écosystème sénégalais, in Chavance et al. (éd., 2004) : pp. 365-376.
- [19] Thiam D. and Jouffre D. 2004. "Multispecific and ecosystemic analysis applied to demersal communities off Mauritania: a synthesis." Poster presentation at: the 4th World Fisheries Congress, Vancouver 2-4 mai 2004.
- [20] Thiam D., Traoré S., Domain F., Mané S., Monteiro C., Mbye E. and Stobberup K., (2004) Size spectra analysis of demersal fish communities in northwest Africa, , in Chavance et al. (éd., 2004) : pp. 311-328.
- Rem :** La liste bibliographique ci-dessus est non exhaustive. D'autres références mettant en oeuvre certains indicateurs cités plus haut sont présentes dans d'autres ouvrages régionaux. Par exemple dans : Domain F. Chavance P. et Diallo A. (eds) , La pêche côtière en Guinée : ressource et exploitation. IRD/CNSHB, pp: 87-104.

- problèmes rencontrés, restants à résoudre :

*Au plan général : La synthèse et la confrontation des deux points de vue (et familles d'indicateurs, i.e. analyses Multi-spé vs. Mono-spé) évoqués dans la partie résultats reste à construire.*

*A ce stade, les interprétations en terme de fonctionnement de l'écosystème en question (sa résilience et son évolution potentielle) semblent sinon divergentes du moins assez différentes en fonction des auteurs.*

*Sur des points plus particuliers : Il reste à résoudre quelques difficultés liées à certaines données qui existent sous plusieurs versions (stockées dans différentes databases) sans qu'une référence soit toujours identifiée et validée. Ceci peut aboutir à des différences dans les résultats numériques des calculs de certains indicateurs. Ce point est notamment à l'étude concernant les données de campagnes scientifiques. Le même problème se retrouve dans des données de statistiques de pêches commerciales collectées par plusieurs institutions à l'échelle d'un même pays.*

#### - perspectives

*La zone d'étude CSRP est riche en données sur les ressources et sur les pêcheries, ces dernières occupant une importance majeure dans l'économie des pays en question. Cette zone paraît donc un terrain favorable à l'étude et au test de nombreux indicateurs ainsi qu'à leur transfert vers les instance d'aménagement de la pêche et de l'environnement.*

*A court terme les travaux en cours sur certains indicateurs énoncés plus haut (niveaux trophiques etc...) seront poursuivis.*

*A moyen et plus long termes les indicateurs mis au point et validés sur d'autres écosystèmes seront mis en oeuvre ici.*

*Des synthèses et comparaisons avec d'autres régions (écosystèmes) du monde seront ainsi envisageables. De même, l'effort de développement des comparaisons nationales (à l'échelle intra-régionale) devrait être poursuivi et renforcé.*

## FICHE DE PRESENTATION DES INDICATEURS POUR le HUMBOLDT

par A. et S. Bertrand

### ECOSYSTEME: HUMBOLDT

1: *zone géographique*: Pacifique sud-ouest

2: *fonctionnement (espèces, processus clés)*: upwelling côtier, alternance anchois-sardine liée aux variations d'habitat, espèces "explosives" et/ ou non exploitées: calmar géant, *Vincigerria*, *munidae*, etc...

3: *exploitation (pêcheries, retracer bref historique, niveau d'exploitation actuel)*

Pélagiques: 15% des débarquements mondiaux, pêche minotière industrielle à la senne. Niveau d'exploitation extrêmement variable dans le temps et selon les espèces. Démersaux: merlu (surexploité).

4: *mesures de gestion principales*: quota global + fermeture décidées grâce à une gestion en temps réelle, basée sur un monitoring intense (pêcheries, campagnes acoustiques, oeufs et larves, etc.). Décisions principalement basées sur la période de reproduction, la proportion de juvéniles et la biomasse totale. Pêcheurs impliqués dans la gestion. Des erreurs persistent: surexploitation de la sardine (1998) et du merlu plus récemment. Effort surtout porté sur l'anchois.

### DONNEES DISPONIBLES

Potential Peruvian database

Parameter	Period	Data Source	Frequency	Spatial coverage
<b>SST</b>	<b>1950 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Regular<sup>2</sup></b>	<b>All Peruvian coast<sup>3</sup></b>
<b>SST Satellite</b>	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Salinity</b>	<b>1950 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Regular</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>O2</b>	<b>1950 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Regular</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Wind</b>	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Altimetry</b>	<b>99-00</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>ENSO</b>	<b>1800 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>CTD T°C, S, O2</b>	<b>1960 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Regular</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Nutrients</b>	<b>1960 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Regular</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Chlorophyll</b>	<b>1960 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Regular</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Chlorophyll SeaWifs</b>	<b>2000 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Plankton</b>	<b>1980 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt;2 survey/year</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Micronekton</b>	<b>1980 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Regular</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Stomach content</b>	<b>1980 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt;2 survey/year</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Birds y mammals</b>	<b>1990 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt;2 survey/year</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Acoustics (38 + 120)</b>	<b>1983 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt;2 survey/year</b>	<b>All Peruvian coast</b>

<sup>2</sup> Regular : data collected in each scientific cruise (they perform more than 6 survey a year).

<sup>3</sup> All Peruvian coast, to an offshore distance between 50 and 200 nm.

<b>Acoustics (38 + 120) digital data</b>	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt;2 survey/year</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Fish distribution</b>	<b>1983 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt;2 survey/year</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Sampling fishing data</b>	<b>1983 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt; 1 sampling/month</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Fisheries data</b>	<b>1983 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt; 1 sampling/month</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>School parameters</b>	<b>1983 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt; 1 sampling/month</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Fish length</b>	<b>1960 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt; 1 sampling/month</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Sex</b>	<b>1960 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt; 1 sampling/month</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Growth</b>	<b>1960 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>&gt; 1 sampling/month</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Fisheries data</b>	<b>1983 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>N° de boat</b>	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Fishing effort</b>	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>CPUE</b>	<b>1950 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Pelagic fisheries</b>	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Demersal fisheries</b>	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Squid fisheries</b>	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>
<b>Tuna fisheries</b>	<b>1998 →</b>	<b>IMARPE</b>	<b>Daily</b>	<b>All Peruvian coast</b>

## INDICATEURS

8- quels sont les indicateurs déjà étudiés, quantifiés ?

Lévy statistic: étudié, quantifié, validation en cours

School typology: étudié

Taux de juvéniles: étudié, quantifié, validé

9- quels étaient les objectifs ? provides real time information on the spatial organisation of fish

10- comment sont-ils estimés (à partir de données directement ou de modèles ?): données

## BILAN DES RESULTATS

11- résultats principaux obtenus sur l'étude des indicateurs: levy statistics related to the fractal dimension of fish distribution.

12- liste de références bibliographiques correspondantes

Bertrand A., Segura M., Gutiérrez M. and Vásquez, L. 2004a. From small-scale habitat loopholes to decadal cycles: a habitat-based hypothesis explaining fluctuation in pelagic fish populations off Peru. *Fish and Fisheries*, 5(4): 000-000.

Bertrand, S., Díaz, E., and Ñiquen, M. 2004b. Interactions between fish and fisher's spatial distribution and behaviour: the anchovy (*Engraulis ringens*) fishery of Peru. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1127-1136.

Bertrand, S., Burgos, J.M., Gerlotto, F., and Atiquipa, J. 2005. Lévy trajectories of Peruvian purse seiners as an indicator of the spatial distribution of anchovy (*Engraulis ringens*). – *ICES Journal of Marine Science*, 62: 000-000.

Gerlotto, F., Castillo, J., Saavedra, A., Barbieri, M. A., Espejo, M., and Cotel, P.. 2004. Three-dimensional structure and avoidance behaviour of anchovy and common sardine schools in central southern Chile *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1120-1126.

13- *problèmes rencontrés, restants à résoudre*: manque de robustesse.

14- *perspectives*: Indicateur synthétiques des pêcheries (cf. Benguela), indicateurs basés sur les structures agrégatives des poissons pélagiques, indicateur des surfaces d'habitat des principales espèces à partir des masses d'eau.

Remarque: ne sommes nous pas en train de vider de son sens le terme indicateur?

## **ANNEXE 3 : liste des indicateurs**

### **COMPLETE LIST of INDICATORS (based on the indicators studied in the different ecosystems)**

#### **SIZE-BASED INDICATORS**

##### Population level

Mean size (length and weight)

Max size

Condition factor

Proportion of large fish

##### Community level/functional group/community level

Mean size (length and weight)

Max size

Slope and intercept of size spectra (biomass-numbers/weight-numbers)

Diversity size spectra

Proportion of large fish

#### **TROPHODYNAMIC INDICATORS**

##### Population level

TL

Mixed Trophic Impact

Predation mortality

Spatial Overlap Index

Stable isotopes

##### Community/functional group/ecosystem level

FIB

TL of catch

Primary Production required to support catches

Trophic spectrum

Stable isotopes

#### **SPECIES-BASED INDICATORS**

##### Population level

Abundance

Biomass

Extinction risk

Age/length at maturity

##### Community/functional group/ecosystem level

Total biomass

Total abundance  
Richesse spécifique  
Shannon index  
K-dominance curves  
ABC curves  
W-statistic  
Ratio of pelagic/demersal fish of catch and biomass  
Index of Spatial Biodiversity  
DAP (différence de surface en %)  
SEP (proportion d'équitabilité de Shannon)  
Abd/biom functional group

## **ENVIRONMENTAL INDICATORS**

SST

Primary production index

Habitat indicators (water colour, water mass, substratum)

## **EXPLOITATION INDICATORS**

### Population level

Catches (MSY)

CPUE

Fishing yield per recruit

Fishing effort

Fishing mortality (FMSY)

Ratio of the fished area and distribution area

Mean Bottom Depth of Catches

Mean Distance of Catches from the Coast

Captures/biomasse

F/Z

Indice de Grainger et Garcia

Capturabilité q

### Community level

Total catches

Exploited Fraction of the Ecosystem Surface

Total Catch per Exploited Area

Mean Bottom Depth of Catches

Mean Distance of Catches from the Coast

## **OTHERS**

Viability kernel

Levy statistic

Indicators of school typology

Juveniles rate

Gonadosomatic index

Sex ratio

Fishermen typology



## List of indicators that should be monitored

### SIZE-BASED INDICATORS

#### Population level

Mean size (length and weight)

Max size

*Proportion of large fish*

#### Community level/functional group/community level

Mean size (length and weight)

Max size (quantile)

Mean Max size (Lmax or Linf)

*Slope and intercept of size spectra (biomass-numbers/weight-numbers)*

*Diversity size spectra*

*Proportion of large fish*

### TROPHODYNAMIC INDICATORS

#### Population level

TL

#### Community/functional group/ecosystem level

FIB

TL of landings

TL of community

*Trophic spectrum*

### SPECIES-BASED INDICATORS

#### Population level

Abundance

Biomass

*Extinction risk*

#### Community/functional group/ecosystem level

Total biomass

Total abundance

*Species richness*

*K-dominance curves*

*ABC curves and W-statistic*

*Index of Spatial Biodiversity*

### ENVIRONMENTAL INDICATORS

SST

*Primary production index*

*Habitat indicators (water colour, water mass, substratum)*

## **EXPLOITATION INDICATORS**

### Population level

Landings

CPUE

*Fishing effort*

*Fishing mortality*

*Ratio of the fished area and distribution area*

*Mean Distance of Catches from the Coast*

*catch/biomass or F/Z*

*Grainger and Garcia index*

### Community level

Total landings

Exploited Fraction of the Ecosystem Surface

*Total Catch per Exploited Area*

*Mean Distance of Catches from the Coast*

## **OTHERS**

*Juveniles ratio*

*Fishermen typology*