

Ecological Indicators to monitor MPAs

Dr. Modou THIAW

modouth@hotmail.fr



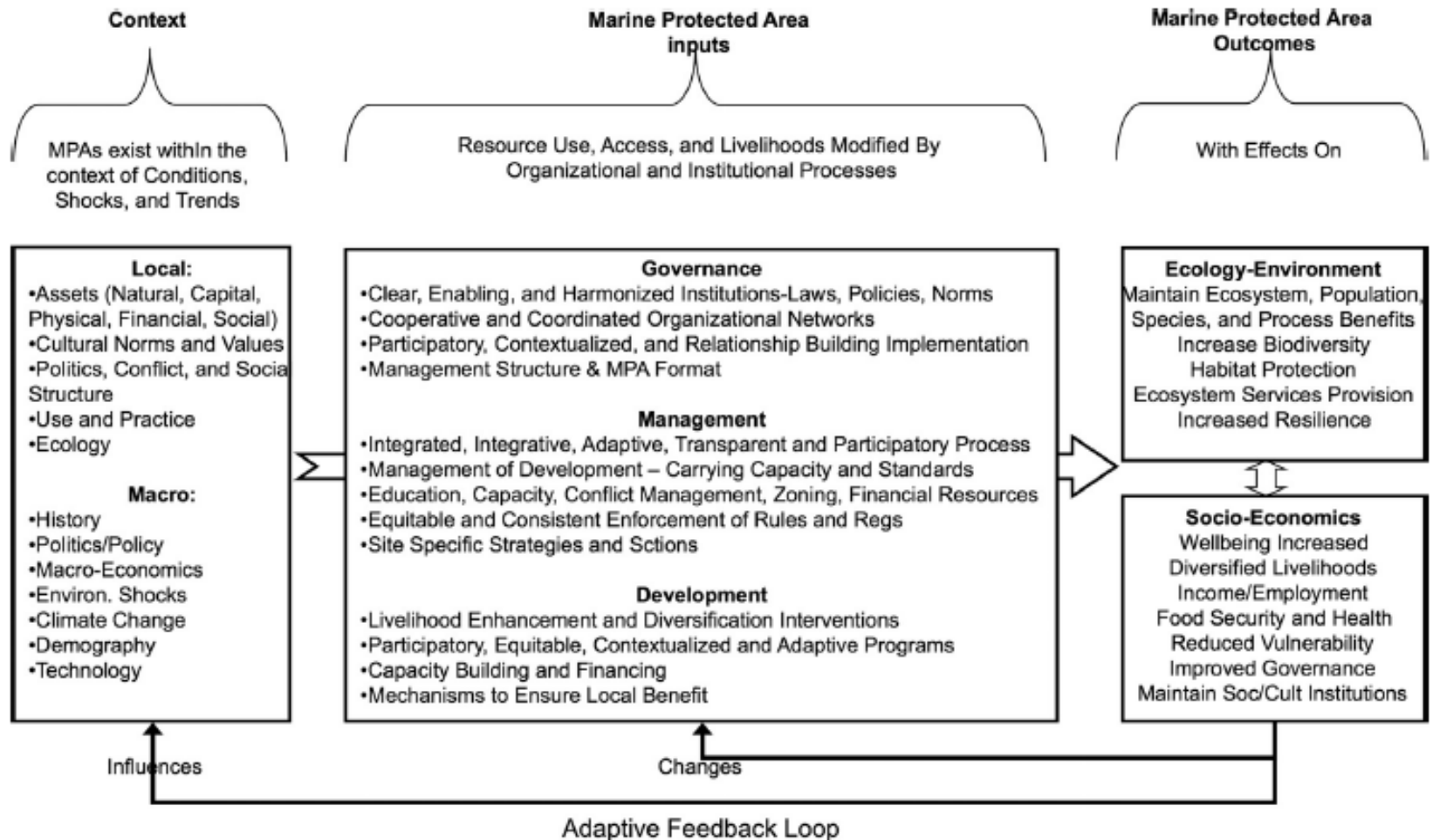
ISRA/Centre de Recherches Océanographiques
de Dakar-Thiaroye,

Pôle de Recherche de l'ISRA, Hann,

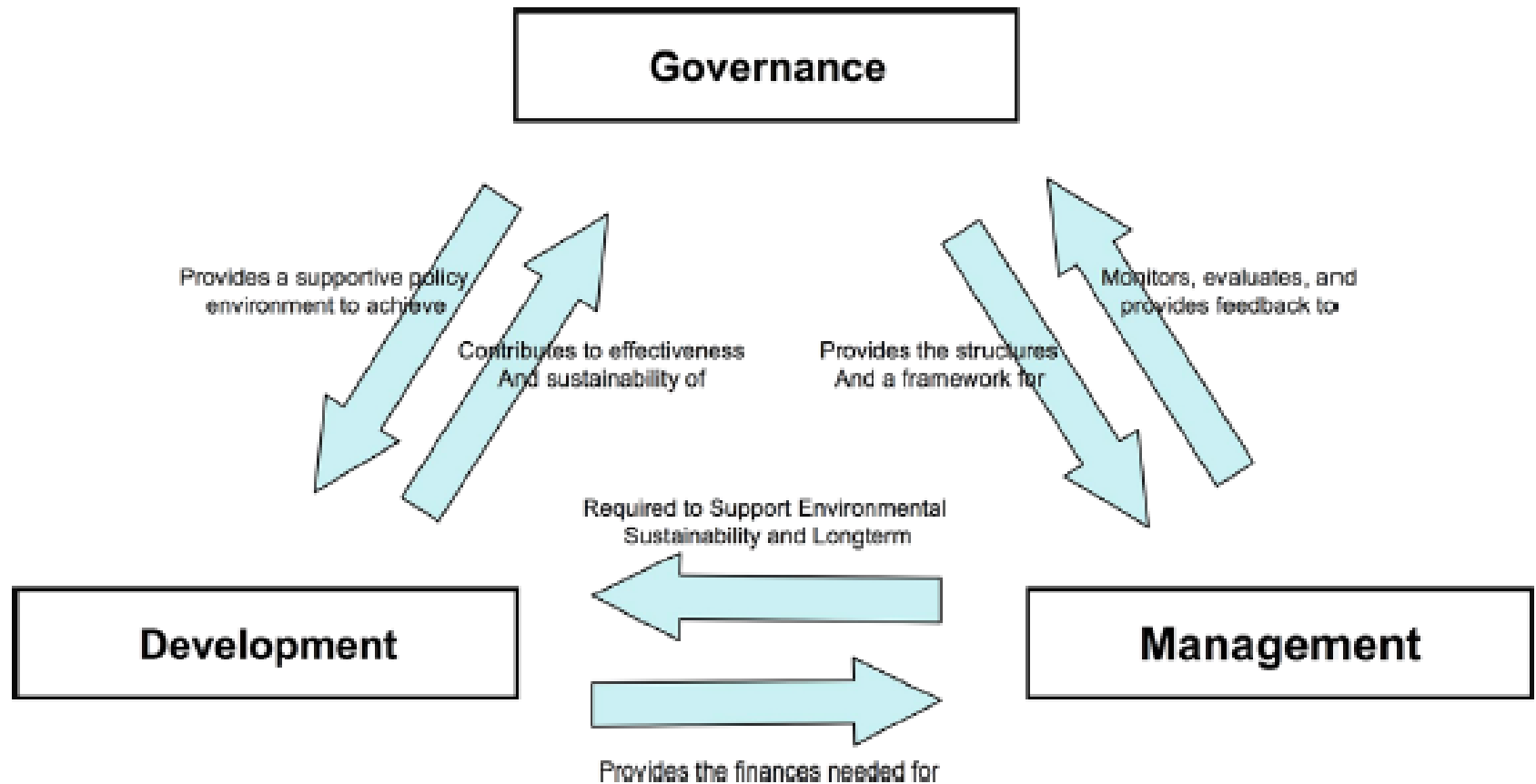
BP 2241, Dakar, Sénégal.

MPA FROM INPUTS TO OUTPUTS AS MEDIATED BY CONTEXT

What is required to achieve successful outcomes from MPAs?

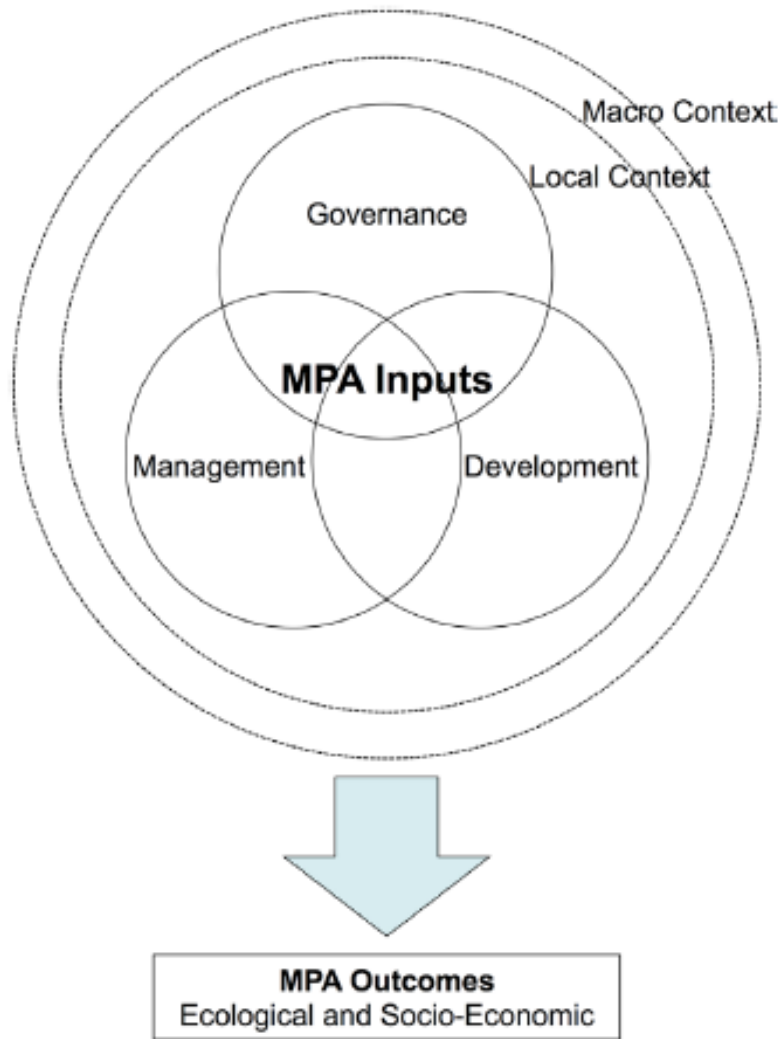


BENEFICIAL MPA OUTCOMES DEPEND ON CONTEXTUAL FACTORS AND INPUTS



Bennett et Dearden
(2014)

BENEFICIAL MPA OUTCOMES DEPEND ON CONTEXTUAL FACTORS AND INPUTS



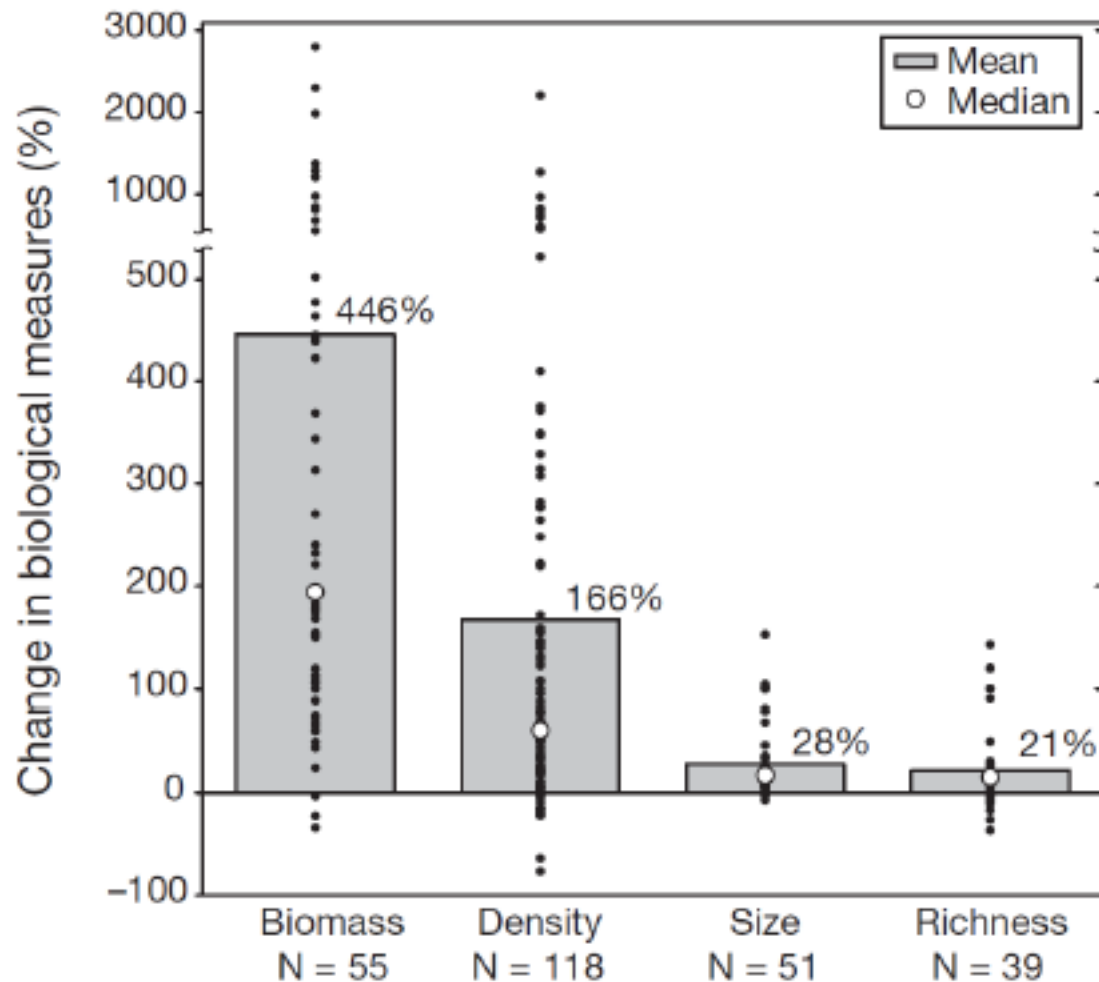
Increased attention to the planning and provision of appropriate governance, management and development inputs in consideration of contextual factors is likely to lead to more beneficial MPA outcomes.

Bennett et Dearden
(2014)

OUTCOMES OF MPA: ECOLOGICAL INDICATORS

- The potential ecological benefits of MPAs to marine systems include process benefits, ecosystem benefits, population benefits, and species benefits (Angulo-Valdés and Hatcher, 2010).
- No-take reserves, in particular, may result in beneficial environmental outcomes.
- Larger reserve size leads to greater reserve fish density but that larger buffer zones result in decreases (Claudet et al. 2008).
- There is a significant difference between no-take areas and partially protected areas in terms of overall benefit and density of organisms.

OUTCOMES OF MPA: ECOLOGICAL INDICATORS



A global review of no-take reserves affirms that no-take MPAs have resulted in average increases in biomass of **446%**, species density of **166%**, in species richness of **21%**, and in size of organisms of **28%**.

MANAGEMENT EFFECTIVENESS EVALUATION (MEE)

- Management effectiveness evaluation (MEE) has gained global recognition as an important framework to promote the continual improvement of conservation efforts in protected areas (Coad et al., 2013; Leverington et al., 2010).
- Outcome assessment is the final stage of MEE, where the condition of important attributes is assessed to determine whether management objectives have been achieved or not (Addison, 2015)

Addison et al. (2015)



ART STATUS OF BIOLOGICAL EFFECTS OF MPA ON ECOSYSTEMS

- The effects of the integral reserves (prohibition of all activities) have been studied for several decades and are an attractive study model where all variables are controlled.
- Other types of MPAs are more complex and therefore have a lower level of knowledge (in Mesnildrey et al. 2010, Halpern 2003).

DIFFERENT EFFECTS OF AMP ON ECOSYSTEMS AND EXPLOITED STOCKS

- Today it is recognized that fishing is one of the activities that has a strong impact on ecosystems.
- MPAs may represent one of the regulatory and management tools of fisheries and his impacts.
- Here we seek to better identify the role they can play in managing through an analysis of the effects of protected areas on ecosystems and stocks inside and outside their borders.

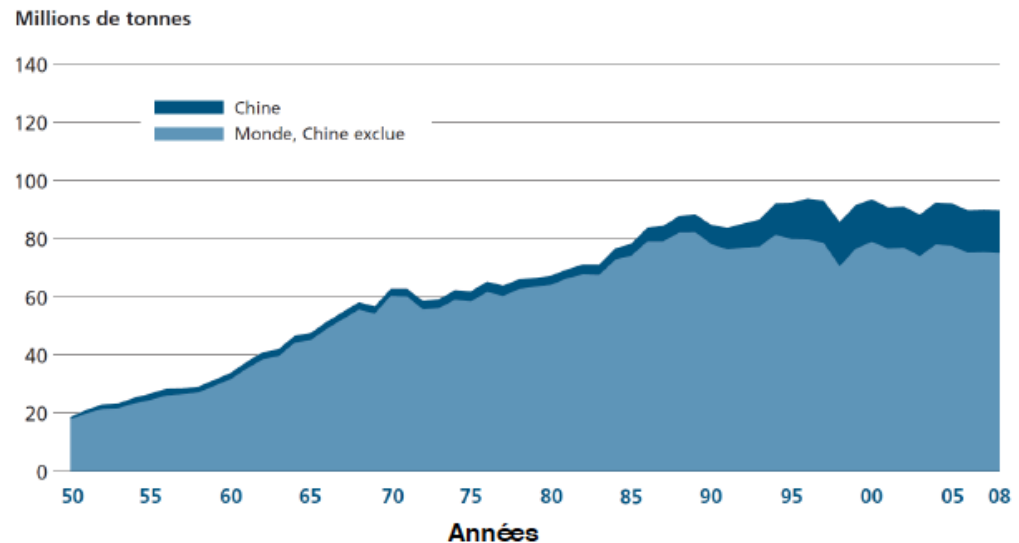
FISHING EFFECTS ON ECOSYSTEMS

Of one miraculous fishing to the degradation of stocks and ecosystems

Development of fisheries from the 20th century (appearance of motorized vessels and development of bottom trawls).

Increased catches.

Stable captures since the 1990s reflect a deterioration of the stocks (FAO 2010).



(FAO 2010).

LES EFFETS DE LA PÊCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES

EFFETS DIRECTS SUR LES POPULATIONS EXPLOITEES

La surexploitation des ressources s'accompagne d'une diminution de la biomasse et de l'abondance des espèces exploitées qui se traduit par une stagnation voire une régression des captures. Ceci est particulièrement vrai pour les espèces de fond, généralement caractérisées par une forte longévité et une faible productivité (in Gascuel 2009).

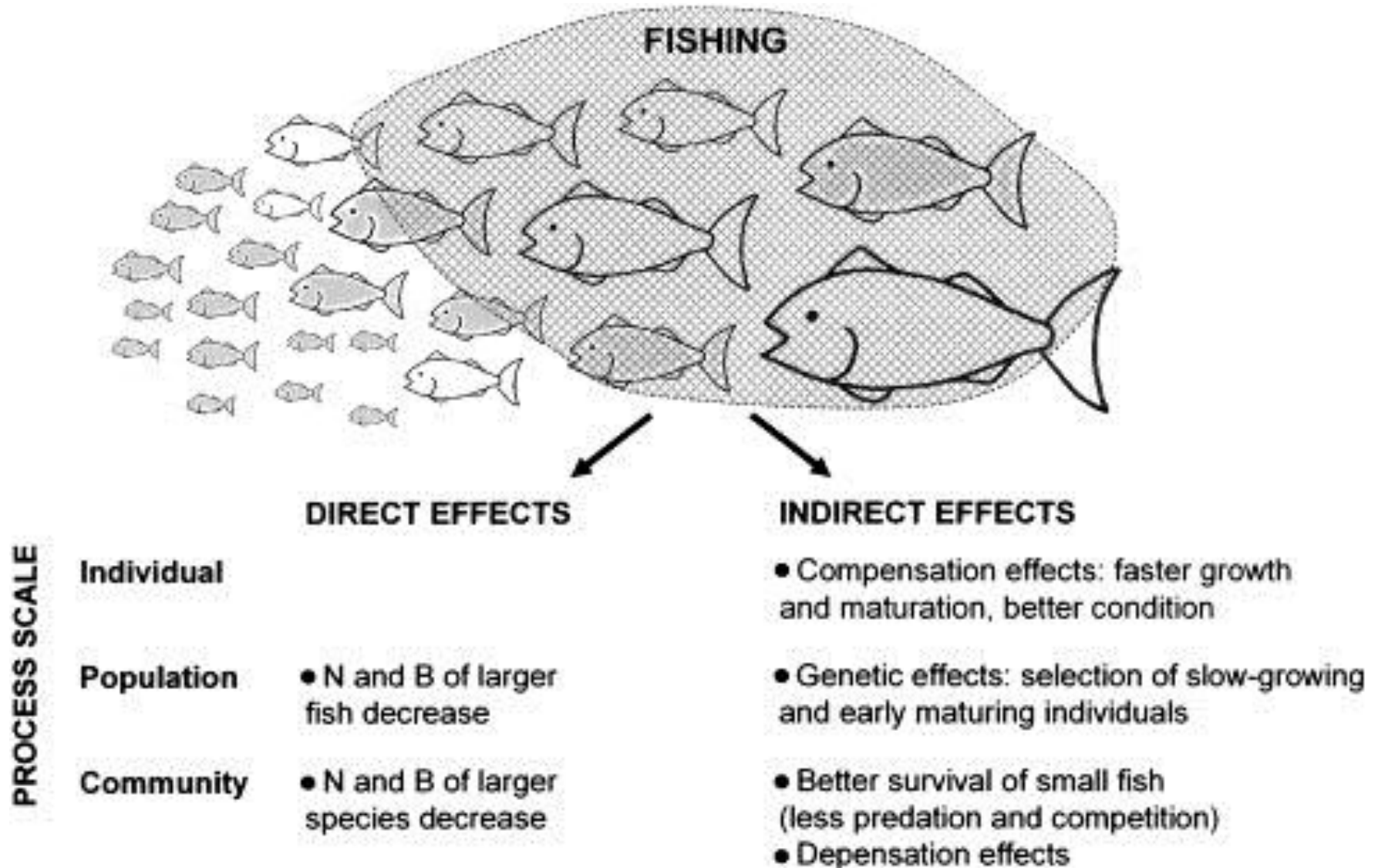
Ces diminutions de biomasse et d'abondance des espèces cibles s'accompagnent de phénomènes de troncature des structures démographiques et d'une plus grande instabilité des ressources. Elle a surtout des effets en chaîne sur les proies, les prédateurs ou les compétiteurs de ces espèces, et finalement sur tous les compartiments de l'écosystème (in Gascuel 2009).

LES EFFETS DE LA PÊCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES

EFFETS DIRECTS SUR LES POPULATIONS EXPLOITEES

Ces diminutions s'accompagnent également d'une diminution de la taille moyenne des poissons. Ce phénomène a des conséquences majeures sur l'ensemble de l'écosystème et des réseaux trophiques qui tendent à être dominés par des espèces de petite taille au cycle de vie court.

LES EFFETS DE LA PÊCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES



LES EFFETS DE LA PÊCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES

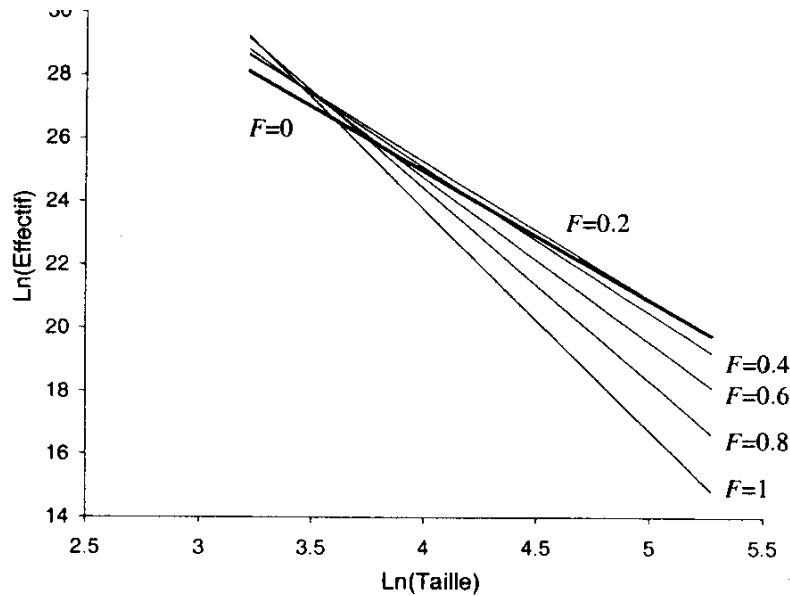
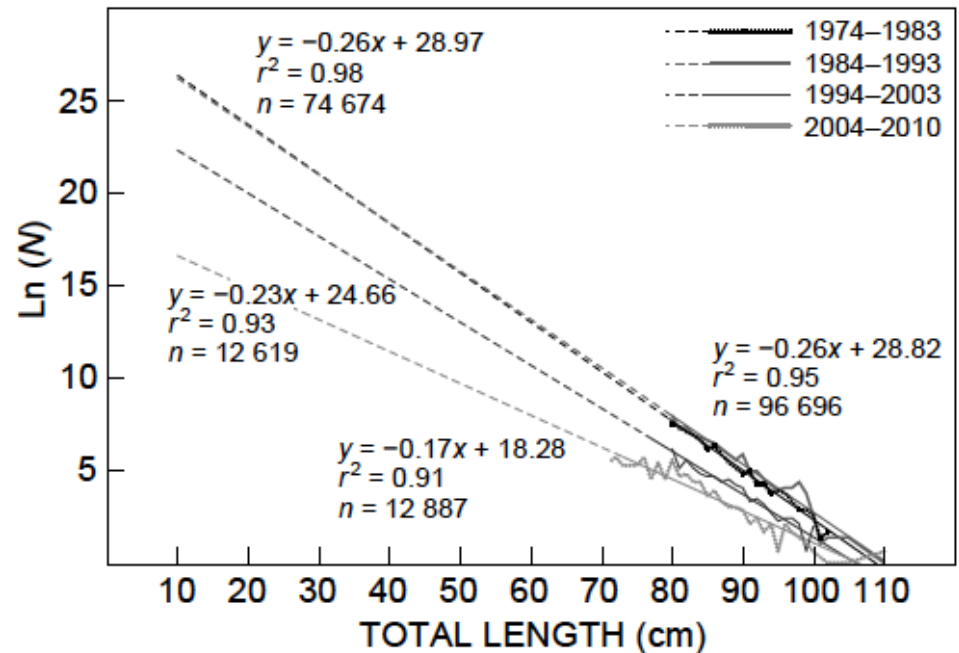
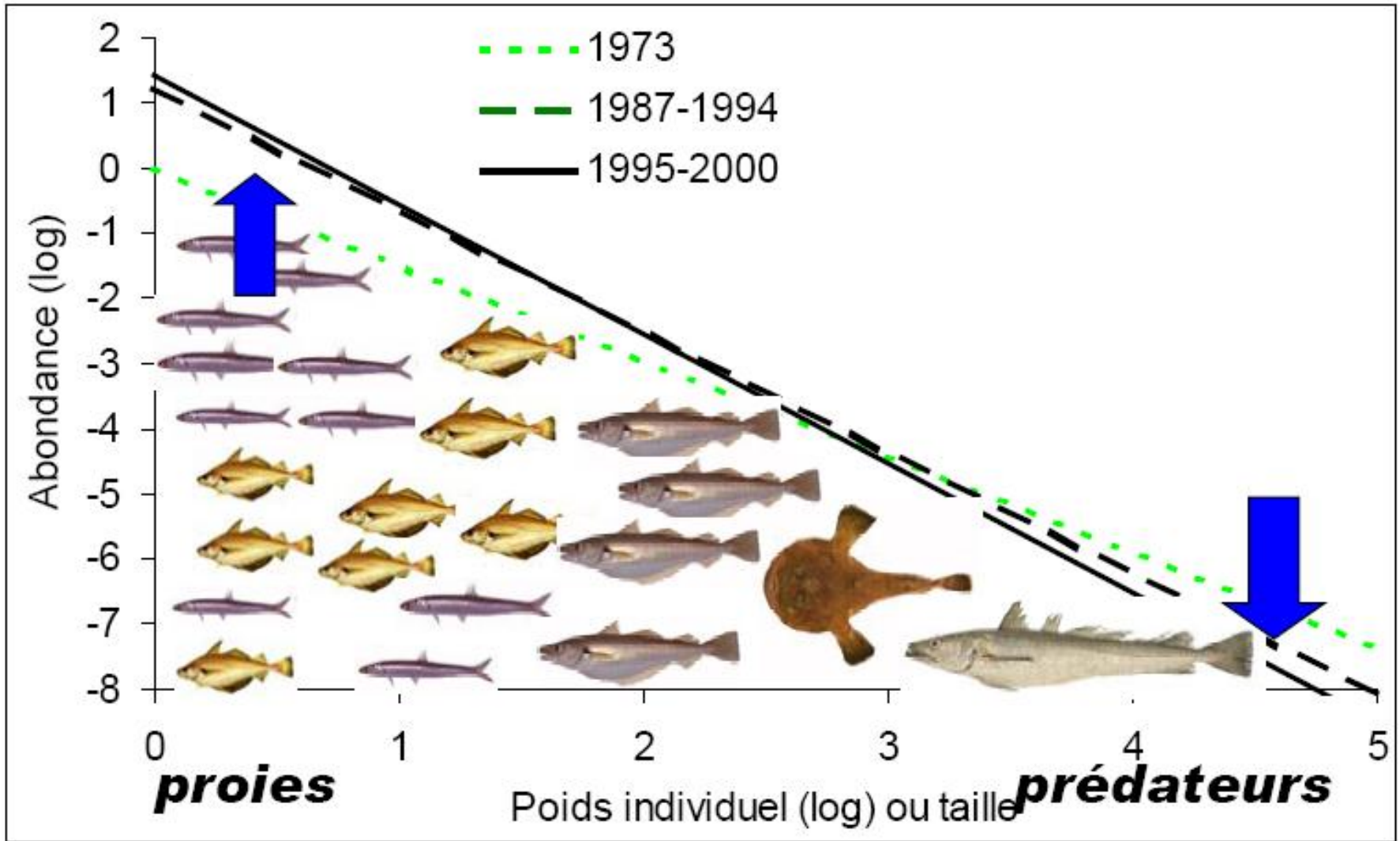


Figure 4.11: Modèles linéaires ajustés au spectre de taille obtenu pour différentes valeurs du taux de mortalité par pêche F , pour des tailles ≥ 20 cm. (in Shin, 2000)



Linear regressions fitted to the log of the number of the larger size individuals against size classes of *Epinephelus aeneus* caught in small-scale fisheries in Senegal (Ndiaye et al. 2013)

Spectres de poids



Blanchard, IFREMER

Peuplement démersal, golfe de Gascogne

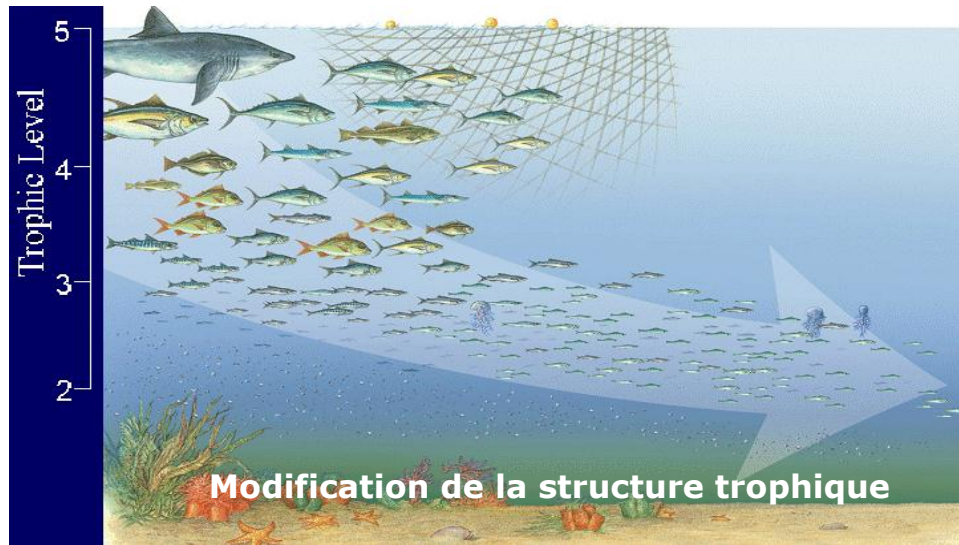
LES EFFETS DE LA PÊCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES

EFFETS DIRECTS SUR LES POPULATIONS EXPLOITEES

On observe une diminution globale des niveaux trophiques parfois irréversible : la diminution des prédateurs par la pression de pêche favorise le développement des espèces fourrages qui sont elles-mêmes des prédateurs pour les larves et les œufs des prédateurs surexploités. Cet effet, appelé **effet « cultural »** (Walters et al. 2001), entraîne une diminution de la survie des juvéniles des prédateurs surexploités, ce qui peut expliquer en partie le faible recrutement prolongé de certains grands stocks surexploités.

La surexploitation d'une espèce peut, par ailleurs, avoir des conséquences sur la diversité génétique d'une population : plus une population est exploitée et la taille de la population réduite, plus le risque de perte de diversité génétique est grand et moins l'adaptation de l'espèce à un changement est possible.

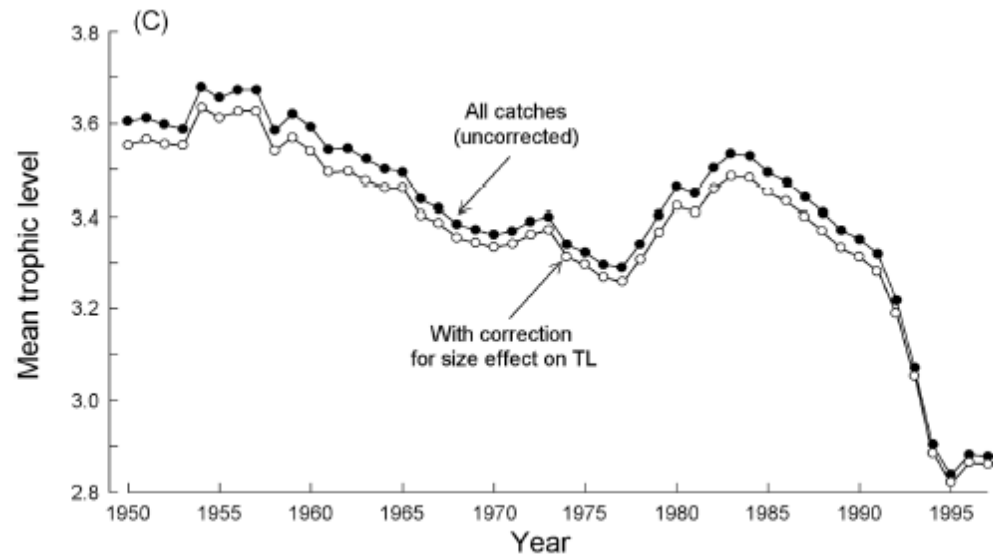
LES EFFETS DE LA PÊCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES



Le « fishing down marine food webs »

(Pauly et al., *Science* 1998)

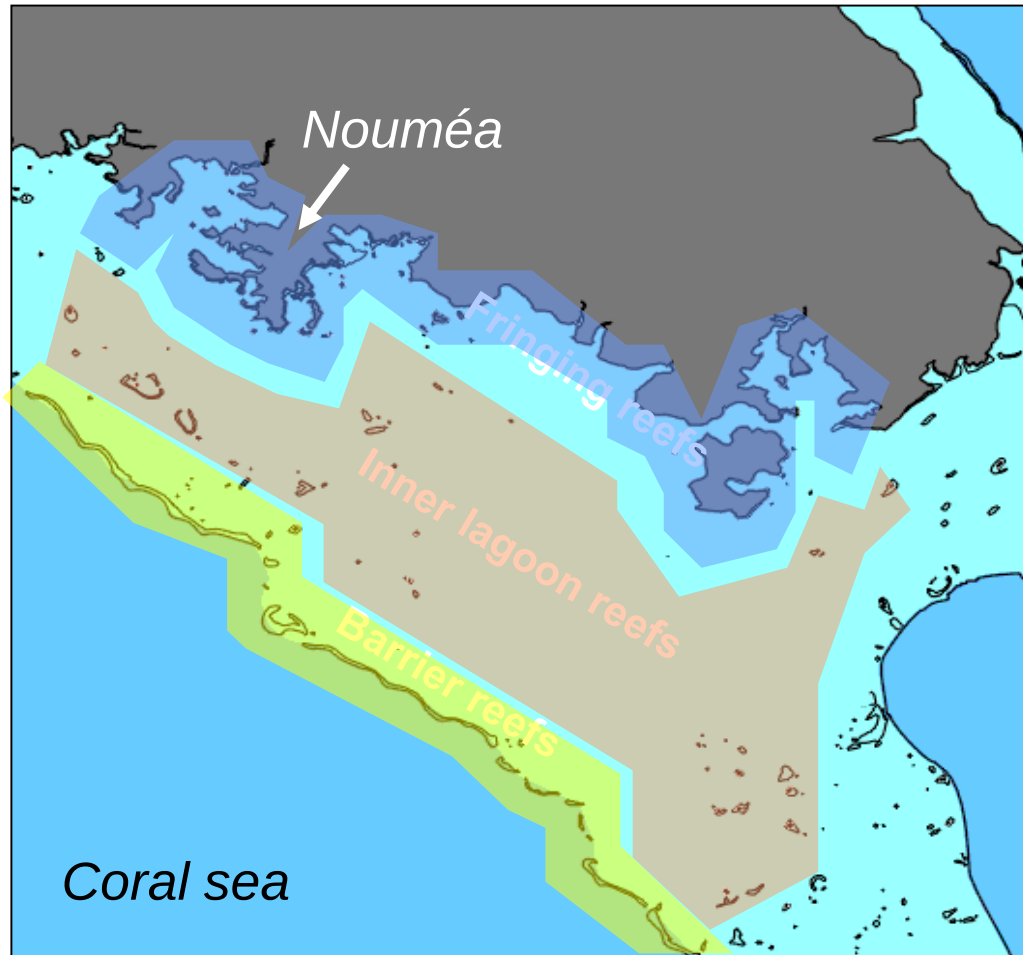
Decrease of the mean TL in the Canadian east coast fisheries landings is observed.



Pauly et al. (2001)

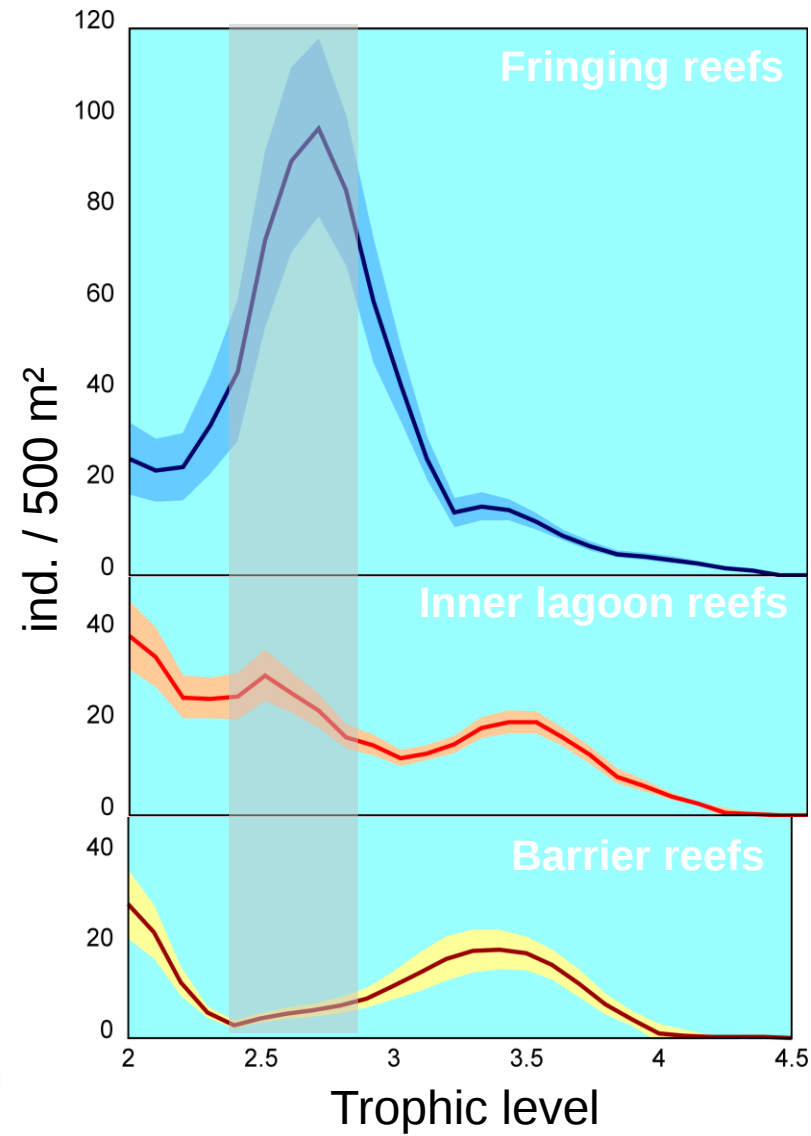
Example 2/3: Searching for habitat-related trophic signatures (Bozec, 2005)...

The main reef habitats in Noumea lagoon (NC)



➡ a succession from the coast to the ocean

Fish abundance vs. trophic levels

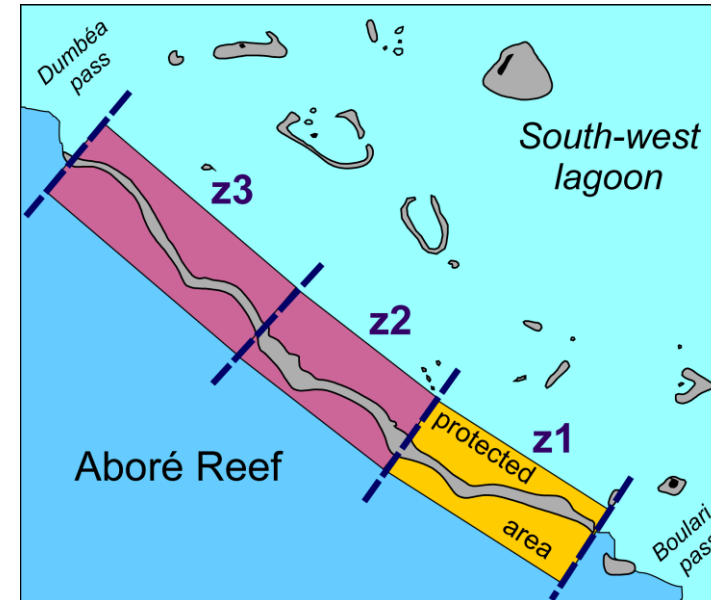


... and for MPA and Fishing impact

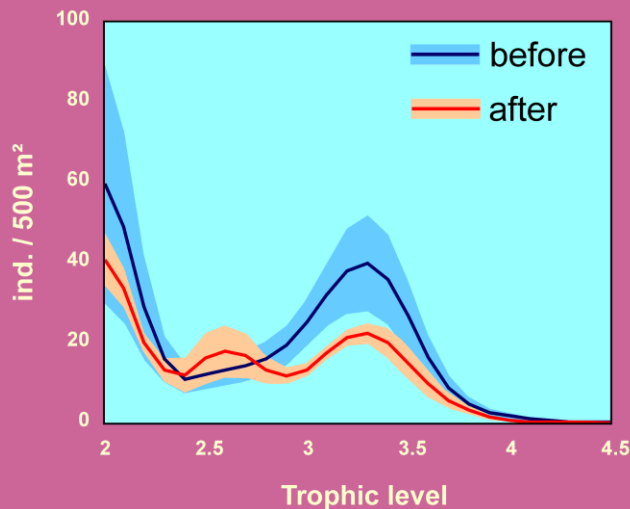
Aboré Reef = MPA located on the barrier reef since the late 80s

1993-95: zones 2-3 temporarily opened to fishing

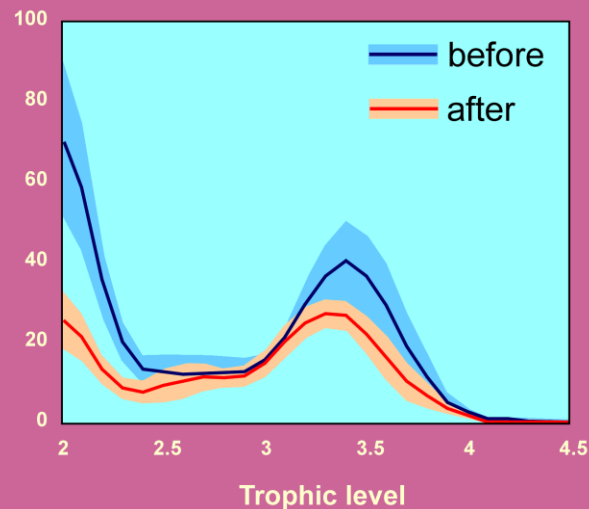
Before After Control Impact (BACI) design



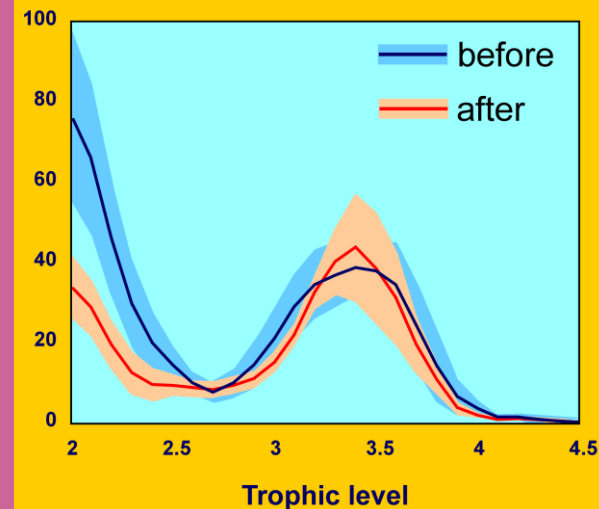
Zone 3



Zone 2



Zone 1



LES EFFETS DE LA PÊCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES

EFFETS DIRECTS SUR LES PEUPELEMENTS ET LES HABITATS

Il existe des effets directs de la pêche sur les peuplements au travers des prises accessoires. La pêche cible certaines espèces commerciales, cependant la sélectivité n'est pas optimale et certains peuplements peuvent être fortement impactés par les pratiques de pêche modifiant ainsi la structure des réseaux trophiques et des écosystèmes. Peu de moyens existent pour estimer ces prises accessoires: FAO estime les rejets en mer dus à la pêche au niveau mondial, à environ 7 millions de tonnes par an (FAO 2010).

Certains modes de pêche et notamment certains engins de pêche, peuvent avoir un impact néfaste sur les habitats. Les engins ciblés sont principalement les engins trainants et plus particulièrement les dragues. Ces destructions d'habitats peuvent entraîner le déclin de certaines populations.

LES EFFETS DE LA PÊCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES

EFFETS DIRECTS SUR LES PEUPLEMENTS ET LES HABITATS

Ces effets négatifs de la pêche sont évidemment combinés à d'autres effets d'origine anthropiques pouvant entraîner une importante dégradation des écosystèmes (destruction d'habitats, pollution marine permanente ou ponctuelle, changement climatique, etc.).

Il est généralement difficile, voire impossible, d'estimer l'impact respectif de la pêche et des autres activités anthropiques sur les écosystèmes mais il est reconnu par les chercheurs que la pêche est fortement responsable de ces dégradations. Dulvy et al. (2003) estime ainsi que parmi les impacts anthropiques pouvant entraîner la perte de biodiversité, la pêche est responsable de 55% des extinctions de populations marines.

LES EFFETS DE LA PÊCHE SUR LES ÉCOSYSTÈMES

EFFETS DIRECTS SUR LES PEUPLEMENTS ET LES HABITATS

L'analyse rapide des effets de la pêche sur les écosystèmes montre qu'il est urgent de mettre en place des mesures de gestion qui prennent en compte les différents impacts. La réduction et le contrôle de l'effort de pêche par la mise en place d'aires marines protégées peut avoir des effets positifs sur les écosystèmes en entraînant notamment une augmentation de l'abondance des ressources qui sont présentes (Martin et al. 2007, Lester et al. 2009, Halpern 2003, Planes et al. 2006).

AMP: OUTILS DE GESTION DES PÊCHERIES?

- Les AMP peuvent représenter un des outils de gestion des pêches.
- On cherche ici à mieux identifier le rôle qu'elles peuvent jouer dans la gestion au travers d'une analyse des effets des zones protégées sur les écosystèmes et les stocks à l'intérieur et à l'extérieur de leurs frontières.

AMP: OUTILS DE GESTION DES PÊCHERIES?

Les AMP sont diverses et il existe une grande variété de situations et d'effets en fonction du statut, des dimensions de l'AMP, du degré de conservation, de l'étendue de la protection et du mode de régulation.

Il est important de noter qu'il existe généralement une grande différence entre les effets théoriques des AMP et les effets réels, en conditions actuelles. Ces effets réels sont souvent loin des prédictions théoriques.

De plus, les impacts observés pour un exemple donné ne sont pas forcément reproductibles pour un autre site. Il est donc difficile de généraliser et il ne faut en aucun cas espérer la somme de tous les effets décrits dans cette partie pour un même site d'étude.

AMP: OUTILS DE GESTION DES PÊCHERIES?

L'étude des effets attendus des AMP sur les écosystèmes et sur les stocks (regroupés sous la notion d'effets biologiques des AMP) nécessite de faire la distinction entre deux grands types de zones de protection en fonction principalement des objectifs, de la taille et du degré de protection (Kelleher 1999) :

- Les réserves intégrales – espace de petite ou de grande taille dans lesquels toute activité extractive significative est interdite (pouvant correspondre aux catégories I et II de l'UICN)
- Les aires multi usages – AMP de grande taille où certaines activités, dont la pêche, sont tolérées sous certaines conditions (pouvant correspondre à la catégorie VI de l'UICN).

AMP: OUTILS DE GESTION DES PÊCHERIES?

Les effets des restrictions spatio-temporelles: Ces restrictions dans la pêche visent à contrôler l'exploitation d'une ressource spécifique sur un espace donné, fixe ou mobile, pour une période donnée (protection permanente, saisonnière ou temporaire). Ces aires de protection temporaires ou permanentes pour la reconstruction des stocks, peuvent inclure des objectifs de protection de la biodiversité ou des habitats (dans le but de protéger les juvéniles, les zones de reproduction, etc.) répondant ainsi à l'objectif principal des AMP de conservation.

Les effets biologiques des réserves correspondent à un changement des caractéristiques biologiques en réponse à l'établissement d'une réserve de pêche.

LIMITES ET CONTRAINTES DES MESURES DES EFFETS

L'identification des effets biologiques des AMP montre qu'il existe une très grande variété d'AMP. Cependant, tous les types de réserves n'ont pas fait l'objet d'un suivi systématique sur le long terme et de nombreuses informations restent manquantes ou peu généralisables. On identifie ainsi un certain nombre de contraintes et limites pour l'analyse des effets des AMP :

- Le manque d'information harmonisée,
- L'absence de point 0,
- Les limites de l'évaluation des effets de la protection.

OUTILS DE MESURES DES IMPACTS DES AMP

Les indicateurs et dispositifs de suivis doivent servir la gestion, aider l'ensemble des acteurs à prendre des décisions liés à la spatialisation des restrictions (zonage) ou à la régulation de l'effort de pêche, ...et à se concerter, pour faire évoluer les plans de gestion des AMP.

Le pilotage d'une AMP dans le temps requière la constitution d'une base de données organisée autour d'un ensemble d'indicateurs qui serviront pour le suivi et l'évaluation périodique des performances ainsi que pour le pilotage en continu. Ces indicateurs eux-mêmes servent de tableau de bord aux responsables de la gestion de l'AMP, en relation avec les objectifs recherchés.

LES DISPOSITIFS DE SUIVI, LES INDICATEURS

Chaque pays de la CSRP dispose d'un système de suivi des ressources et de l'activité de pêche. Des données sont régulièrement collectées qui concernent les flottes, l'effort, l'emploi, les captures, les rendements, et les prix. La grande difficulté réside dans le fait qu'il manque généralement à ces systèmes de collecte et d'analyse des données, une dimension spatiale propre au suivi et à l'évaluation des AMP. Il en est de même pour ce qui concerne le suivi environnemental. Une application spécifique est donc nécessaire.

LES DISPOSITIFS DE SUIVI, LES INDICATEURS

Toute appréciation des effets et impacts repose sur une identification préalable des effets potentiels ou perçus, recherchés ou non. Une seconde étape consiste à établir une liaison robuste entre les objectifs généraux et spécifiques recherchés par la création d'une AMP et les composantes d'un système de suivi et d'évaluation. Cette démarche peut s'effectuer par l'identification d'indicateurs.

ECOLOGICAL INDICATORS

L'utilisation efficace des AMP comme outil de gestion des pêches requiert une étude spécifique des répartitions spatiales des espèces impactées, des écosystèmes et des communautés humaines. Les AMP, couplées à d'autres outils de gestion peuvent permettre d'atteindre des objectifs de conservation des pêches et de la biodiversité mais leurs effets doivent être évalués de façon pertinente et adaptée (Hilborn et al. 2004).

ECOLOGICAL INDICATORS

Deux approches principales permettent de fournir des indicateurs potentiels des effets des AMP. Ces deux approches sont utilisées pour évaluer les effets des AMP sur les pêcheries et la conservation biologique (Pelletier et al. 2008) et permettent de renseigner les indicateurs (sur leur valeur ou leur tendance):

1. l'analyse statistique de données de terrain fournissant un diagnostic sur l'impact des AMP sur les écosystèmes et les ressources,
2. la modélisation mathématique qui quantifie les conséquences des AMP sur la dynamique des populations, des communautés et des pêcheries et permettant d'explorer les conséquences de

ECOLOGICAL INDICATORS

Les indicateurs sont largement utilisés en écologie, et peuvent être regroupés sous le terme d'indicateurs écologiques ou d'indicateurs biologiques.

Un indicateur est alors défini comme une variable qualitative ou quantitative qui peut être obtenue à partir de mesures directement sur le terrain ou indirectement à partir de modèles, et dont l'interprétation permet d'établir un diagnostic sur un effet écologique étudié (Boureau 2009, Pelletier et al. 2008). La FAO (Food and Agriculture Organisation) définit un indicateur comme le résultat d'une observation ou les sorties d'un modèle dont la valeur « indique » (renseigne) l'état présent et/ou les dynamiques du système écologique étudié (FAO 1999).

ECOLOGICAL INDICATORS

Les indicateurs écologiques sont largement utilisés dans l'approche écosystémique des pêches pour évaluer l'impact de la pêche sur les communautés (Rochet et al. 2003, Nicholson et al. 2004) mais également pour évaluer les performances de la gestion au regard des objectifs retenus.

L'utilisation des indicateurs écologiques dans l'évaluation de l'efficacité des AMP est plus récente et s'inspire largement des indicateurs mis en place et jugés cohérents dans l'évaluation des impacts de la pêche (Pelletier et al. 2008).

ECOLOGICAL INDICATORS

Après la mise en place d'une AMP, la revue des principaux effets biologiques des AMP sur les écosystèmes montre que les écosystèmes sont affectés à l'intérieur des frontières de l'AMP dans un premier temps puis à une plus large échelle ensuite.

L'évaluation de l'efficacité écologique des AMP repose donc sur une analyse des effets biologiques à l'intérieur et à l'extérieur des frontières de la réserve à court et à long terme. L'échelle spatiale dépendra directement de la connectivité des écosystèmes de la zone d'étude et de la réponse à la protection.

ECOLOGICAL INDICATORS

La diversité des effets des AMP sur les écosystèmes et leurs ressources requiert généralement de nombreux indicateurs. Un indicateur bioécologique de performance des AMP se doit d'être suffisamment complexe pour capturer les principales informations écologiques mais également suffisamment simple pour être compréhensible et mis à jours régulièrement. Plusieurs programmes de recherche récents identifient des listes d'indicateurs potentiellement intéressants pour l'évaluation de la performance des AMP.

Nous en présenterons ici 3 principaux.

(1) Dans le guide de l'UICN « Comment va votre AMP ? » (Pomeroy et al. 2006), une liste des principaux indicateurs pour l'évaluation de l'efficacité d'une AMP est proposée.

(2) Dans le projet Liteau II-AMP, PAMPA (Développement d'outils diagnostics et exploratoires d'aide à la décision pour évaluer la performance d'Aires Marines Protégées), les indicateurs biologiques potentiels sélectionnés sont classés en fonction de l'échelle de temps (à laquelle l'effet ainsi évalué se réfère) et de l'effet qu'ils renseignent : un même indicateur peut permettre d'évaluer plusieurs effets attendus de l'AMP et un effet peut être évalué par plusieurs indicateurs.

(3) Le projet AMPHORE (Aires Marines Protégées et gestion Halieutique par Optimisation des Ressources et des Ecosystèmes), propose une sélection et une hiérarchisation des indicateurs en fonction des objectifs spécifiques des AMP.

ECOLOGICAL INDICATORS

Ces indicateurs peuvent être classifiés en fonction des objectifs et buts biophysiques pour lesquels ils apportent une information contribuant à leur évaluation : maintien ou protection des ressources marines, restauration des zones dégradées, etc. (Pomeroy et al. 2006).

Liste des indicateurs biophysiques potentiels pour l'évaluation de l'efficacité des AMP (Pomeroy et al. 2006)

Correspondance entre les indicateurs biophysiques et les buts et objectifs communs

	Abondance des espèces focales	Structure de population des espèces focales	Complexité et répartition de l'habitat	Composition et structure de la communauté	Succès du recrutement au sein de la communauté	Intégrité du réseau trophique	Type-niveau et rentabilité de l'effort de pêche	Qualité de l'eau	Zones présentant des signes d'amélioration	Zones soumises à un impact humain nul ou limité
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
But 1										
1A	●	●				●	●			
1B			●	●	●			●		
1C	●	●		●		●	●		●	●
1D	●	●		●		●	●			●
1E	●				●		●		●	●
1F	●	●					●		●	
But 2										
2A				●	●		●		●	●
2B						●		●	●	
2C	●	●		●						
2D		●	●				●	●		●
2E				●				●		●
2F										
2G	●			●						
But 3										
3A	●	●	●			●	●		●	
3B			●	●		●	●	●	●	
3C							●	●		●
3D	●	●		●						
But 4										
4A			●	●	●			●	●	
4B			●	●	●			●	●	
4C			●	●	●			●		●
4D	●		●	●				●		
But 5										
5A	●					●	●		●	
5B	●	●		●				●	●	
5C		●	●	●				●	●	
5D	●			●				●	●	●
5E	●		●	●					●	

ECOLOGICAL INDICATORS

Les indicateurs potentiellement intéressants pour l'évaluation des effets biologiques des AMP peuvent reposer à la fois sur des modèles dynamiques ou sur l'analyse des données de terrain.

Les métriques basées sur des modèles des pêches spatialement explicites et structurés en âge peuvent être utiles afin d'évaluer les conséquences des AMP et des mesures de gestion des pêches adjacentes sur les populations. L'abondance, la biomasse et la distribution par âges renseignent sur l'état de la population ; alors que le taux de croissance asymptotique, le risque d'effondrement et les variations d'abondance renseignent sur sa dynamique (Pelletier et al. 2008).

ECOLOGICAL INDICATORS

Ainsi, on distingue deux types d'indicateurs, les indicateurs empiriques (observés et calculés à partir des observations) et les indicateurs simulés (modélisés). Les premiers sont « locaux » dans l'espace mais aussi dans le temps, alors que les seconds sont « globaux » dans l'espace (ils englobent le plus souvent toute la communauté) et peuvent couvrir tout le vecteur du temps (passé et futur).

ECOLOGICAL INDICATORS

La réflexion menée dans le cadre du projet AMPHORE propose une sélection et une hiérarchisation des indicateurs en fonction des objectifs spécifiques des AMP. Au total sept indicateurs ont été sélectionnés, et répartis selon l'objectif « annoncé » lors de la mise en place de l'AMP : objectif de conservation de la biodiversité ou objectif d'exploitation durable des ressources halieutiques. Ils sont ensuite divisés en deux catégories suivant l'échelle d'estimation : échelle des populations ou des communautés.

ECOLOGICAL INDICATORS

	Objectif de « Conservation »	Objectif de « Exploitation durable »
Population	Ln de l'abondance de chaque population i ($\ln(N_i)$)	Ln de l'abondance de chaque population i ($\ln(N_i)$)
	Longueur moyenne de chaque population i (L_{bari})	Longueur moyenne de chaque population i (L_{bari})
Communauté	Ln de l'abondance de l'ensemble des populations ($\ln(N)$)	Ln de l'abondance de l'ensemble des populations ($\ln(N)$)
	La diversité de Simpson (1-D) au sein de la communauté	Longueur moyenne des individus dans la communauté (L_{bar})
	Biomasse totale des espèces vulnérables (W_{vuln}) ⁹	Biomasse totale des espèces cibles (W_{cible}) ¹⁰

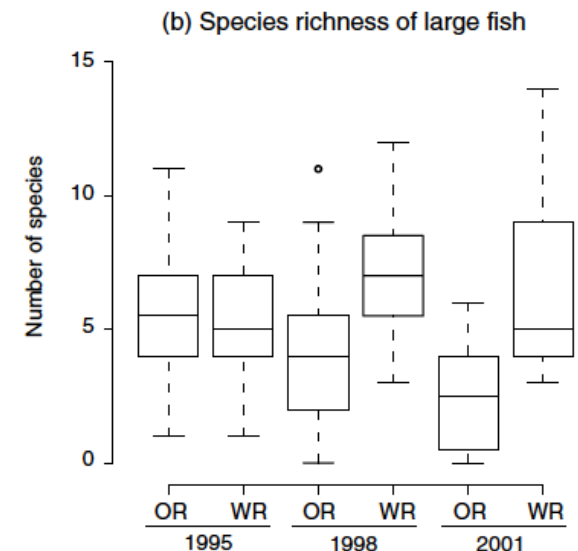
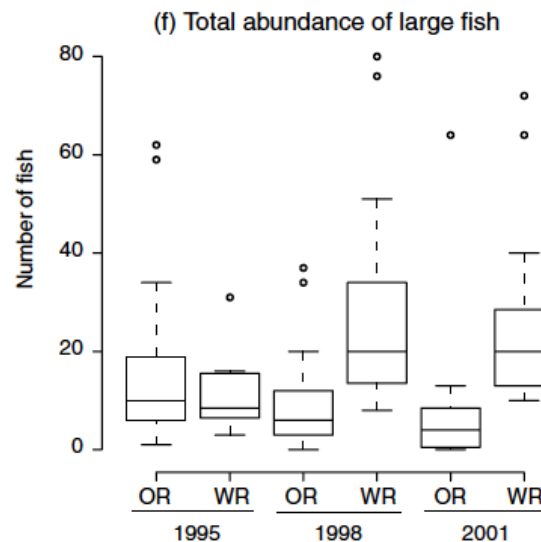
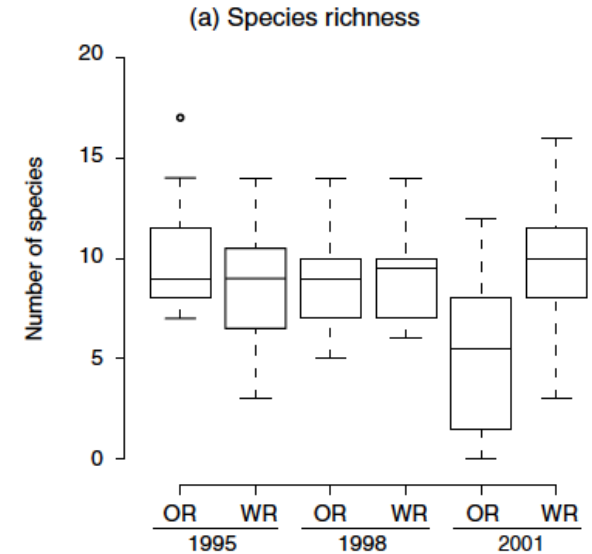
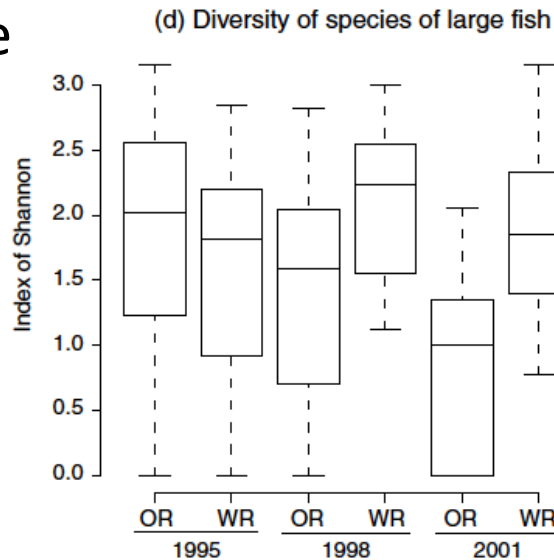
Définition des indicateurs selon le principal objectif de la mise en place de l'AMP –
Projet
AMPHORE

ECOLOGICAL INDICATORS

In 1995, situation before

In 1998, differences between locations on overall abundance, richness and diversity became significant only for large fish.

In 2001, inside/outside differences in overall abundance, species richness and diversity were all significant whether considering all or large fish.



(Claudet et al. 2006).

ECOLOGICAL INDICATORS

Les données nécessaires au calcul des indicateurs sont des suivis d'abondance, de biomasse et de taille des espèces. Toutes les espèces commerciales et non commerciales devraient être prises en compte. Parmi les indicateurs sélectionnés, deux d'entre eux nécessitent une certaine connaissance de l'écosystème. Ces indicateurs sont basés respectivement sur la liste des espèces vulnérables et celles des espèces cibles.

Les données doivent provenir de mesures réalisées avant et après la mise en réserve mais aussi à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve.

SUIVI BIOÉCOLOGIQUE DES AMP ET DES PÊCHES ET DISPOSITIFS DE SUIVI

Le suivi joue un rôle essentiel dans la gestion des AMP. Il fournit l'information indispensable à la prise de décision de gestion et à la mesure des impacts de ces décisions. Le suivi biologique vise à mesurer l'évolution de l'état de santé des milieux, des populations et de la biodiversité à l'intérieur mais aussi à l'extérieur des AMP et ainsi à renseigner une liste d'indicateurs définie suivant les objectifs spécifiques de la réserve.

SUIVI BIOÉCOLOGIQUE DES AMP ET DES PÊCHES ET DISPOSITIFS DE SUIVI

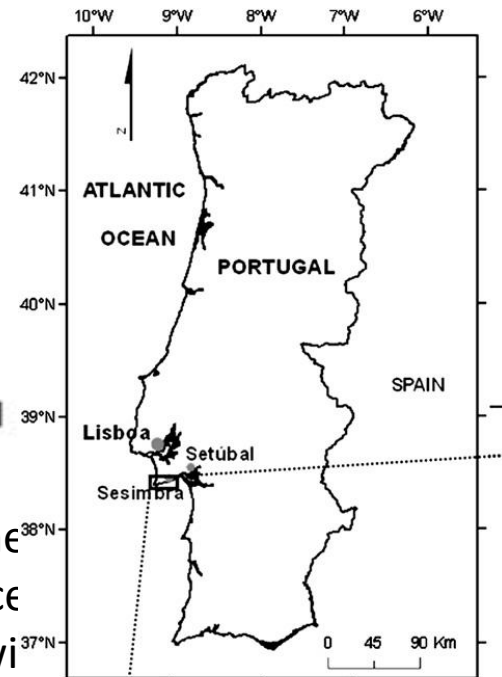
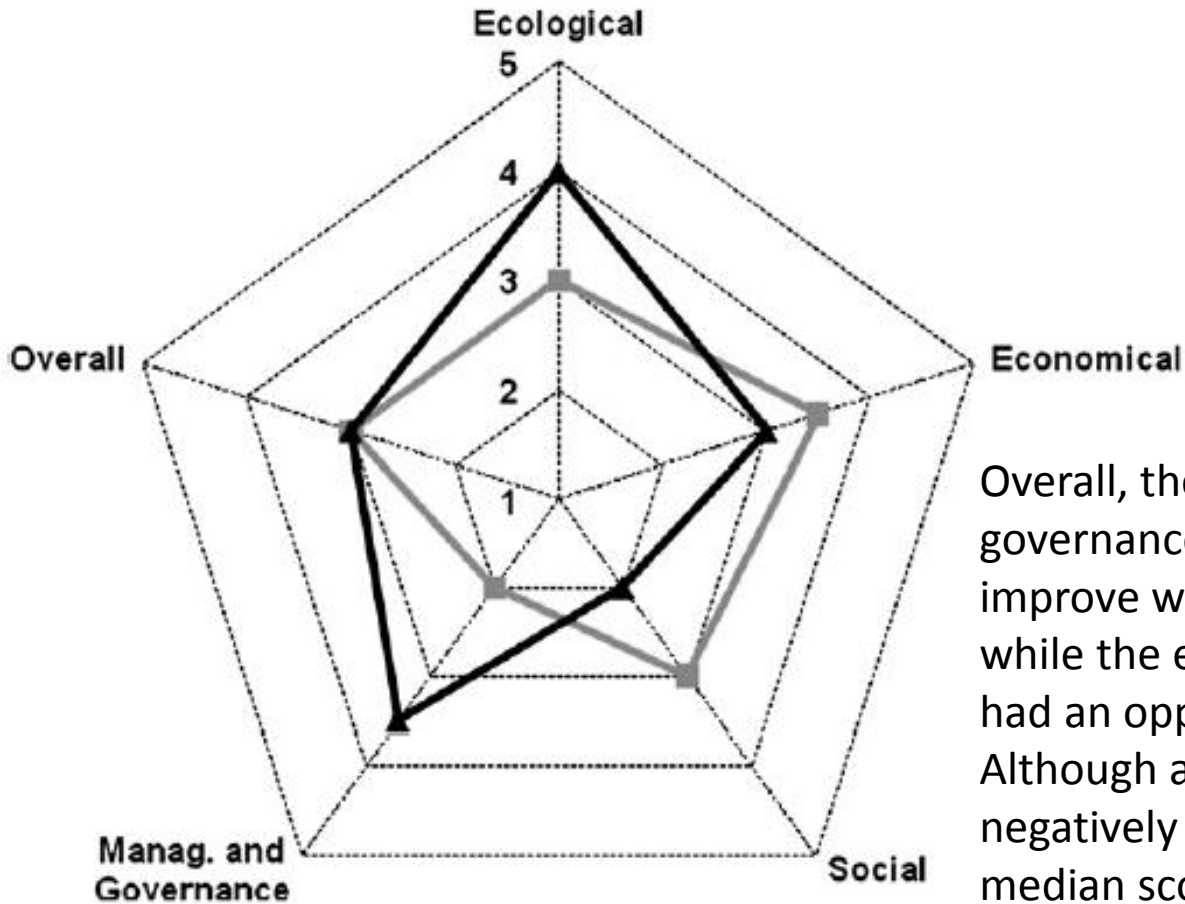
La méthode d'évaluation des effets des AMP doit être choisie en fonction des objectifs et du type de l'AMP.

En effet, le suivi scientifique des réserves intégrales, lorsque les restrictions d'accès sont bien respectées, est relativement aisé à analyser.

Lorsque les AMP ne sont pas des réserves intégrales, autrement dit lorsque certaines activités, dont la pêche, sont autorisées, les effets observés peuvent ne pas être le résultat de la mise en réserve.

Effets à court terme	Protection des stocks critiques de reproducteurs	Biomasse totale, biomasse par famille	Biomasse (totale ou par patch)
		Densité totale, densité des espèces exploitées, densité par groupe trophique, par famille ou par stade de maturité des espèces	Abondance (totale, par patch ou par sous-population)
		Distribution des espèces par groupe de taille	Abondance et biomasse de reproducteurs
		<i>Biomasse par espèce ou par genre, densité par espèce ou par genre, CPUE par espèce</i>	Taux de croissance asymptotique (modèle de Leslie)
			Risque d'effondrement de la population (performance)
	Réhabilitation de la structure d'âge des populations	Distribution des espèces par groupe de taille	Abondance et biomasse de reproducteurs
		<i>Taille moyenne par espèce ou par genre</i>	Distribution stable par âge (modèle de Leslie)
		<i>Biomasse par espèce ou par genre</i>	
	Restauration de la structure d'assemblage	Profil de densité par espèce	Capture ou biomasse par composante des communautés (modèles trophodynamiques)
		<i>Richesse spécifique par famille</i>	Spectres de taille ou de biomasse
	Exportation de biomasse	Données de mouvements, domaine vital, fidélité aux sites	Abondance (par sous-population ou par patch)
			Biomasse (par sous-population ou par patch)
			Captures par patch
Effets à moyen terme	Protection de la biodiversité	Richesse spécifique totale	Captures ou biomasse (totales ou par groupe)
		<i>Autre indice de diversité</i>	Spectres de taille ou de biomasse
	Effets indirects sur les algues et les invertébrés	Couverture benthique	<i>Abondance des invertébrés</i>
		<i>Densité par espèce ou par genre</i>	<i>Abondance des algues</i>
	Augmentation des rendements par pêche	<i>CPUE par espèce</i>	Rendement à l'équilibre (basé sur des modèles de rendement par recrue), rendements à court terme en fonction de l'effort et métriques faunomériques

Classification of the dimensions of indicators

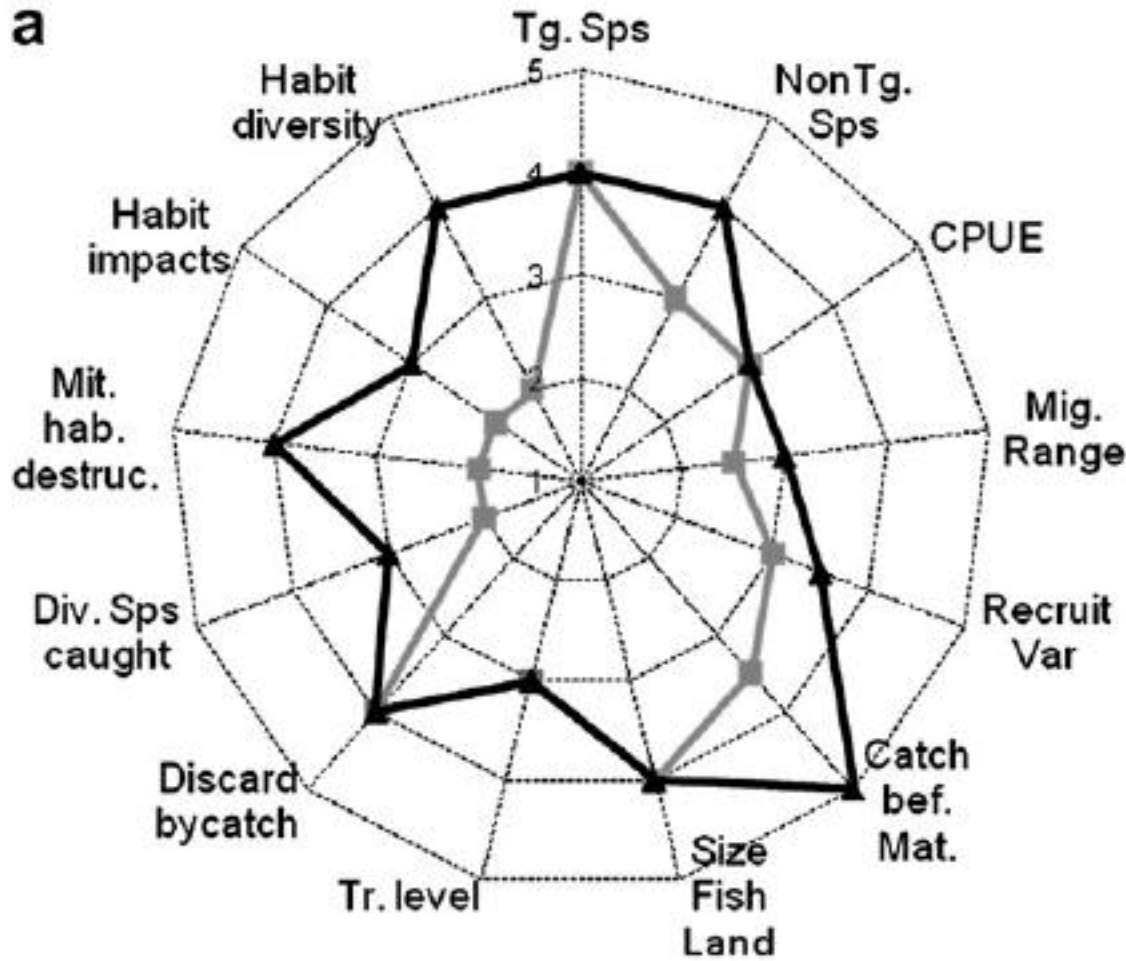


Overall, the governance improve wi
ment and tendency to the MPA,
while the economic and social dimensions had an opposite trend.
Although all the dimensions were positively or negatively influenced by the MPA, the overall median score (considering all individual indicators) was constant both before and after the implementation of the MPA and situated in the mean of the classification scale.

Polygonal kite diagrams

Batista et al. (2011)

Classification of ecological indicators



Batista et al. (2011)

Polygonal kite diagrams representing the classification of ecological indicators

Most ecological indicators attained higher scores after the implementation of the MPA.

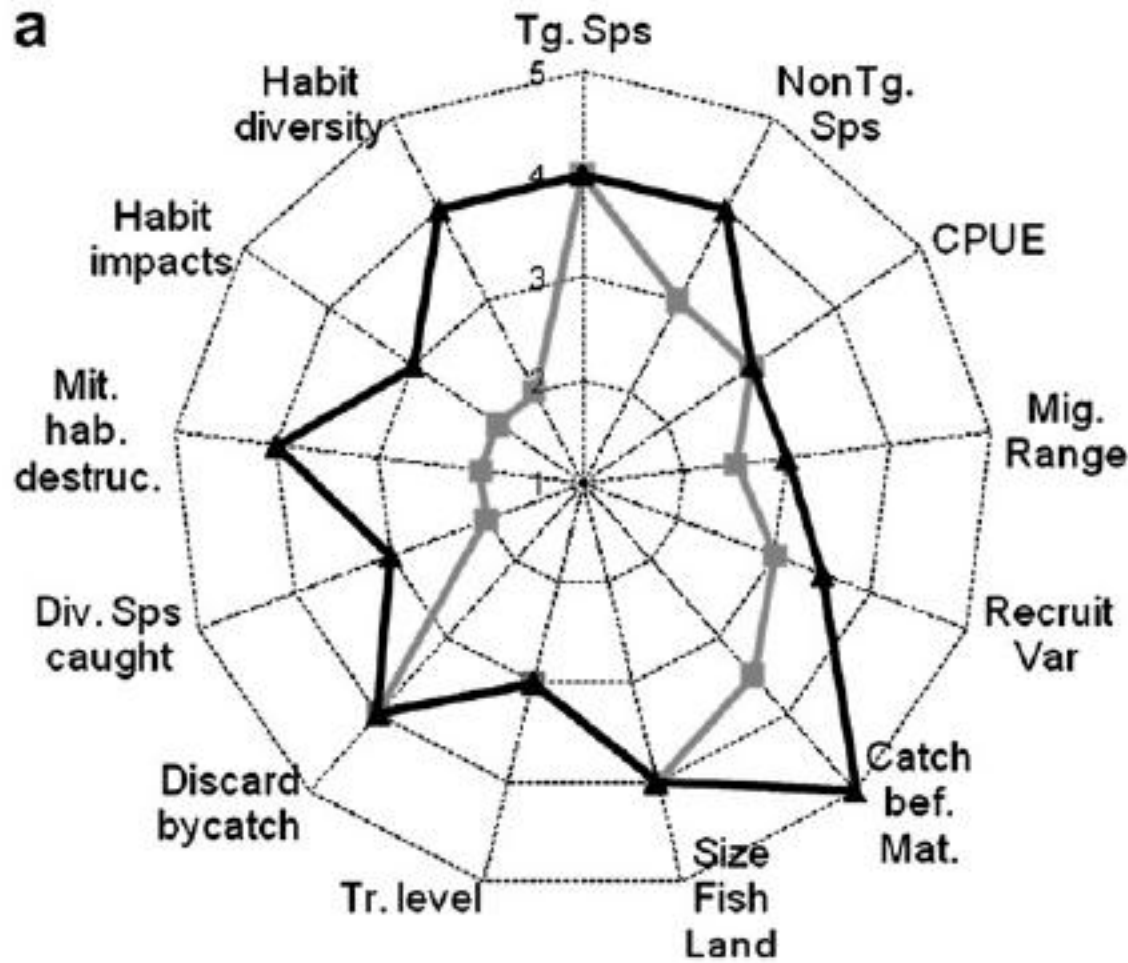
Indicators related to habitats, “habitat diversity” and “habitat impacts”, and “catch before maturity” showed the greater increases.

Conducting a MPA management effectiveness evaluation

- a four-part process (Pomeroy, 2005):
 - (1) select the appropriate indicators,
 - (2) plan and prepare for the evaluation,
 - (3) collect and analyze data for the selected indicators, and
 - (4) communicate and use evaluation results to adapt the MPA's management.

Thank you for your attention!

Classification of ecological indicators



Polygonal kite diagrams representing the classification of ecological indicators

Batista et al. (2011)

Tg. Sps: Exploitation status of target species, Non Tg. Sps: Exploitation status of non-target species, Ecl 3: CPUE, Ecl 4: Mig. range, Ecl 5: Recruit Var, Catch bef. mat.: Catch before maturity, Size fish land: size of fish landed, Tr. Level: Change in trophic level, Discarded bycatch: Discarded bycatch, Div. Sps caught: Diversity of species caught, Mit. hab. Destruc: Mitigation of habitat destruction, Habitat imp.: Habitat impacts, Habitat div.: Habitat diversity;