



DÉVELOPPEMENT D'OUTILS DIAGNOSTICS ET EXPLORATOIRES D'AIDE À LA DÉCISION POUR ÉVALUER LA PERFORMANCE D'AIRES MARINES PROTÉGÉES

DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC AND EXPLORATORY DECISION- SUPPORT TOOLS FOR ASSESSING THE PERFORMANCE OF MARINE PROTECTED AREAS

<p>Programme Liteau 2 Rapport de fin de contrat</p>

Département Ecologie et Modèles
pour l'Halieutique (EMH)
Centre IFREMER de Nantes

Dominique PELLETIER
IFREMER-EMH/IRD-CoReUs
Centre IRD de Nouméa
BP A5, 98848 Nouméa Cedex

Date : 04/04/2007

N° de contrat : 19-B-2003

Date du contrat : 08/07/2004

TABLE DES MATIÈRES

Synthèse

Résumés des publications

Rapport scientifique

Tirés à part des publications

SYNTHÈSE

DÉVELOPPEMENT D'OUTILS DIAGNOSTICS ET EXPLORATOIRES D'AIDE À LA DÉCISION POUR ÉVALUER LA PERFORMANCE D'AIRES MARINES PROTÉGÉES

PROGRAMME LITEAU 2

Responsable scientifique du projet : Dominique PELLETIER (IFREMER)

Partenaires scientifiques bénéficiaires : J. FERRARIS (IRD), F. ALBAN (UBO), B. BELIAEFF (IFREMER), J. BONCOEUR (UBO), J. CLAUDET (IFREMER/EPHE), G. DAVID (IRD), R. GALZIN (EPHE), M. JARRAYA (EPHE), I. JOLLIT (IRD/UNC), P. LENFANT (EPHE), M. LÉOPOLD (IRD), D. MOUILLOT (UMP II), G. VÉRON (IFREMER).

Partenaires gestionnaires bénéficiaires : M.L. LICARI (RNCB), J.M. CULIOLI (RNBB), P. LE NILIOT (MPMI), F. BACHET (PMCB), B. FERRARI (RNCB), E. CHARBONNEL (PMCB)

EPHE : Ecole Pratique des Hautes Etudes (Perpignan)

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

UBO : Université de Bretagne Occidentale

UMP II : Université de Montpellier II

UNC : Université de Nouvelle-Calédonie

RNCB : Réserve Naturelle de Cerbère-Banyuls

RNBB : Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio

MPMI: Mission pour le Parc Marin d'Iroise

PMCB : Parc Marin de la Côte Bleue

CONTEXTE GÉNÉRAL

Quelle situation, quels enjeux motivent ce projet ?

Dans un contexte de dégradation des écosystèmes côtiers due à une pression anthropique intense et multiforme, les Aires Marines Protégées (AMP) constituent un instrument privilégié de la gestion intégrée des zones côtières. Sous condition d'une configuration (zonage et réglementations) appropriée, les AMP sont susceptibles pouvoir répondre à plusieurs objectifs de gestion : conservation des écosystèmes côtiers (biodiversité et ressources), gestion des pêcheries et plus généralement des usages. La mise en place d'AMP est ainsi devenue un leitmotiv de la gestion côtière, à un niveau international (Union Européenne, Convention sur la Diversité Biologique, OSPAR, Natura 2000) et dans ses déclinaisons nationales (Création de Parcs Naturels Marins, Désignation des sites Natura 2000 marins).

Cependant, il est indispensable de pouvoir évaluer l'efficacité des AMP à atteindre chacun des objectifs qui leur sont assignés. La nécessité de cette évaluation figure d'ailleurs au cahier des charges de plusieurs textes stratégiques ou juridiquement contraignants (Stratégie Marine de la Commission Européenne, Nouvelle Politique Commune des Pêches, Patrimoine Mondial UNESCO...). Cette évaluation représente un défi méthodologique, notamment dans la perspective d'une aide à la décision, c'est à dire pour fournir des éléments suffisamment robustes et fiables en vue de choisir entre plusieurs alternatives de gestion.

A l'heure actuelle, bien que la littérature scientifique abonde sur l'évaluation de l'effet réserve sur les poissons (ressources et biodiversité), une bonne partie se révèle relativement peu convaincante dans l'optique d'une aide à la gestion. Ainsi, les approches traditionnelles analysent séparément les réponses biologiques de certaines espèces ou groupes d'espèces sans fournir un diagnostic d'ensemble sur la réponse de l'écosystème à la protection. Par ailleurs, certains effets restent pour l'essentiel à évaluer, comme les effets des AMP sur la dynamique des ressources halieutiques et des pêcheries qui en dépendent. Enfin, ces contributions s'inscrivent dans une perspective de recherche et sont généralement déconnectées des besoins des gestionnaires.

OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU PROJET

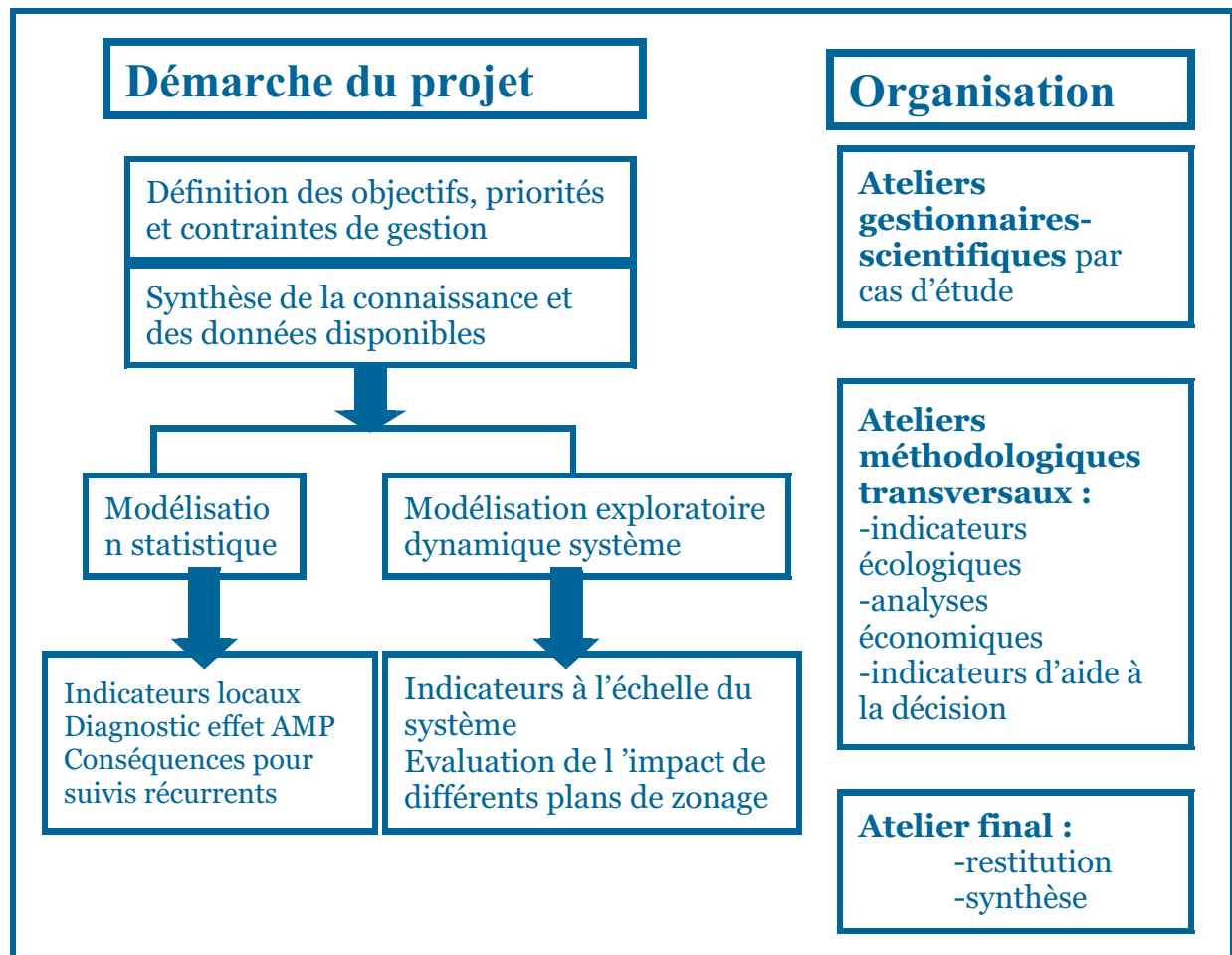
Dans ce projet, nous avons cherché à partir des besoins des gestionnaires en organisant les actions à partir des questions qu'ils se posent en matière d'évaluation de la performance des AMP. Les objectifs de chaque étape sont les suivants :

- Identifier et formaliser les objectifs et priorités des gestionnaires ;
- Choisir parmi les questions soulevées par les gestionnaires celles qui sont abordables dans le projet compte tenu des ressources humaines et financières du projet ;
- Proposer pour ces questions des méthodologies d'analyse rigoureuses et pouvant mener à des diagnostics fiables en termes d'évaluation ;
- Identifier les indicateurs qui peuvent être construits pour répondre aux questions posées et en fonction des méthodologies précédentes ;

Un objectif général important du projet est d'initier et de pérenniser la relation gestionnaires/scientifiques au sein d'une démarche impliquant les deux parties.

QUELQUES ÉLÉMENTS DE MÉTHODOLOGIE (ET ÉVENTUELLES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES)

La démarche générale du projet est résumée en Figure 1:



Cette démarche se décline en trois points :

Collaboration gestionnaires-scientifiques. La démarche associe des scientifiques et des gestionnaires impliqués au niveau des sites retenus (Figure 1). Cette collaboration a été rendue possible grâce à l'organisation des ateliers initiaux avec les gestionnaires, et grâce à leur participation assidue à la plupart des autres ateliers du projet. Les ateliers initiaux (ateliers par cas d'étude et un atelier général scientifiques/gestionnaires AMP) ont permis de cerner les questions à étudier en fonction des objectifs, priorités et contraintes de gestion d'une part, et de la connaissance disponible d'autre part. Les autres ateliers du projet ciblés des questions particulières (enquêtes sur les usages, modélisation des effets des AMP) ont servi à recaler les actions menées par les scientifiques par rapport aux perceptions des gestionnaires. L'atelier indicateurs d'aide à décision a permis d'initier une procédure de construction d'indicateurs d'évaluation de la performance des AMP, en vue de la gestion.

Des cas d'étude complémentaires et comparables. Les cas d'étude du projet correspondent à une variété d'écosystèmes côtiers et de contextes historiques et de gestion: a) le lagon sud-ouest de Nouméa, un écosystème corallien comprenant un réseau de réserves marines; b) la Réserve Naturelle de Banyuls-Cerbère et la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio¹,

¹ La Réserve de Bonifacio n'était pas un cas d'étude du projet à l'origine, mais nous nous sommes rapprochés du projet de David Mouillot sur suggestion du Comité Scientifique.

deux AMP en place dans des écosystèmes côtiers méditerranéens. On s'est aussi intéressé au projet du Parc Marin d'Iroise (écosystème atlantique). Le Parc Marin de la Côte Bleue s'est également rajouté à la liste des partenaires et certaines analyses ont été réalisées le concernant. La mise en parallèle des cas d'étude (spécificité des écosystèmes, de leurs ressources et usages) et la comparaison des résultats contribue à la validation et la généralisation des méthodes pour leur utilisation dans d'autres contextes d'AMP en environnement côtier.

Des méthodes d'évaluation et d'investigation adaptées aux questions posées. Les principales questions du projet concernent la performance des AMP pour la gestion des ressources et des pêcheries et pour la conservation de la biodiversité. Le projet s'est appuyé sur deux approches complémentaires :

-Concernant la gestion des ressources et des pêcheries, un modèle de simulation qui permet d'évaluer la performance potentielle ou réelle d'AMP en fonction de leur configuration, et sous différentes hypothèses de dynamique des populations et de l'exploitation. On a utilisé l'outil de simulation générique ISIS-Fish qui permet d'explorer les conséquences d'AMP sur les ressources et sur la pêche, et de les comparer à d'autres mesures de gestion plus classiques en gestion des pêches. Les ressources modélisées ont été choisies en fonction des priorités des gestionnaires et de la connaissance disponible. Les scénarios de gestion à tester ont été élaborés avec les gestionnaires.

-Concernant la conservation de la biodiversité, la modélisation statistique de données de terrain (données de suivis écologiques) qui permet d'évaluer la performance réelle d'une AMP déjà en place. Cette approche conduit à la construction d'indicateurs appropriés au suivi récurrent des AMP. On s'est intéressé à la construction d'indicateurs multiparamétriques, synthétiques fournissant un diagnostic statistiquement testable de l'effet d'AMP sur les peuplements et plus généralement sur les écosystèmes littoraux.

Difficultés rencontrées :

Elles tiennent essentiellement à l'organisation de réunions suffisamment fréquentes pour faire progresser la dynamique du groupe. Compte tenu de la dispersion géographique des partenaires et de la disponibilité faible de la plupart des acteurs du projet, le fait d'avoir pu organiser sept ateliers en deux ans et demi, dont trois avec la majorité des partenaires est un point positif (Tableau 1).

Tableau 1. Calendrier des ateliers et réunions organisés au cours du projet. SG= scientifiques/gestionnaires.

Année	04	04/05	05	05	05	05/06	06	06	06	06/07
Trimestre du projet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Réunion de cadrage, Nantes										
Atelier SG Nouméa										
Atelier SG Iroise, Brest										
Atelier SG général, Perpignan										
Atelier SG Banyuls-Bonifacio										
Atelier Evaluation des effets écologiques, Nantes										
Atelier modélisation et enquêtes, Bonifacio										
Réunion mi-parcours, Nantes										
Réunion de travail Perpignan										
Atelier indicateurs, Parc Marin de la Côte Bleue, Carry-le-Rouet										
Atelier enquêtes Bonifacio										
Réunion finale, Sète										

Résultats obtenus

1. Formalisation des objectifs et questions des gestionnaires en matière d'évaluation de la performance des AMP.

Les ateliers organisés en début de projet ont conduit à mettre à plat et à formaliser les questions réelles que se posent les gestionnaires en la matière et à évaluer la capacité des scientifiques à y apporter des éléments de réponse au regard de la connaissance actuelle. Les discussions sur les relations entre scientifiques et gestionnaires ont contribué à éclairer sous un angle plus générique les préoccupations concrètes relatives à chaque cas d'étude. Ces résultats sont exprimés dans la synthèse de l'atelier de Perpignan (annexe A.1) sous forme de tableaux permettant a) de comparer les AMP et b) de résumer les questions par objectif de gestion.

2. Acquisition de connaissances sur les cas d'étude – Identification des lacunes.

A travers la mise en œuvre des différentes actions de recherche, le projet a permis d'enrichir la connaissance relative à chaque cas d'étude:

- par acquisition de nouvelles données: enquêtes sur la pêche récréative et la plongée, observations des assemblages ichthyologiques par vidéo;
- par analyse de données existantes: comptages visuels en Méditerranée et en Nouvelle-Calédonie ;
- par synthèse de connaissance dans un but de modélisation: pêcheries de sar commun en Méditerranée, de langouste et autres espèces commerciales de l'Ouest de la Bretagne. Ces données sont rassemblées dans des bases de données accessibles et modifiables.

A contrario, les différentes actions du projet, notamment les modélisations ont permis de pointer les lacunes qu'il conviendrait de combler pour des évaluations plus abouties des effets des AMP. Des recommandations précises ont pu être faites en ce sens, qui motivent notamment les perspectives du projet.

3. Méthodologies et protocoles de collecte de données.

Enquêtes. Bien que l'objectif principal du projet n'était pas de collecter des données, le manque d'information sur certaines questions jugées prioritaires par les gestionnaires, nous a conduit à mettre en œuvre des enquêtes sur la pêche plaisancière et sur l'activité de plongée. Les questionnaires ont été élaborés et affinés avec les gestionnaires et révisés après les premiers retours. Les enquêtes sur la plongée constituent une innovation à la fois scientifique, car nous n'avons pas connaissance d'enquêtes préexistantes réalisées dans cet objectif, et à la fois pour les AMP du projet, qui tout en étant préoccupées par cette question n'avaient pas encore fait appel à des compétences en économie et en statistiques pour développer une méthode d'investigation du secteur de la plongée.

Les enquêtes sur la pêche plaisancière n'ont pas été initiées par le projet Liteau, car l'enquête sur le lagon de Nouméa était financée par la Province Sud, et l'enquête sur Banyuls était pilotée par la Réserve. Mais le projet a permis de valoriser les deux enquêtes, en fournissant une assistance méthodologique à l'analyse et à la publication des résultats.

Observations vidéo. Cette action n'était initialement pas prévue, mais s'est avérée opportune, du fait de l'actualité de la question et de l'intérêt qu'elle soulève pour les gestionnaires (cette technique ne requiert en effet pas de plongeur scientifique pour les suivis).

En termes de perspectives, les actions entreprises (enquêtes et vidéo) se prolongeront et seront complétées dans des projets en cours d'évaluation ou de montage. Ainsi, une proposition ANR portant sur l'analyse de la gouvernance des AMP (GAIUS) est en cours d'évaluation au programme non-thématique (ANR Blanc) et une proposition Liteau III est en cours de montage.

4. Outils d'analyse et indicateurs.

L'objectif premier du projet est de développer et appliquer des outils et des indicateurs diagnostics et exploratoires d'aide à la décision pour l'évaluation de la performance d'AMP. Nous n'entrerons pas ici dans les détails techniques des méthodologies employées (voir rapport scientifique et références). Nous soulignerons simplement que les modèles statistiques (analyse de données de suivis), les enquêtes sur les usages, et les modèles de simulation (exploration de scénarios de gestion des pêches) forment la base des outils à mettre en œuvre pour évaluer la performance des AMP. Nous avons proposé des méthodologies novatrices qui s'affranchissent de plusieurs des inconvénients et limitations des modèles d'évaluation traditionnellement utilisés (cf. rapport scientifique § 4.5 et § 5.4). Elles permettent de répondre aux questions soulevées dans la mesure où les informations nécessaires sont disponibles, ce qui n'a pas toujours été le cas dans le projet. Ainsi, les effets halieutiques des AMP ne peuvent être évalués que si l'on dispose d'une certaine connaissance de la pression de pêche, qualitativement et quantitativement. De même, sans plusieurs années de suivi écologique, il est illusoire de vouloir estimer l'effet d'une AMP sur la biodiversité ou sur les ressources.

Les outils ont été développés dans le souci :

- de valoriser au mieux l'information existante (connaissances et données) ;
- d'avoir un niveau de détail nécessaire et suffisant afin de pouvoir aborder les questions posées tout en minimisant le nombre de paramètres à estimer et/ou la quantité de données à collecter.

Au cours du projet, les analyses ont été documentées autant que possible et les programmes sont disponibles pour les modèles statistiques (annexes A.3 et A.5), même si en l'état ils sont plutôt destinés à un utilisateur scientifique. Nous avons aussi développé un ensemble d'utilitaires destinés à faciliter et l'utilisation et la diffusion d'ISIS-Fish: un site web (<http://www.ifremer.fr/isis-fish>), un manuel (en français et en anglais), des aides, et deux listes e-mail : une liste utilisateur et une liste générale. Ces développements ainsi que l'amélioration continue de l'outil ont été rendus possibles par les applications du projet.

Ces outils sont certainement utiles à la décision, mais nous ne prétendons pas qu'ils sont opérationnels au sens où a) nous n'avons pas pu fournir de programme « clé en main » d'évaluation des effets écologiques à partir de comptages visuels ; et b) l'utilisation d'ISIS-Fish demande au départ l'assistance d'une personne qui connaisse le modèle. Il est certainement possible d'aller plus loin dans cette direction, et nous nous y attacherons dans les mois qui viennent, notamment à travers une collaboration continue avec les gestionnaires. Cependant, il nous semble que la spécificité de chaque cas requerra toujours un minimum de travail conjoint entre scientifique et gestionnaire.

En termes d'indicateurs, nous pourrions faire la liste des métriques dont nous avons étudié la sensibilité à la protection à travers les divers exercices de modélisation du projet, par exemple, l'abondance de certains groupes d'espèces ou certaines espèces, espèces-cibles de la pêche, grandes espèces, ou espèces carnivores, mais cette liste serait fastidieuse (se reporter aux références, notamment Claudet et al. (2006), Ferraris et al. (2005) et Pelletier et al. (soumis)). De plus, si nous avons relevé la sensibilité à la protection d'un ensemble de métriques, leur efficacité (et notamment le lien avec le protocole de collecte) n'a pu être testée dans le cadre du projet. Enfin, il nous semble pertinent de resituer ces résultats dans le cadre de la démarche indicateurs (cf rapport scientifique § 8.4), et non de partir de leur intérêt scientifique. Ces deux derniers points font partie des perspectives du projet.

5. Indicateurs d'aide à la gestion.

Ce point est comme le point précédent un objectif principal du projet.

Nous avons proposé et mis en œuvre une démarche de construction d'indicateurs au cours de plusieurs réunions du projet et surtout lors de l'atelier indicateurs « Quels indicateurs pour

l'aide à la gestion des AMP ? » réunissant scientifiques et gestionnaires organisé au Parc Marin de la Côte Bleue, à Carry-le-Rouet en mars 2006. L'atelier réunissait des acteurs de la gestion des AMP (Parc Marin de la Côte Bleue, Réserve de Banyuls, Réserve de Bonifacio, Projet de Parc Iroise, GIP Calanques), de la gestion des pêches (DRAM PACA), et plus généralement de la gestion de l'environnement (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée, Région Languedoc-Roussillon). L'objectif était de discuter d'indicateurs utiles pour la gestion des AMP en s'appuyant sur les tableaux élaborés à partir de l'atelier de Perpignan (A.1) et de l'expérience du projet. Nous y avons proposé la démarche du tableau 2.

Tableau 2. Démarche pour la construction d'indicateurs d'aide à la gestion des AMP, avec exemple illustratif. G gestionnaire, S scientifique.

Objectif global	Objectif détaillé	Actions de gestion	Grille de lecture	Indicateurs	Stratégies d'échantillonnage	Moyens
Question générale	Un aspect précis de la question générale	Actions de gestion associées à la grille de lecture (décision)	Grille de lecture associée à l'indicateur	Variables et attributs (sensibilité, existence de seuils prédéfinis,...):	Protocoles d'échantillonnage maximisant la fiabilité de l'indicateur	Faisabilité : logistique, coûts, moyens humains
Gestion des usages dans l'AMP	Impact de la plongée de loisir	RAS Contrôle de la fréquentation Fermeture /Sectorisation	Impact nul ou faible Impact modéré Impact fort	-Etat de l'herbier dans les zones de mouillage -Fréquentation	-Recensement systématique des plongeurs -Suivi des zones de plongée	
G		G+S			S	G

L'originalité de cette démarche tient au fait que la sélection de l'indicateur repose sur la définition fine des objectifs de gestion, puis des actions de gestion qui en découlent en lien avec la réponse fournie par l'indicateur et générée par le processus de collecte de l'information sous contrainte de représentativité et de précision. Cette démarche requiert des discussions approfondies entre les gestionnaires et les scientifiques. On distinguera donc trois étapes :

Définition des objectifs. On distinguera l'objectif général, par exemple, "Gestion durable des pêcheries", de l'objectif détaillé, par exemple « Augmentation de l'abondance des espèces-cibles dans l'AMP ». Ces définitions reviennent aux gestionnaires dans la mesure où elles se rapportent au plan de gestion. A l'objectif détaillé doivent nécessairement correspondre des actions de gestion, par exemple, une diminution des espèces-cibles constituerait un signal d'alarme pour les gestionnaires. En fonction de la valeur de ce signal, le plan de gestion devra préciser les actions à mettre en œuvre.

Pertinence des indicateurs. De la bonne sélection des indicateurs dépendra l'efficacité des moyens de remédiation mis en œuvre. L'indicateur choisi ne doit donc pas être ambigu par rapport aux actions qu'il sous-tend. Par exemple, sous l'hypothèse d'une diminution d'abondance des ressources en lien avec des problèmes à l'échelle de l'AMP (braconnage, détérioration de la qualité du milieu,...), l'indicateur ne doit pas confondre ces variations avec des fluctuations à des échelles plus globales, par exemple des modifications dans les populations de poissons qui seraient liées au réchauffement climatique. Cette étape est essentiellement le problème des scientifiques spécialistes des questions abordées.

Efficacité des indicateurs. De la stratégie d'échantillonnage déployée dépendra l'efficacité de l'indicateur retenu. Cette étape revient aux scientifiques qui doivent optimiser le recueil d'information en regard de l'objectif à atteindre. Par exemple, une typologie soigneuse des habitats de l'AMP doit permettre une sélection des sites intéressants. Il n'est pas forcément

efficace de recourir à des dénombrements de poissons sur l'ensemble de l'AMP quand l'observation de certaines espèces sur des sites bien choisis maximise la probabilité de détecter un changement quand il existe. Mais cette étape est aussi cruciale pour le gestionnaire dans la mesure où il est redevable du budget investi sur de telles opérations. Si l'indicateur ne se révèle efficace qu'au prix d'un effort rédhibitoire, il est préférable d'en changer.

In fine, les différentes étapes du processus doivent faire l'objet d'une concertation avec les gestionnaires pour insertion dans le plan de gestion de l'AMP. Le scientifique a alors un travail de communication et de sensibilisation à opérer vis-à-vis des maîtres d'ouvrage.

Au cours de l'atelier, nous nous sommes concentrés sur la définition d'objectifs détaillés et d'actions pour chaque objectif général. Les indicateurs n'ont pas été complètement définis à ce stade, mais les systèmes d'observation à mettre en regard de chaque objectif détaillé ont été précisés. A chaque étape, on a cherché à obtenir un consensus de l'ensemble des participants.

Sur la base de l'exemple du tableau 2, des tableaux ont été construits pour chacun des objectifs généraux suivants :

Durabilité des pêcheries et des usages liés à l'AMP, avec les objectifs détaillés :

- *Conservation des espèces-cibles de la pêche, question: Restauration et maintien des stocks de poissons et d'invertébrés ;
- *Durabilité de la pêche (activité économique), question: Viabilité de la pêche artisanale (en tant qu'activité économique et élément du patrimoine culturel avec bénéfices indirects) ;
- *Gestion des usages multiples, Question: Compatibilité avec autres objectifs AMP.

Conservation de la biodiversité naturelle et des habitats, avec les objectifs détaillés :

- *Maintien ou restauration des espèces menacées, protégées ;
- *Maintien ou restauration de la biodiversité ;
- *Maintien ou restauration des habitats, des paysages et de la biodiversité associée.

Education et recherche

L'exercice de construction des tableaux n'est pas achevé. Compte tenu du caractère provisoire des résultats, les tableaux détaillés ne seront donc pas présentés dans le rapport, mais ils peuvent être obtenus sur demande.

Certaines conclusions peuvent d'ores et déjà être tirées de l'exercice. Les discussions se sont avérées particulièrement fructueuses, et la recherche d'un consensus a permis à tous les points de vue de s'exprimer et de se retrouver dans les tableaux obtenus. On a noté une progression importante dans les discussions au cours de l'atelier. Deux points méritent d'être soulevés dans ce rapport :

- ◆ Les actions relevant des gestionnaires ne sont pas que des actions règlementaires, mais comportent aussi des actions contractuelles (par ex. des chartes avec des catégories d'usagers), des actions de sensibilisation auprès de différents publics, et des actions d'aménagement (par ex. installation de mouillages). Toutes ces actions concourent à l'efficacité de la gestion des AMP, donc il convient de toutes les considérer dans l'évaluation de cette efficacité, c'est-à-dire notamment dans la démarche indicateurs ;
- ◆ Indépendamment du rôle (scientifique/gestionnaire), les discussions ont révélé des divergences de vue entre ce qui est objectif et ce qui est action, par ex. le partage de l'espace entre usages, inventaires et acquisition de connaissance sont-ils des objectifs ou des actions ? Des divergences similaires ont fait jour pour ce qui des actions de gestion et des stratégies d'échantillonnage : ainsi la surveillance est-elle une action ou une stratégie d'échantillonnage ?

Ces divergences se sont effacées au cours de l'atelier, mais au-delà de la sémantique, elles témoignent d'une confusion quant aux objectifs de gestion des AMP ; les AMP sont-elles exclusivement un outil de gestion des usages et de la biodiversité, ou leur mandat doit-il aussi

comporter des missions de surveillance et de laboratoire pour la recherche ? Ces choix ont des implications potentiellement lourdes en terme de logistique.

En conclusion, cette démarche de construction d'indicateurs n'est pas totalement achevée à l'heure actuelle, faute de temps. Elle est cependant prometteuse et sera prolongée dans un futur projet. Il est de toutes façons souhaitable que cette démarche ne se fasse pas dans la précipitation, mais bénéficie d'une réflexion à moyen terme permettant de mieux partager les expériences entre les AMP et d'établir un consensus.

La progression des dialogues entre partenaires tout au long du projet et l'intérêt suscité par l'atelier indicateurs sont des signes très encourageants pour la poursuite de cette démarche.

La réalisation de cette démarche a été possible grâce à l'organisation des ateliers initiaux avec les gestionnaires, et grâce à leur participation assidue à la plupart des ateliers du projet. Cette participation, ainsi que celle des scientifiques du projet, a facilité l'acquisition d'une sémantique commune et l'appropriation par tous les partenaires d'une démarche proposée au départ par les modélisateurs du projet.

Les étapes restant à compléter sont les suivantes :

- définir les grilles de lecture et les indicateurs pour chaque objectif détaillé/action de gestion. Lorsque plusieurs actions sont possibles pour un objectif détaillé, la question se pose de savoir s'il faut un indicateur pour chaque action. Il faut en effet pouvoir choisir entre les actions possibles. A l'inverse, un indicateur donné ne doit pas être sensible à plusieurs causes auquel cas il est ambigu et n'oriente pas facilement l'action;
- mettre en face les stratégies d'échantillonnages (protocoles) appropriés en fonction des contraintes logistiques;
- proposer une présentation intégratrice des indicateurs adéquate pour l'aide à la gestion. La multiplicité des usages autour des AMP complexifie en effet la tâche de construction d'indicateurs, dans la mesure où les indicateurs relatifs à chaque objectif détaillé doivent ensuite être mis en regard les uns des autres. La construction de tableaux de bord d'indicateurs cohérents et complémentaires est un exemple d'intégration.

Cette démarche doit être comparée à celle préconisée par l'IUCN en matière d'évaluation de l'efficacité de la gestion (Pomeroy et al. 2004) et testée dans un certain nombre d'AMP à travers le monde. Ce guide propose a priori un certain nombre d'indicateurs biophysiques, socio-économiques et de gouvernance, que les gestionnaires sont invités à choisir et à mettre en œuvre avec un appui scientifique, mais il prétend ne pas être exhaustif ni prescriptif en matière d'indicateurs prêts à l'usage. Notamment, les questions de protocole nécessaire pour chaque indicateur, et de grille de lecture pour l'interprétation des valeurs des indicateurs (seuils, points de référence) ne sont pas du tout abordées. Les indicateurs proposés sont en général en relation avec plusieurs objectifs détaillés, et donc avec une faible spécificité par rapport aux effets évalués. A notre sens, ce guide constitue donc un point de départ à partir duquel on peut envisager de développer la démarche décrite plus haut.

6. Vulgarisation.

A la suite de la réunion finale à Sète au cours de laquelle les résultats ont suscité un intérêt au-delà des partenaires du projet, il a été décidé de réaliser une plaquette de vulgarisation des résultats du projet dans la foulée de la clôture du projet. Une restitution sur un site Web semblerait la plus facile et la moins coûteuse à mettre en œuvre, mais un support papier est envisageable sous réserve des moyens de diffusion.

La synthèse de l'atelier scientifiques/gestionnaires de Perpignan (voir produits plus loin) sera également finalisée et diffusée. Enfin, une synthèse est en préparation concernant la réunion de restitution finale de Sète, à partir des enregistrements des discussions et des présentations.

Des réunions de restitution ont été organisées localement à Nouméa et on peut envisager de répéter ces restitutions dans d'autres instances; les sollicitations éventuelles des gestionnaires et d'autres acteurs de la gestion de l'environnement marin à ce sujet sont bienvenues.

IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, RÉALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION

Publications. Les actions entreprises dans le projet ont débouché sur un nombre de publications scientifiques conventionnelles (articles, communications et/ou posters dans des colloques) qui ont montré la capacité des partenaires à s'inscrire dans ce domaine de recherche en plein essor par des contributions scientifiques novatrices et de qualité (d'ores et déjà dix publications de rang A et six présentations orales dans des conférences internationales). Dans le proche futur, le projet contribuera substantiellement au Symposium Européen sur les Aires Marines Protégées comme outil de gestion des pêcheries et de conservation des Ecosystèmes à Murcie en septembre 2007 avec six propositions de présentations orales. (<http://www.mpasymposium2007.eu/>). *Cette validation par les pairs est un élément important pour ensuite dériver des applications opérationnelles pour la gestion.*

Au-delà de ces publications scientifiques, l'atelier scientifiques/gestionnaires de Perpignan a fait l'objet d'une synthèse de 100 pages présentant les discussions de l'atelier et les contributions des représentants des différentes AMP (annexe A.1). Une synthèse est également en préparation concernant la réunion de restitution finale de Sète, à partir des enregistrements des discussions et des présentations. Cette synthèse sera probablement diffusée sous forme de CD.

Plusieurs de ces publications ne seront pas diffusées avant leur validation (Annexe A.1) ou leur publication sous forme d'article (Dubreuil et al. (soumis, A.6), Fargier (2006, A.10), Save (2006, A.11), David (2007, A.14), Pelletier et al. (en révision, A.15).

Produits. Les outils développés ou utilisés durant le projet ont fait l'objet de documentations pratiques: a) programmes pour les analyses statistiques (annexes A.3 et A.5) ; b) manuels utilisateurs, bases de données et aides contextuelles pour le logiciel ISIS-Fish (www.ifremer.fr/isis-fish); et c) questionnaires et protocoles des enquêtes (disponibles sur demande). La formalisation de la démarche indicateurs est en elle-même un produit que nous développerons dans les mois qui viennent. Cette démarche indicateurs fera l'objet d'un document une fois qu'elle aura pu être complétée et validée par application dans des AMP réelles, ce qui fera l'objet d'une proposition de recherche à venir.

Vulgarisation. Une plaquette de vulgarisation des résultats du projet sera réalisée en 2007, en partenariat entre le MEDD, l'IFREMER et l'IRD.

Formation par la recherche. Plusieurs étudiants ont pu également bénéficier de cette dynamique et être formés sur cette thématique : sept stages de Master, un stage de DUT et une thèse ont été réalisés dans le cadre du projet. La majorité de ces étudiants ont ainsi bénéficié d'une formation à la modélisation pour l'évaluation des effets des AMP, permettant ainsi de renforcer ces compétences qui sont actuellement insuffisamment développées en France, alors même que la demande pour de tels profils augmente que ce soit pour la recherche ou pour la gestion.

Création d'un réseau de chercheurs et de gestionnaires. Les participants directs au projet forment désormais un groupe bien identifié, auquel se sont rajoutés en cours de projet des chercheurs et des gestionnaires d'autres AMP, intéressés par la problématique et la démarche entreprise.

PARTENARIATS MIS EN PLACE, PROJETÉS, ENVISAGÉS

Nouvelles collaborations. Ce projet a catalysé la création d'un groupe de scientifiques et de gestionnaires autour de la problématique de l'évaluation de la performance des AMP. Plusieurs des étudiants formés dans le cadre du projet participeront aux prolongements de ce projet. Les participants se sont montrés satisfaits du déroulement du projet et désireux de poursuivre cette dynamique de recherche-action dans un nouveau projet. Partant de points de vue différents (également entre scientifiques de disciplines distinctes), le projet a permis de rapprocher les partenaires et de mettre en place les conditions d'une collaboration à plus long terme sur cette thématique d'actualité. Cette dynamique de groupe est très concrètement illustrée par la mise en place d'une thèse de doctorat cofinancée par la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (Office de l'Environnement Corse) et par l'IFREMER, et en partenariat avec l'Université de Montpellier II. Une deuxième thèse a aussi débuté à l'EPHE sur le sujet de l'évaluation des effets halieutiques des AMP.

Le projet a aussi permis d'élargir le réseau à d'autres scientifiques et d'autres acteurs impliqués dans la gestion de l'environnement côtier, resituant ainsi la thématique AMP dans la problématique plus générale de la gestion intégrée des zones côtières.

Projets. Concrètement, ce réseau s'est déjà mobilisé pour répondre à plusieurs appels d'offres de l'Agence Nationale de la Recherche en 2006 (Appel d'offres Agriculture et Développement Durable) et 2007 (Appel d'offres non-thématique). Les enveloppes qui peuvent être obtenues sur ce type d'appel d'offres sont suffisantes pour financer des actions de collecte de données conséquentes (comme les enquêtes) et des ressources humaines scientifiques. Ces propositions viennent donc en complément des projets orientés vers la gestion. Nous comptons déposer une proposition Liteau III qui permettrait d'achever la démarche indicateurs et de la valider par application des indicateurs à plusieurs cas d'étude.

POUR EN SAVOIR PLUS (QUELQUES RÉFÉRENCES)

Article de synthèse sur les interactions entre gestionnaires et scientifiques dans le contexte des AMP: Claudet, J. & D. Pelletier. 2004. Marine protected areas and artificial reefs: A review of the interactions between management and scientific studies. *Aquatic Living Resources* 17, 129-138.

Article de synthèse sur les modèles de simulation des effets des AMP sur les pêcheries : Pelletier D. & S. Mahévas. 2005. Spatially-explicit fisheries simulation models for policy evaluation. *Fish and Fisheries* 6, 1-43.

Article de synthèse sur les indicateurs des effets écologiques et socio-économiques des AMP: Pelletier, D., J. García-Charton, J. Ferraris, G. David, O. Thébaud, Y. Letourneur, J. Claudet, M. Amand, M. Kulbicki, & R. Galzin. 2005. Designing indicators for evaluating the effects of Marine Protected Areas on coral reef ecosystems : a multidisciplinary standpoint. *Aquatic Living Resources* 18, 15-33.

Article de perspective sur les indicateurs des effets écologiques et halieutiques des AMP:

Pelletier, D., J. Claudet., J. Ferraris, L. Benedetti-Cecchi, & J.A. García-Charton. Assessing ecological and fisheries-related effects of Marine Protected Areas : Current status and perspectives. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (en révision)

Guide IUCN sur les indicateurs des effets des AMP:

Pomeroy et al. 2004. How is your MPA doing ? A guidebook of natural and social indicators for evaluating marine protected area management effectiveness. IUCN. Téléchargeable à <http://www.iucn.org/themes/marine/pubs/pubs.htm>

Liste des opérations de valorisation issues du contrat (articles de valorisation, participations à des colloques, enseignement et formation, communication, expertises...)

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES	
Publications scientifiques parues	10
Publications scientifiques à paraître	3
Publications scientifiques prévues	9
COLLOQUES	
Participations passées à des colloques	10 communications + 7 posters
Participations futures à des colloques	8 communications
THÈSES	
Thèses passées	1
Thèses en cours	3
ARTICLES DE VALORISATION-VULGARISATION	
Articles de valorisation parus	4 articles de vulgarisation
Articles de valorisation à paraître	
Articles de valorisation prévus	
AUTRES ACTIONS VERS LES MÉDIAS	
Actions vers les médias/acteurs (interviews...) effectuées	7
Actions vers les médias prévues/acteurs	2
ENSEIGNEMENT – FORMATION	
Enseignements/formations dispensés	2 ateliers + 7 stages de Master + 1 stage de DUT
Enseignements/formations prévus	5 stages de Master
EXPERTISES	
Expertises menées	5
Expertises en cours	
Expertises prévues	
MÉTHODOLOGIES (GUIDES...)	
Méthodologies produites	5
Méthodologies en cours d'élaboration	2
Méthodologies prévues	1
AUTRES	
Restitutions à scientifiques et gestionnaires extérieurs au projet	3

LISTE DES OPÉRATIONS DE VALORISATION ISSUES DU CONTRAT

1. Publications scientifiques.

1.1. Publications scientifiques parues.

Amand M., D. Pelletier, J. Ferraris, & M. Kulbicki. 2004. A step toward the definition of ecological indicators of the impact of fishing in the Abore reef reserve (New Caledonia). *Aquatic Living Resources* **17**, 139-149.

Claudet, J. Aires marines protégées et récifs artificiels : méthodes d'évaluation, protocoles expérimentaux et indicateurs. *Cybium (sous presse)*.

- Claudet, J. & D. Pelletier. 2004. Marine protected areas and artificial reefs: A review of the interactions between management and scientific studies. *Aquatic Living Resources* **17**, 129-138.
- Claudet, J., D. Pelletier, J.-Y. Jouvenel, F. Bachet, & R. Galzin. 2006. Indicators to assess the effectiveness of marine protected areas on rocky reef fish assemblages: an application to a Mediterranean marine reserve. *Biological Conservation* **130**, 349-369.
- Claudet, J., S. Roussel, D. Pelletier, H. Rey-Valette. 2006. Spatial management of near shore coastal areas: the use of Marine Protected Areas (MPAs) in a fisheries management context. *Vie et Milieu (sous presse)*.
- Clua E., B. Beliaeff, C. Chauvet, G. David, J. Ferraris, M. Kronen, M. Kulbicki, P. Labrosse, Y. Letourneur, D. Pelletier, O. Thébaud, & M. Léopold. 2005. Towards multidisciplinary indicator dashboards for coral reef fisheries management. *Aquatic Living Resources* **18**, 199-213.
- Ferraris, J., D. Pelletier, M. Kulbicki & C. Chauvet. 2005. Assessing the impact of removing reserve status on the Aore Reef fish assemblage, New Caledonia. *Marine Ecology Progress Series* **292**, 271-286.
- Mouillot, D. 2005. Functional regularity : a neglected aspect of functional diversity. *Oecologia* **142**, 353-359.
- Pelletier D. & S. Mahévas. 2005. Spatially-explicit fisheries simulation models for policy evaluation. *Fish and Fisheries* **6**, 1-43.
- Pelletier, D., J. García-Charton, J. Ferraris, G. David, O. Thébaud, Y. Letourneur, J. Claudet, M. Amand, M. Kulbicki, & R. Galzin. 2005. Designing indicators for evaluating the effects of Marine Protected Areas on coral reef ecosystems : a multidisciplinary standpoint. *Aquatic Living Resources* **18**, 15-33.

1.2. Publications à paraître.

- Dubreuil J., J.L. Binche, & M. Verdoit-Jarraya. A recreational angling survey inside and outside a protected rocky coast off Banyuls-sur-mer (north-western Mediterranean): An indicator of marine reserve benefits ? *ICES Journal of Marine Science (soumis)*
- Pelletier, D., J. Claudet, J. Ferraris, L. Benedetti-Cecchi, & J.A. García-Charton. Assessing ecological and fisheries-related effects of Marine Protected Areas : Current status and perspectives. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (révisé)*
- Pastor J., P. Astruch, E. Prats, P. Lenfant, N. Dalias. Premières observations en plongée de *Pomadasys incisus* (Bowdich, 1825) sur la côte catalane française. *Cybium (soumis)*.

1.3. Publications scientifiques prévues

- Beliaeff B., & D. Pelletier. A general framework for indicator use in environmental management and case studies. *Marine Pollution Bulletin*
- Jollit, I., D. Pelletier, & J. Ferraris. Characterizing recreative fishing in a marine park : application to the South lagoon of New Caledonia. *ICES Journal of Marine Science (à confirmer)*
- Lenfant P. & J. Pastor. Influence des paramètres environnementaux sur l'intensité du recrutement chez un poisson littoral, le sar commun, *Diplodus sargus*. *Marine Ecology Progress Series*.

- Mouillot, D., J.M. Culioli, D. Pelletier & J.A. Tomasini. A new index for measuring the ability of protected areas to maintain and enhance biological originality: Application to the Bonifacio Strait Natural Reserve. *Aquatic Conservation*
- Pelletier D., L. Fargier, J.M. Culioli, & S. Mahévas. A spatially-explicit model of the dynamics of a sea bream (*Diplodus sargus*) population in a multiple-use marine protected area. *Environmental Conservation (à confirmer)*
- Pelletier, D., J. Ferraris, B. Beliaeff, F. Alban, J. Boncoeur, J. Claudet, J.M. Culioli, G. David, B. Ferrari, R. Galzin, I. Jollit, P. Lenfant, P. Le Niliot, M. Léopold, M.L. Licari, D. Mouillot, M. Verdoit-Jarraya & G. Véron. Collaborative work between managers and scientists for designing indicators of MPA effects. *Ocean and Coastal Management*.
- Pelletier, D., S. Mahévas, H. Drouineau, Y. Vermard, O. Thébaud, O. Guyader, B. Poussin. Evaluation of the bioeconomic sustainability of complex fisheries under a wide range of policy options using ISIS-Fish. *Ecological Modelling*
- Pelletier, D., V. Save, P. Lazure, & S. Mahévas. Restoring overexploited invertebrate resources through Marine Protected Areas : The Iroise-Bay of Biscay lobster (*Palinurus elephas*) fishery. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Verdoit-Jarraya, M., D. Pelletier, H. Drouineau, S. Mahévas, M. Capoulade, P. Lenfant, J.S. Kolusniewski & C. Hussein. A model to evaluate the impact of artisanal and recreative fishing upon the dynamics of a sea bream population (*Diplodus sargus*) around the Banyuls reserve (Mediterranean). Revue à définir.

2. Participations passées à des colloques.

2.1. Communications

- Alban, F. & J. Boncoeur. 2006. Assessing the impact of marine protected areas on recreational uses of the marine ecosystem : results of three French field surveys of scuba-diving », 13th Biennial Conference of the IIFET, Portsmouth, 11-14th July (actes en cours de publication).
- Claudet, J., G. Criquet, D. Pelletier, J.Y. Jouvenel, & F. Bachet, 2004. Multispecies-based indicators to assess the effectiveness of marine protected areas on rocky fish assemblages : an application to a northwestern Mediterranean case study. ICES CM 2004/Y:12.
- Claudet, J., P. Lenfant, D. Pelletier, J.A. Garcia-Charton, J.Y. Jouvenel, & M.L. Licari, 2004. The need of implying habitats for the assessment of the effectiveness of marine protected areas on temperate rocky fish assemblages. ICES CM 2004/Y:20.
- Claudet J, D. Pelletier. 2003. Marine Protected Areas and artificial reefs: a review of the interactions between management and scientific studies. AFH, June 24-26 2003, Montpellier, France: 125.
- Lenfant P., P. Astruch, N. Dalias, J. Pastor. Marquage et Suivi par télémétrie acoustique des mérours bruns (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls (France). Premier Congrès Méditerranéen d'Océanologie, Alger, 2006.
- Pastor J., P. Astruch & P. Lenfant. Enrochements côtiers artificiels : rôle dans le maintien des populations de poissons exploitées par la pêche artisanale. Premier Congrès Méditerranéen d'Océanologie, Alger, 2006.
- Pelletier, D. 2004. Développement d'outils diagnostics et exploratoires d'aide à la décision pour évaluer la performance d'Aires Marines Protégées. Colloque Liteau, Paris, 18 novembre 2004.

- Pelletier, D. , J. Claudet, J. Ferraris & D. Mouillot. 2006. Ecological indicators for assessing consequences of Marine Protected Areas at the scale of fish communities : examples from contrasted ecosystems. International Conference on Coastal Ecosystems, Towards an Integrated Knowledge for an Ecosystem Approach for Fisheries, Campeche, 26-29th June.
- Pelletier, D., S. Mahévas, M. Jarraya, M. Capoulade, H. Drouineau, Y. Vermard & F. Bastardie. 2005. Investigating the consequences of Marine Protected Areas upon fish populations and fisheries through ISIS-Fish, a generic simulation tool. Communication at the First International Congress on Marine Protected Areas, Geelong, 25-28th oct.
- Verdoit-Jarraya, M., D. Pelletier, H. Drouineau, S. Mahévas, M. Capoulade, J.S. Kolusniewski. & P. Lenfant. 2006. Evaluating the impact of artisanal and recreative fishing upon the dynamics of a sea bream population (*Diplodus sargus*) around the Banyuls reserve (Mediterranean). International Conference on Coastal Ecosystems, Towards an Integrated Knowledge for an Ecosystem Approach for Fisheries, Campeche, 26-29th June.

2.2. Posters.

- Claudet, J., D. Pelletier. 2006. Evaluation des effets des Aires Marines Protégées sur les peuplements ichthyologiques côtiers et les ressources associées. Poster au Colloque du Programme National sur l'Environnement Côtier, Nantes, 26-28 juin.
- Claudet J., J.-A. García-Charton, D. Pelletier & P. Lenfant. 2004. Assessment methods and indicators to study the effectiveness of marine protected areas and artificial reefs. Quantitative Ecosystem Indicators for Fisheries Management, International Symposium, March 31-April 3 2004, Paris, France, 12-13.
- Criquet G., J. Claudet, J.-A. García-Charton. 2004. Indicators to assess MPAs effectiveness: an approach based on commercial fisheries and underwater visual census in a northwestern Mediterranean case study. ICES CM 2004/Y:21.
- Langlois, T.J., M.J. Anderson, M. Cappel, P. Chabanet, D. Merritt, G. Mou-Tham, E. Harvey, & D. Pelletier. 2006. Baited remote underwater video : a tool for the assessment and management of coral reef fish. International Conference on Coral Reef Biodiversity, Nouméa, 30th oct-4th nov.
- Pelletier, D. 2005. Designing operational quantitative tools and indicators for the assessment of Marine Protected Area Performance : a multidisciplinary project between scientists and managers, Poster at the First International Congress on Marine Protected Areas, Geelong, 25-28th oct.
- Pelletier, D. , J. Claudet, & J. Ferraris. 2006. Evaluation des effets écologiques et halieutiques des Aires Marines Protégées sur les communautés de poissons : quelles méthodes pour quels indicateurs ? International Conference on Coral Reef Biodiversity, Nouméa, 30th oct-4th nov.
- Pelletier, D., J. Ferraris, F. Alban, B. Beliaeff, J. Boncoeur, J. Claudet, J.M. Culioli, G. David, B. Ferrari, R. Galzin, M. Jarraya, I. Jollit, P. Lenfant, P. Le Niliot, M. Léopold, M.L. Licari, D. Mouillot, G. Véron. 2006. Des outils et des indicateurs quantitatifs pour évaluer la performance d'Aires Marines Protégées : un projet multidisciplinaire associant chercheurs et gestionnaires. Colloque du Programme National sur l'Environnement Côtier, Nantes, 26-28 juin.

3. Participations futures à des colloques.

- Guillemot, N., P. Chabanet, D. Pelletier, T. Langlois & M. Léopold. 2007. Impact of an Expected Anthropogenic Disturbance in New Caledonia (South Pacific): which methods should be used to monitor reef fish communities? 21st Pacific Science Congress, Okinawa, June 2007.
- Dubreuil J., J.L. Binche, & M. Verdoit-Jarraya. A recreational angling survey inside and outside a protected rocky coast off Banyuls-sur-mer (north-western Mediterranean): An indicator of marine reserve benefits ? European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation, Murcia, 25th-28th september 2007.
- Jollit, I., J. Ferraris, J.-M. Lebigre, D. Pelletier & P. Chabanet. 2007. Recreational Fishing in New-Caledonia: Developing a Social and Spatial Analysis for Marine Resource Management. 21st Pacific Science Congress, Okinawa, June 2007.
- Jollit, I., D. Pelletier & J. Ferraris. 2007. Characterizing and assessing recreational fishing effort in a coral-reef marine park of New Caledonia. European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation, Murcia, 25-28th September.
- Mahévas, S., & D. Pelletier. 2007. Elaborating reliable quantitative diagnostics of the impact of Marine Protected Areas on fisheries using ISIS-Fish. European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation, Murcia, 25-28th September.
- Pastor J., P. Astruch, P. Lenfant & N. Dalias. Anesthésies in situ d'*Epinephelus marginatus* à l'huile essentielle de clous de girofle. 2^{ème} colloque international sur les mérous de méditerranée (mai 2007).
- Pelletier, D., P. Chabanet, K. Leleu, T. Langlois, G. Hervé & N. Guillemot. 2007. Video-based observation techniques for monitoring fish and habitat in Marine Protected Areas. European Symposium on MPAs as a tool for fisheries management and ecosystem conservation, Murcia, 25-28th September.
- Pelletier, D., J. Ferraris, F. Alban, B. Beliaeff, J. Boncoeur, J. Claudet, J.M. Culioli, G. David, B. Ferrari, R. Galzin, M. Jarraya, I. Jollit, P. Lenfant, P. Le Niliot, M. Léopold, M.L. Licari, D. Mouillot, G. Véron. 2006. Tools and indicators for assessing the performance of coastal Marine Protected Areas: a multidisciplinary project involving scientists and managers. European Symposium on Marine Protected Areas as a Tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation, Murcia, 25-28th September.

4. Thèses.

4.1. Thèses passées.

- Claudet, J. 2006. Aires Marines Protégées et récifs artificiels : méthodes d'évaluation, protocoles expérimentaux et indicateurs. Thèse de Doctorat de l'Université de Perpignan et de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Discipline Océanologie. 255 p.

Pour mémoire :

- Amand, M. Modélisation des ressources vivantes et de leur gestion en milieu corallien: application à l'évaluation des effets des Aires Marines Protégées sur les poissons récifaux en Nouvelle Calédonie. Doctorante de l'Université de Montpellier II, Ecole Doctorale Biologie intégrative (débutée en janvier 2003, abandon en septembre 2004, donc en début de projet).

4.2. Thèses en cours.

- Hussein, C. Modélisation dynamique de l'impact de la pêche et de la protection sur une ressource exploitée : le sar commun, *Diplodus sargus* (L., 1758) autour de la Réserve de Banyuls. *Doctorante de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes* (débutée en février 2007).
- Pastor J. Changements d'habitats essentiels au cours du cycle de vie des poissons : rôle dans le maintien des populations exploitées par la pêche artisanale. *Université de Perpignan, Ecole doctorale Biologie Environnement Sciences pour l'Ingénieur* (débutée en décembre 2004).
- Rocklin D. Des modèles et des indicateurs pour évaluer la performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers : Application à la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio. *Doctorante de l'Université de Montpellier II, Ecole Doctorale Biologie intégrative* (débutée en novembre 2006).

5. Articles de valorisation-vulgarisation

5.1. Articles parus

- Dalias N., Licari M.L., 2006. A la poursuite des mérours bruns. *Exocetus Volitans*, Bulletin commun des associations des amis de la mer de Gérone (A.G.A.M.) et de Banyuls-sur-Mer (A.S.A.M.E.) n° 19 juin 2006.
- Dalias N., Licari M. L., 2005. Marquage et suivi des mérours. *Natura Catalana*, Lettre des Réserves Naturelles Catalanes n° 3 novembre 2005, 7.
- Langlois, T.J., P. Chabanet, D. Pelletier, & E. Harvey. 2006. Baited underwater video for assessing reef fish populations in marine reserves. *Secretariat of The South Pacific Community Fisheries Newsletter* 118, 53-56.
- Pastor J., P. Lenfant & P. Astruch. Août 2006. Si vous croisez des sars marqués. *Apnée* : 54-55.

5.2. Articles à paraître

5.3. Articles prévus

réflexions en cours

6. Autres actions vers les médias

6.1. Actions vers les médias (interviews...) effectuées

- Lenfant P., & Pastor J. 2005. Marquage acoustique du mérour dans la réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls. Reportage télévisuel France 3 Région.
- Lenfant P. & Pastor J. 2006. Comptage visuel du mérour dans la réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls. Reportage télévisuel France 3 Région.
- Lenfant P., 2006. Passeport pour la Science : Suivi par télémétrie des mérours de la réserve de Banyuls - Classe 2nde lycée Jean Lurçat Perpignan, sélection pour finale régionale.

- Pastor J. & Lenfant P., Tenue d'un stand lors de la fête de la science à Perpignan. Le marquage de poissons. Octobre 2006.
- Pastor J. & Lenfant P., Conférence intitulée : le marquage de poissons. Fête de la science à Perpignan, Octobre 2006
- Pelletier, D., Communiqué de presse sur la réunion finale de projet, novembre 2006.
- Pelletier, D., Communiqués dans la lettre interne de l'IFREMER, septembre 2005 et novembre 2006.

6.2. Actions vers les médias prévues

- Communication vers la presse après la synthèse du projet. Printemps 2007.
- Réalisation d'une plaquette de restitution / vulgarisation en 2007.

+ réflexions en cours

7. Enseignement – formation

7.1. Enseignements/formations dispensés

Ateliers de formation à ISIS-Fish à Nantes (à l'intention de scientifiques utilisateurs):

- 1 jour en novembre 2005 (12 participants)
- 2 jours en février 2006 (9 participants)

- Bardeletti C. 2005. Impact de la plongée en scaphandre autonome sur les habitats marins. Rapport de stage de première année de DUT génie biologique option génie de l'environnement. Institut Universitaire et Technologique de Perpignan. 22 p.
- Capoulade, M. 2005. Modélisation de la dynamique de la pêcherie de sar (*Diplodus sargus*) : étude bibliographique et paramétrisation du modèle. Mémoire de Master Professionnel Environnement Méditerranéen et Développement Durable, Option Fonctionnement et Gestion des Milieux Aquatiques et Marins, Université de Perpignan. 35 p.
- Fargier, L. 2006. Modélisation de la pêcherie du sar commun, *Diplodus sargus sargus*, autour et dans la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio. Mémoire de Master 2, Mention Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie, Spécialité Océanographie et Environnements Marins, Université Pierre et Marie Curie. 62 p.
- Kolusniewski, J.S. 2006. Gestion de la population de sar commun, *Diplodus sargus* des pêcheries catalanes : paramétrage du simulateur ISIS-Fish : 2^{ème} partie. Mémoire de Master d'Océanologie mention Biologie et Ecologie Marine, Université de Marseille. 42 p.
- Laasri, A. 2005. Analyse et modélisation statistique de l'effet d'une réserve marine sur les peuplements de poissons coralliens. Mémoire de Master 2, Ingénierie mathématique : Statistiques et probabilités, Faculté des sciences et techniques, Université de Nantes. 69 p.
- Preuss, B. 2005. Gestion de la pêcherie démerso-benthique du plateau Celtique : Paramétrage du logiciel ISIS-Fish (Ouest de la Bretagne). Mémoire de Master 1, Ecologie et Biologie de l'Evolution, Ecole Normale Supérieure d'Ulm. 39 p.
- Save, V. 2006. Evaluation de scénarios de gestion de la langouste rouge (*Palinurus elephas*) en mer d'Iroise. Mémoire de Master 2 « Environnement Méditerranéen et Développement Durable ». Université de Perpignan. 51 p.
- Savean, N. 2006. Evaluation de la demande récréative de plongée. Mémoire de Master 2 « Economie des ressources marines et de l'environnement littoral ». Université de Bretagne Occidentale. 55 p +10 p. annexes.

7.2. Enseignements/formations prévus

- Ageorges C. La pêche récréative le long de la côte sableuse des Pyrénées Orientales (golfe du Lion). Aspects biologiques, socio-économiques et perspectives de gestion. Stage de Master 2 Recherche de l'Université de Pierre et Marie Curie Paris 6. Stage de février à juin 2007 à l'EPHE Perpignan.
- Koeck B. La pêche de compétition le long de la côte sableuse des Pyrénées Orientales (golfe du Lion). Stage de Master 1 Recherche de l'Université de Pierre et Marie Curie Paris 6. Stage de mai à juin 2007 à l'EPHE Perpignan.
- Laerenie L. Suivi de la pêche professionnelle le long de la côte sableuse des Pyrénées Orientales (golfe du Lion). Stage de Master 2 Professionnel de l'Université de Perpignan. Stage de février à septembre 2007 à l'EPHE Perpignan.
- Leleu, K. Utilisation de techniques vidéo pour l'observation et le suivi des ressources et des écosystèmes récifo-lagonaires. Stage de Master 2 Pro de l'Université de Montpellier II « Ingénierie en Ecologie et en Gestion de la Biodiversité ». Stage de février à août 2007 à l'IRD-Nouméa.
- Preuss, B. Analyse et modélisation de l'effet de réserves marines sur des peuplements de poissons coralliens. Stage de Master 2, Ecologie et Biologie de l'Evolution, Ecole Normale Supérieure d'Ulm. Stage de janvier à juin 2007 à l'IRD Nouméa.

8. Expertises

8.1. Expertises menées

- Ferraris, J. Membre du Conseil scientifique de la Réserve Naturelle de Cerbère-Banyuls depuis 2006.
- Galzin, R. Membre du Conseil scientifique de la Réserve Naturelle de Cerbère-Banyuls.
- Letourneur, Y. Membre du Conseil scientifique du Parc Marin de la Côte Bleue.
- Pelletier, D. 2005. Participation au premier Groupe de Travail sur les Aires Protégées de la Convention sur la Diversité Biologique (First Adhoc Open Ended Working Group on Protected Areas, Montecatini, 13 - 17 Juin) et aux réunions préparatoires au Ministère des Affaires Etrangères.
- Pelletier, D. 2006. Participation au groupe de travail scientifique du Comité national de concertation Aires Marines Protégées du MEDD.
- Pelletier, D. 2006. Participation à la consultation d'experts pour établir le rapport : Roberts, C.M., L. Mason, & J. P. Hawkins. 2006. Roadmap to recovery : A global network of marine reserves. Report for the Convention on Biological Diversity, Curitiba, May 2006. 56 p. Disponible à cr10@york.ac.uk.

8.2. Expertises en cours

8.3. Expertises prévues

9. Méthodologies (guides...)

9.1. Méthodologies produites

ISIS-Fish :

-versions 1.5, 2 et 3. librement téléchargeables à <http://isis-fish.labs.libre-entreprise.org/>

- manuel utilisateur de ISIS-Fish versions 2 et 3. Vermard, Y. & D. Pelletier. 2006. Version française (101 p.). Version anglaise (98 p.)
- site Web de ISIS-Fish. <http://www.ifremer/isis-fish>
- bases de données par application et liste d'équations génériques (dynamique de population, mesures de gestion)

Méthodologies pour l'évaluation des usages :

- pêche plaisancière : enquêtes et survols aériens
- plongée : enquêtes, disponibles sur demande

Méthodologie d'observation des peuplements de poisson et des habitats :

- techniques de vidéo sous-marine

Méthodologies d'analyse des données de suivis des effets écologiques des AMP et indicateurs

- scripts et méthodes (annexes A.3 et A.4)

Mise en œuvre d'une démarche indicateurs avec les gestionnaires

9.2. Méthodologies en cours d'élaboration

- Mise en œuvre d'une démarche indicateurs avec les gestionnaires
- Méthodologie d'observation vidéo des peuplements de poisson et des habitats

9.3. Méthodologies prévues

Achèvement de la démarche indicateurs et validation par application dans plusieurs AMP

10. Autres

Réunions de restitution finale du projet :

- Sète, 8-10 novembre 2006 (19 participants extérieurs au projet, 17 excusés)
- Nouméa, 15 décembre 2006 (participants de la Direction des Ressources Naturelles, du Service Environnement et Pêche de la Province Nord, de la DAFE de l'IRD et de l'IFREMER).
- Nouméa, 16 mars 2007, Réunion indicateurs AMP (participants de la DRN et de la DAFE).

RÉSUMÉS

Amand M., D. Pelletier, J. Ferraris, & M. Kulbicki. 2004. A step toward the definition of ecological indicators of the impact of fishing in the Abore reef reserve (New Caledonia). *Aquatic Living Resources* **17**, 139-149.

RÉSUMÉ. Vers la définition d'indicateurs écologiques de l'impact de la pêche sur l'assemblage spécifique des poissons de la réserve Aboré (Nouvelle-Calédonie).

Les Aires Marines Protégées (AMP) sont de plus en plus considérées comme des mesures de gestion alternatives permettant à la fois une gestion durable des ressources exploitées et la conservation des écosystèmes. Nous proposons une approche pour définir des indicateurs synthétiques et permettre un diagnostic statistique de l'effet des AMP sur les peuplements. Ce travail passe par le choix de variables pertinentes (abondance, richesse spécifique, taille, paramètres démographiques, etc.) et de méthodes statistiques appropriées. Cette étude a été réalisée sur la réserve du Récif Aboré en Nouvelle-Calédonie. Les données issues de deux campagnes scientifiques menées sur ce récif sont utilisées pour tester globalement l'effet des AMP grâce à des modèles inférentiels (ANOVA, GLM), et par des méthodes de régression Partial Least Squares (PLS). Ces dernières permettent de confronter dans un même modèle quatre variables (densité, richesse, biomasse et taille moyenne des poissons), afin de retenir les plus sensibles et les plus pertinentes pour l'évaluation de l'effet de la réserve. La variabilité de l'habitat est également prise en compte dans la modélisation. Les espèces sont regroupées selon plusieurs critères : régime alimentaire, taxonomie, mobilité, caractéristiques démographiques, caractéristiques de taille. Les espèces n'apparaissent pas affectées par l'ouverture à la pêche du récif Aboré en fonction de leur mobilité. Seul le critère trophique montre une réponse (à l'ouverture à la pêche) différente selon les groupes d'espèces, à la fois d'après les modèles inférentiels et d'après les PLS. Les résultats de deux types de modèle montrent que la richesse spécifique et la densité sont les variables les plus sensibles à l'ouverture à la pêche. La taille moyenne est bien modélisée, mais la biomasse donne des ajustements peu satisfaisants. Les résultats des ANOVA et des PLS sont cohérents. L'avantage de la PLS est d'intégrer toutes les variables dans un même modèle.

MOTS CLÉS

Aires Marines Protégées, Poissons coralliens, Impact de la pêche, Indicateurs écologiques, Régression PLS, Nouvelle-Calédonie

ABSTRACT

Marine reserves are often contemplated as a tool for ecosystem management, because they contribute to restoration of both fish communities and habitat by protecting the ecosystem from exploitation and other anthropic pressures. Although there are many papers attempting to evaluate the effectiveness of marine reserves, they did not tackle this issue with an ecosystemic view, nor did they propose indicators in this purpose.

In this paper, we propose several metrics that can be calculated from experimental data collected from a Before After Control Impact (BACI) design. Metrics involve variables often observed in survey data, i.e. density, biomass, size distribution and species richness. Metrics are constructed based on species-specific criteria such as taxonomy, mobility, adult size, feeding habits, and demographic strategy.

We estimated these metrics from underwater visual count data collected on the Abore coral reef (New Caledonia, South Pacific) for monitoring the impact of an opening to fishing of a part of the reserve. For each criterion, metrics were evaluated within the same model in order to compare their sensitivity to reserve status. Metrics were then compared across criteria. Finally, results were contrasted to select the most appropriate metrics to assess the impact of

the removal of reserve status upon the whole fish. The retained metrics constitute potential ecosystemic indicators to evaluate and monitor the impact of reserve status on fish communities.

KEY WORDS

Marine Protected Areas, Fish, Coral reef, Fishing impact, Ecological indicators, PLS regression, New Caledonia

Claudet, J. & D. Pelletier. 2004. Marine protected areas and artificial reefs: A review of the interactions between management and scientific studies. *Aquatic Living Resources* **17**, 129-138.

RÉSUMÉ

Aires marines protégées et récifs artificiels : une synthèse des interactions entre gestion et études scientifiques. Les zones côtières abritent des habitats-clés pour le cycle biologique de nombreuses populations marines, mais sont soumis à une forte pression anthropique. Les usages de la bande côtière sont multiples et occasionnent souvent des conflits d'intérêts. Dans ce contexte, les Aires Marines Protégées (AMP) et les Récifs Artificiels (RA) sont de plus en plus considérés comme des mesures de gestion pertinentes pour la conservation des écosystèmes, la gestion des pêcheries, pour allouer l'espace côtier entre usagers et pour réduire certains conflits. Au-delà de ces bénéfices attendus, il est important d'évaluer si les AMP et les RA permettent d'atteindre les objectifs des gestionnaires. Dans cette synthèse bibliographique, nous nous intéressons en particulier aux interactions entre les sciences écologiques et la gestion, concernant l'établissement ou le suivi des AMP et RA. Nous étudions, en premier lieu, comment les objectifs doivent être formalisés au travers des plans de gestion, et quels types d'information sont ainsi nécessaires à collecter. Nous présentons ensuite les objectifs de gestion en relation avec les AMP et les RA, et les effets observés correspondants. Enfin, nous discutons du rôle des suivis scientifiques et de la recherche dans le processus de gestion et proposons quelques perspectives de recherche.

MOTS CLÉS

Aires Marines Protégées, Récifs artificiels, Poissons, Evaluation d'impact, Gestion, Objectif des actions de gestion, Suivis

ABSTRACT

Inshore marine areas host key habitats for the biological cycle of many marine populations, but are subject to strong anthropogenic pressure. Uses of inshore areas are multiple and often give rise to conflicting interests. In this context, marine protected areas (MPAs) and artificial reefs (ARs) are increasingly regarded as interesting management measures, in that they contribute to ecosystem conservation, fisheries sustainability, and because they can be helpful in zoning coastal areas in order to reduce conflicts between users. Beyond these expected benefits, it is important to appraise whether MPAs and ARs meet managers' objectives. This review focuses on the interaction between ecological sciences and management in the purpose of establishing or monitoring MPAs and ARs. We first study how objectives have to be formalized through management plans, and which kinds of information need to be collected in this respect. We then report management objectives related to MPAs and ARs, and list corresponding observed effects. Finally, we discuss the present role of monitoring and scientific research in the management process and propose a few perspectives for scientific research.

KEY WORDS

Marine protected areas, Artificial reefs, Fish, Impact assessment, Management, Management actions objectives, Monitoring

Claudet, J., D. Pelletier, J.-Y. Jouvenel, F. Bachet, & R. Galzin. 2006. Assessing the effects of Marine Protected Area (MPA) on a reef fish assemblage in a northwestern Mediterranean marine reserve: identifying community-based indicators. *Biological Conservation* **130**, 346-369.

RÉSUMÉ

Les Aires Marines Protégées (AMP) sont de plus en plus envisagées comme un outil de gestion pour les écosystèmes côtiers et la pêche. L'évaluation de leur performance en ce qui concerne des objectifs de gestion est donc nécessaire. Un certain nombre d'AMP ont fourni des résultats positifs en termes de conservation des espèces pêchées. Les effets observés ne s'appliquent pas à toutes les espèces à tout moment, et les réponses à la protection sont également fortement variables parmi les taxa de poissons. Parmi les nombreuses études empiriques sur les réserves marines, seulement quelques études considéraient des données avant et après l'établissement de la réserve ainsi que la variation spatiale. Dans cet article, nous sommes intéressés à évaluer l'effet de la protection sur l'assemblage de poissons de roche dans un exemple méditerranéen nord-occidental. Des données ont été obtenues à partir d'un suivi de trois ans en utilisant des comptages visuels sous-marins, avant et après établissement de l'AMP. L'analyse de variance multivariée par permutations (PERMANOVA) et les arbres de régression multivariés ont été employés pour évaluer les effets de la protection sur l'assemblage de poissons de roche, tout en intégrant l'habitat. Les réponses biologiques modélisées étaient des abondances et des indices de diversité calculés à différents niveaux de l'assemblage. Des effets significatifs ont été observés pour beaucoup de ces métriques. Des modèles univariés ont permis de quantifier l'ordre de grandeur et la direction des effets. Les métriques les plus sensibles concernent les grands individus et les espèces cibles de la pêche. Ces résultats peuvent être utilisés pour identifier des indicateurs potentiels des effets des AMP pour des programmes de suivis.

MOTS CLÉS

Évaluation d'impact, aire marine protégée, indicateur écologique, analyse de variance par permutations, arbres de régression multivariés, communautés de poissons, Méditerranée nord-occidentale

ABSTRACT

Marine Protected Areas (MPAs) are increasingly envisaged as a tool to manage coastal ecosystems and fisheries. Assessment of their performance with respect to management objectives is therefore important. A number of MPAs provided conservation benefits for fished species. Observed benefits do not apply to all species at all times, and responses to protection are also highly variable among fish taxa. Among the many empirical studies on marine reserves, only a few designs considered before and after data and spatial variation. In this paper, we were interested in assessing the effect of a no-take reserve on the reef fish assemblage in a northwestern Mediterranean example. Data were obtained from a three-year survey using Underwater Visual Censuses (UVC), before and after MPA establishment. Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) and Multivariate Regression Trees were used to evaluate the effects of reserve protection on the reef fish assemblage, while accounting for habitat. Modelled biological responses were abundances and diversity indices calculated at different levels of the assemblage. Significant effects were found for many of these metrics. In addition to PERMANOVA, univariate models provided more

insight into the magnitude and direction of effects. The most sensitive metrics were related to large species and species targeted by fishing. These results may be used to choose the metrics that are more suitable as community-based indicators of MPA impact in the perspective of monitoring programs.

KEY WORDS

Impact assessment, marine protected area, ecological indicator, permutational multivariate analysis of variance, multivariate regression trees, reef fish assemblage, northwestern Mediterranean

Claudet, J., S. Roussel, D. Pelletier, H. Rey-Valette. Spatial management of near shore coastal areas: the use of Marine Protected Areas (MPAs) in a fisheries management context. *Vie et Milieu* (sous presse).

RÉSUMÉ

Les usages des zones côtières marines ont profondément évolué ces dernières décennies et la pression anthropique sur les écosystèmes côtiers menace la pérennité des ces zones à travers les services et les ressources qu'elles peuvent fournir. La gestion traditionnelle des pêches n'a pas évité la surexploitation de la plupart des ressources marines côtières. Des mesures de gestion spatiale basées sur une Gestion Intégrée de la Zone Côtière (GIZC) peuvent répondre à ces deux problèmes. Comparée aux mesures de gestion traditionnelles, la gestion spatiale offre des perspectives intéressantes en matière de contrôle. Si l'espace est explicitement intégré dans la gestion des pêches, celle-ci peut contribuer au zonage des usages pour équilibrer les valeurs économiques, sociales et biologiques des ressources naturelles marines. Tandis que les approches traditionnelles de gestion des pêches fournissent une protection des ressources basée sur leurs abondances, les Aires Marines Protégées (AMP) protègent un espace et l'écosystème qu'il contient. En plus des effets écologiques sur les assemblages de poissons dans leur périmètre, les AMP peuvent contribuer à pérenniser la pêche artisanale à leur voisinage. Les AMP peuvent ainsi contribuer à assurer la durabilité des pêcheries et à maintenir en même temps les services rendus par les écosystèmes marins à la société.

MOTS CLÉS

Economie écologique, Ecologie, Gestion des pêches, Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC), Aires Marines Protégées (AMP), Ressources côtières marines, Gestion spatiale

ABSTRACT

Coastal uses have deeply evolved these last decades and high anthropogenic pressures on coastal ecosystems have affected the sustainability of these areas with respect to the services and the resources they may provide. Traditional fisheries management has failed to avoid overexploitation of most coastal marine resources. Management measures based on an Integrated Coastal Zone Management (ICZM) are thus required. Spatial management covers various ranges of properties that may enhance usual regulatory means. If spatial considerations are explicitly integrated in fisheries management, the latter may contribute to zoning design in order to balance the economic, social and biological values of natural marine resources. While traditional fisheries management approaches provide for resource protection based on population numbers, Marine Protected Areas (MPAs) provide for ecosystem protection in space. Besides their ecological effects on fish assemblages within its boundaries, MPAs can enhance adjacent artisanal fisheries. MPAs can thus ensure the sustainability of fisheries and at the same time maintain non-fisheries benefits of marine ecosystems to society.

KEY WORDS

Ecological Economics, Ecology, Fisheries Management, Integrated Coastal Zone Management (ICZM), Marine Protected Areas (MPAs), Coastal Resources, Spatial Management.

Claudet, J. 2006. Aires marines protégées et récifs artificiels : méthodes d'évaluation, protocoles expérimentaux et indicateurs, Thèse de doctorat d'Océanologie, 2006, Université de Perpignan, 266 pages, 23 figures, 35 tableaux.

Claudet J. Aires marines protégées et récifs artificiels : méthodes d'évaluation, protocoles expérimentaux et indicateurs. *Cybium* (sous presse)

RÉSUMÉ

Les zones côtières marines abritent des habitats-clés pour le cycle biologique de nombreuses espèces marines. Or elles sont soumises à une forte pression anthropique à travers de nombreux usages, et les écosystèmes côtiers s'en trouvent profondément affectés. La plupart des ressources marines sont maintenant surexploitées ou en passe de l'être et la pérennité des pêcheries n'est pas assurée. Il apparaît donc nécessaire de mettre en œuvre des plans de gestion de la bande littorale qui permettent de préciser les modalités d'usage de cet espace fragile, afin de minimiser les conflits entre activités et d'assurer la pérennité de celles qui s'appuient sur les ressources naturelles. Parce qu'ils visent justement à réglementer, au sens large, l'utilisation de l'espace par les différents acteurs, les Aires Marines Protégées (AMP) et les Récifs Artificiels (RA) ont été envisagés comme des outils de gestion potentiellement pertinents pour gérer la disponibilité et l'accessibilité aux ressources marines tout en protégeant et restaurant les communautés ichthyologiques et les habitats.

La gestion des AMP et des RA nécessite des évaluations avec des suivis adaptés, incorporant différentes sources de variabilité. Nous avons étudié et développé une démarche permettant de construire des protocoles expérimentaux et des méthodes d'analyse appropriés à la mise en place de suivis récurrents des AMP et des RA. Cette méthodologie est développée à partir de données existantes sur différents cas d'étude en Méditerranée nord-occidentale et des analyses de puissances statistiques peuvent y être associées. Par l'utilisation de techniques statistiques d'analyse telles que des analyses de variance multivariée par permutations ou des arbres de régression multivariée, nous avons construits des indicateurs multiparamétriques permettant un diagnostic statistiquement testable de l'impact des AMP et des RA sur les assemblages de poissons démersaux-benthiques. Ces indicateurs de performance écologique permettent de suivre et de restituer aux gestionnaires les évolutions du système.

Nous avons mis en évidence la réponse globale du peuplement de poissons à la mise en place d'une AMP. Cette réponse se traduit par des augmentations d'abondance, de richesse spécifique ou de diversité; elle est graduelle dans le temps, l'espace et selon les groupes taxonomiques considérés ou la taille des espèces et la taille des individus d'une même espèce. Les grands individus réagissent le plus vite à la mise en protection et les habitats de faibles profondeurs sont plus sensibles à la présence de la réserve. Nos résultats peuvent servir à la mise en place de nouvelles AMP ou à l'immersion de nouveaux RA et au développement de plans de gestion des AMP.

MOTS CLÉS

Economie de l'environnement, Ecologie, Gestion des pêches, Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC), Aires Marines Protégées (AMP), Ressources côtières marines, Gestion spatiale

ABSTRACT

Marine coastal zones shelter key habitats for the biological cycle of many marine species. However they are subjected to a strong anthropogenic pressure through many uses and the coastal ecosystems are deeply affected. The majority of the marine resources are now being overexploited or on the way to be and the sustainability of the fisheries is not assured. It thus appears necessary to implement management plans of the coastal area which make it possible to specify the use modalities of this fragile space, in order to minimize the conflicts between activities and to ensure the sustainability of those which are based on the natural resources. Because they precisely aim at regulating, in the broad sense, use of space by the various actors, Marine Protected Areas (MPAs) and Artificial Reefs (ARs) were planned as potentially relevant management tools to manage the availability and accessibility of the marine resources while protecting and restoring the communities.

Management of MPAs and ARs requires complex evaluations with adapted monitoring, incorporating various variability sources. We studied and developed a methodology to build experimental designs and analysis methods appropriate to the implementation of the monitoring of MPAs and ARs. This methodology is developed starting from existing data on various case study the north-Western Mediterranean and power analyses can be associated. By the use of statistical techniques such as permutational multivariate analysis of variance or multivariate regression trees, we built multiparametric indicators allowing a statistically testable diagnosis of the impact of MPAs and ARs on demersal fish assemblages. Indicators of the ecological performance of such structures make it possible to follow and communicate to managers evolutions of the system observed in the assessment process.

It was possible to reveal the global response of the fish assemblages to the MPA implementation. This response results in increases in abundance, species richness or diversity; it is gradual in time, space and according to the taxonomic groups considered or species size and the size of fish individuals. Large individuals react most quickly to the protection and habitats of lower depths are more sensitive to the presence of the reserve.

Our results can be used for the implementation of new MPAs or for the immersion ARs and for the development of their management plans.

KEY WORDS

Marines Protected Areas, Artificial Reefs, Impact Assessment, Temperate Fish, Indicators, Multivariate, Habitat, Monitoring, Statistical Power, Northwestern Mediterranean, Management

Clua E., B. Beliaeff, C. Chauvet, G. David, J. Ferraris, M. Kronen, M. Kulbicki, P. Labrosse, Y. Letourneur, D. Pelletier, O. Thébaud, & M. Léopold. 2005. Towards multidisciplinary indicator dashboards for coral reef fisheries management. *Aquatic Living Resources* **18**, 199-213.

RESUME

Vers des tableaux de bord d'indicateurs multidisciplinaires pour la gestion des pêcheries coralliennes. La diversité des écosystèmes coralliens, la multiplicité des modalités d'exploitation de leurs ressources et l'hétérogénéité des contextes socio-culturels insulaires rendent complexe la gestion des pêcheries récifo-lagonaires du Pacifique Sud. La santé et l'évolution de ces ressources dépendent, d'une part, des caractéristiques propres de l'écosystème (obéissant à des facteurs biologiques et écologiques) et, d'autre part, de la pression de pêche dont certains effets seulement sont établis. La pêche traditionnelle aux fins de subsistance est aujourd'hui concurrencée par des activités à visées commerciales et récréatives, qui accroissent les prélèvements et soulèvent de nouveaux enjeux de gestion.

L'article propose une approche pour l'évaluation et le suivi de ces pêcheries basée sur un ensemble d'indicateurs pluridisciplinaires. Le système « Pêche » est analysé de trois points de vue complémentaires : l'écologie des peuplements exploités, l'exploitation halieutique *sensu stricto* et le contexte économique et social plus large des pêcheries. La mise en place d'indicateurs issus de ces trois domaines vise à compenser le manque chronique de moyens financiers et humains pour la gestion des pêcheries coralliennes des îles du Pacifique sud. Nous suggérons que leur utilisation s'effectue au travers d'une grille d'évaluation ou tableau de bord répondant à des situations précises et des objectifs de gestion définis lors d'une approche participative. La portée opérationnelle de ce tableau de bord de gestion de la pêche repose sur i) la concertation engagée entre les usagers, ii) l'objectivité du suivi préconisé, iii) la transcription visuelle des intérêts convergent et/ou divergents des acteurs, et iv) leur implication dans le processus de décision. Les modalités et contraintes d'application de cet outil sont décrites sur l'exemple de l'atoll d'Ouvéa (Nouvelle-Calédonie, Pacifique Sud), pour lequel une analyse des indicateurs disponibles pour décrire l'état des pêcheries a été réalisée.

MOTS-CLÉS

Récifs coralliens, Pêche, Gestion participative, Indicateurs, Tableau de bord

ABSTRACT

The diversity of reef ecosystems, the multiplicity of reef resource uses and the breadth of the range of the island socio-cultural contexts concerned make coral reef fisheries (CRF) management in the South Pacific a complex task. The health and state of the targeted resources depend both on ecosystem characteristics (as determined by ecological and biological factors) and on fishing pressure, whose effects are only partly known. Increasing harvests from commercial and recreational fishing increasingly overlap with traditional subsistence activity, creating an important CRF management challenge. This paper presents a new approach to CRF assessment and monitoring by providing a set of multidisciplinary indicators. The fisheries system is assessed from three different viewpoints: ecology of targeted populations, exploitation and the broader socio-economic fishery context. The use of complementary indicators chosen from each of these fields could balance the chronic lack of human and financial resources for the management of these fisheries. We suggest the use of these indicators through an assessment grid or an indicator dashboard specifically adapted to given situations and management objectives determined through a participatory approach. The operational efficiency of this dashboard depends on i) dialogue between users, ii) the objectivity of the proposed monitoring, iii) the visual transcription of divergent/convergent interests amongst stakeholders, and iv) stakeholder involvement in the decision-making process. The use and constraints of such a tool are described with reference to Ouvéa atoll (New-Caledonia, South Pacific) for which an analysis of available indicators for assessing fisheries status is presented.

KEY-WORDS

Coral Reefs, Fishing, Comanagement, Indicators, Dashboard.

Dubreuil J., J.L. Binche, & M. Verdoit-Jarraya. A recreational angling survey inside and outside a protected rocky coast off Banyuls-sur-mer (north-western Mediterranean): An indicator of marine reserve benefits ? *ICES Journal of Marine Science (soumis)*

RÉSUMÉ

Nous avons étudié la typologie de l'activité de pêche de loisir à l'intérieur et autour de la réserve marine de Cerbère-Banyuls, créée il y a plus de 30 ans. Les caractéristiques de ce type de pêche (localisation, méthode et effort de pêche, composition des prises, taux de captures et productions) ont été évaluées au moyen d'enquêtes directes auprès de 625 pêcheurs. Les deux techniques de pêche prédominantes sont la pêche au fond, et la pratique de l'activité depuis une embarcation. Le serran (*Serranus cabrilla*) et d'autres espèces démerso-benthiques (par ex. la girelle *Coris julis* et le sar commun *Diplodus sargus*) sont les prises les plus courantes de la pêche récréative le long de cette côte rocheuse. Bien que l'étude est ponctuelle (Mars à Juillet 2005), les résultats obtenus illustrent la pression que la pêche de loisir peut exercer sur certaines populations ichtyques côtières. Cela implique que la gestion des ressources côtières pourrait être améliorée par la prise en compte de cette activité. Le suivi de la pêche de loisir est mis en place aisément, et la connaissance des activités anthropiques ainsi que des autres composantes de l'écosystème permet une approche plus intégrée de la gestion côtière. En outre, ce suivi fournit une méthode complémentaire à l'évaluation de la performance d'une aire marine protégée. En effet, les données montrent que la part de captures due à la pêche récréative suffit à avoir un impact significatif sur les populations de poissons par rapport aux zones adjacentes protégées. De plus, nous démontrons une relation nette entre la taille individuelle du serran et le degré de protection apporté par la réserve marine. Ces résultats suggèrent que l'abondance des poissons côtiers soumis à la pêche est particulièrement sensible à l'exploitation et que les réserves marines peuvent se révéler des outils de gestion efficaces.

MOTS-CLÉS

Gestion du littoral, enquêtes directes, pêche de loisir, *Serranus cabrilla*, distribution démographique, aire marine protégée, hameçon.

ABSTRACT

We examine the typology of recreational rock-angling inside and outside the marine protected area of Banyuls-Cerbère, created more than 30 years ago. The characteristics of amateur fishing (location, fishing method and effort, species composition, catch rate and yield) were evaluated by on-site interviews with 625 anglers. Still-fishing in the benthos is the predominant fishing method with boat-based anglers in the majority. The comber (*Serranus cabrilla*) and other bottom feeders species (i.e. *Coris julis* and *Diplodus sargus*) are the most heavily caught recreational fish species off this rocky coast. Although these are punctual estimates (only from March to July 2005) the values do highlight the pressure the recreational fishery exerts on coastal fish populations. It also supports the idea that recreational fishing should be taken into account to improve coastal resource management as a creel survey is easy to carry out and knowledge of anthropogenic recreational factors in addition to all the other components of an ecosystem provides a more integrated approach to coastal management. Furthermore, this monitoring provides a complementary method in demonstrating the effects of marine reserves as our data show that part of catches due to recreational fishing is sufficient to significantly deplete fish populations below that of adjacent protected areas. Moreover, we demonstrate a clear relationship between a comber's individual size and the degree of protection offered by the marine reserve. These results suggest that the abundance of angling fish is particularly sensitive to exploitation and that marine reserves are a viable management tool.

KEY WORDS

coastal management, on-site interviews, recreational fishery, *Serranus cabrilla*, size distribution, marine protected area, hook.

Ferraris, J., D. Pelletier, M. Kulbicki & C. Chauvet. 2005. Assessing the impact of removing reserve status on the Abore Reef fish assemblage, New Caledonia. *Marine Ecology Progress Series* **292**, 271-286.

RESUME

Nous proposons une approche statistique basée sur l'analyse multivariée et les modèles linéaires pour tester les conséquences pour l'assemblage ichthyologique du récif Aboré de Nouvelle-Calédonie de l'annulation d'une partie de la protection dont bénéficie le récif. Les conséquences sur la densité des poissons ont été étudiées à l'échelle de l'assemblage en prenant en compte l'habitat. Des comptages de poissons et des données relatives à l'habitat ont été collectées avant et après réouverture à la pêche, à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve. Les groupes d'espèces ont été construits sur la base d'information complémentaire sur le comportement et la taxonomie. L'impact de l'ouverture à la pêche a été évalué en prenant successivement en compte deux variables d'habitat correspondant à des échelles spatiales différentes, et en considérant plusieurs critères pour grouper les espèces. L'habitat s'est révélé être un facteur déterminant pour expliquer les variations spatiales de densité. Des effets significatifs de l'ouverture à la pêche ont été démontrés pour plusieurs groupes d'espèce comme les macrocarnivores, les piscivores, les herbivores, les Lethrinidés et les Siganidés. Un effet contre-intuitif a été observé pour les Acanthuridés. Aucune différence significative de densité n'a été mise en évidence pour les autres groupes d'espèces. L'approche permet un diagnostic de l'impact de changements du niveau de protection à l'échelle de l'assemblage de poissons. Elle pourrait être utilisée pour identifier et choisir des indicateurs potentiels pour le suivi de ce type d'impact sur les assemblages de poisson dans les écosystèmes coralliens, mais aussi dans d'autres contextes.

MOTS-CLÉS

Réserve marine, Assemblage de poissons de récif, Habitat, Récif corallien, Impact de la pêche, Indicateur écologique, Pacifique Sud.

ABSTRACT

We propose a statistical approach based on multivariate analysis and general linear models to test the consequences of removal of reserve status from the Abore Reef fish assemblage of the Abore Reef reserve, New Caledonia. Consequences on fish density were examined at the level of fish assemblage, accounting for habitat. Fish counts and habitat-related information were collected before and after the removal of reserve status, both inside and outside the reserve. Species groups were constructed on the basis of additional information on behavioural characteristics and taxonomy. The impact of the removal of reserve status was assessed by using 2 habitat proxies corresponding to 2 spatial scales and by considering several criteria for grouping species. Habitat appeared to be a determining factor in explaining density variations. Significant positive effects were found for several species groups such as macrocarnivores, piscivores, herbivores, Lethrinidae and Siganidae. A counterintuitive negative effect was observed for Acanthuridae. No significant differences between the reserve and the exploited zone were found for the other species groups. The approach allows for a synoptic diagnostic on the impact of changes in reserve status at the fish assemblage level. It could be used to develop and select potential indicators for monitoring such impacts on fish assemblages in coral reef ecosystems and in other contexts.

KEY-WORDS

Marine reserve · Reef fish assemblage · Habitat · Coral reefs · Fishing impact · Ecological indicator · South Pacific

Pelletier, D., J. Claudet, J. Ferraris, L. Benedetti-Cecchi, & J.A. García-Charton. Assessing ecological and fisheries-related effects of Marine Protected Areas : Current status and perspectives. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (révisé)

RESUME

Deux types d'approches ont été utilisées pour évaluer les effets écologiques et halieutiques des Aires MARines Protégées (AMP) : des approches statistiques reposant sur des données de terrain et des modèles mathématiques quantifiant les conséquences des AMP sur la dynamique des populations et des peuplements. Les modèles statistiques fournissent un diagnostic sur l'impact des AMP sur l'écosystème et les ressources ; ils sont aussi nécessaires pour mettre au point les protocoles d'échantillonnage pour les programmes de suivi. Les modèles dynamiques permettent d'explorer les conséquences de configurations d'AMP et d'autres mesures de gestion. A partir de la littérature, nous résumons comment chacune de ces approches a été mise en œuvre jusqu'à présent et identifions des indicateurs potentiels des effets des AMP qui peuvent être obtenus par chaque approche afin de fournir un avis pour les gestionnaires. Les lacunes méthodologiques qui nuisent à l'évaluation des effets des AMP et à la construction d'indicateurs appropriés sont discutées et nous présentons des développements récents en la matière. Finalement, nous proposons des moyens de réconcilier les deux approches sur la base de leur complémentarité, en vue d'en déduire des indicateurs d'aide à la décision. Nous suggérons également que les gestionnaires d'AMP soient associés à la définition et à la construction de tels indicateurs.

MOTS-CLÉS

Aire Marine Protégée, Modèle dynamique, Modèle statistique, Evaluation d'impact, Gestion des Pêcheries, Conservation des écosystèmes, Indicateurs

ABSTRACT

Two kinds of approaches have been used for assessing ecological and fisheries-related effects of Marine Protected Areas (MPAs): statistical approaches based on field data, and mathematical modelling quantifying the consequences of MPAs on the dynamics of populations and communities. Statistical models provide a diagnostic about the impact of MPAs on the ecosystem and resources; they are also needed for devising sampling designs for monitoring programmes. Dynamic models enable exploring the consequences of MPA designs and other management policies.

We briefly review how each of these approaches has been implemented up to now in the literature and identify potential indicators of MPA effects that can be obtained from each approach to provide scientific advice for managers. Methodological gaps that impede the assessment of MPA effects and the construction of appropriate indicators are then discussed, and recent developments in this respect are presented. We finally propose ways to reconcile the two approaches based on their complementarity, in order to derive suitable indicators to support decision-making. In this respect, we suggest in addition that MPA managers should be associated to the design and construction of indicators.

KEYWORDS

Marine Protected Areas, Dynamic model, Statistical model, Impact assessment, Fisheries management, Ecosystem conservation, Indicators

Pelletier, D., J. García-Charton, J. Ferraris, G. David, O. Thébaud, Y. Letourneur, J. Claudet, M. Amand, M. Kulbicki, & R. Galzin. 2005. Designing indicators for evaluating the effects of Marine Protected Areas on coral reef ecosystems : a multidisciplinary standpoint. *Aquatic Living Resources* **18**, 15-33.

RESUME

Cet article vise à identifier des indicateurs de l'effet des Aires Marines Protégées (AMP) en milieu corallien, sur la base d'une synthèse bibliographique dans les domaines écologiques, économiques et sociaux, et principalement en milieu corallien. Nous recensons d'abord les différents effets attendus des AMP pour chacun des domaines, et les variables retenues pour les étudier. Les indicateurs écologiques potentiels sont évalués au travers de leur lien avec l'effet étudié (ici appelé « pertinence ») et de leur « efficacité » qui regroupe les notions de précision, justesse et puissance statistique. Pertinence et efficacité sont respectivement mesurées par la fréquence d'utilisation et la proportion de résultats significatifs trouvés dans les articles recensés. Pour les aspects économiques et sociaux, le faible nombre de références ne permet pas une approche comparable à celle utilisée pour les indicateurs écologiques, et nous discutons donc de la question de l'identification d'indicateurs, et suggérons quelques pistes de recherche. Les principaux résultats de ce travail sont : i) le décalage entre les nombres de publications entre disciplines; ii) la nécessité de protocoles et méthodologies incluant des situations de contrôle pour évaluer les effets des MPA; iii) la faible efficacité de nombreux indicateurs écologiques; et iv) le nombre élevé d'effets peu ou pas étudiés à l'heure actuelle.

MOTS-CLÉS

Aire Marine Protégée, Indicateurs écologiques, sociaux et économiques, Approche pluridisciplinaire, Ecosystème corallien, Gestion côtière

ABSTRACT

The present paper aims at identifying and evaluating indicators of the effects of Marine Protected Areas (MPAs) in coral reef regions, based on a bibliography review in ecology, economics and social sciences. First the various effects studied within each of these domains and the variables used to measure them were censused. Potential ecological indicators were evaluated through their link with the question used (here termed "relevance") and their "effectiveness" which encompasses the issues of precision, accuracy and statistical power. Relevance and effectiveness were respectively measured by the frequency of use of each indicator and the proportion of significant results in the reviewed articles. For social and economic effects, the approach was not possible due to the low number of references; we thus discussed the issue of finding appropriate indicators for those fields. Results indicate : 1- the unbalance in literature between disciplines; 2- the need for protocols and methodologies which include controls in order to assess MPA effects; 3- an important proportion of ecological indicators with low effectiveness; 4- the high number of ecological effects still not studied or not demonstrated at present.

KEYWORDS

Marine Protected Area, Ecological, economic and social indicators, Pluridisciplinary approach, Coral reef ecosystems, Coastal management

Pelletier D. & S. Mahévas. 2005. Spatially-explicit fisheries simulation models for policy evaluation. *Fish and Fisheries* **6**, 1-43.

RESUME

Cet article traite des outils de modélisation destinés à explorer les conséquences de mesures de gestion alternatives sur la dynamique des ressources et des pêcheries, telles que les Aires Marines Protégées (AMP). Nous établissons d'abord une synthèse des nombreux modèles qui ont été développées dans cette optique, et les comparons de différents points de vue : modélisation des populations, de l'exploitation et de la gestion. Nous présentons ensuite un modèle générique de simulation de pêche, ISIS-Fish (Integration d'Information Spatiale pour la simulation des Pêcheries). Ce modèle spatialement explicite permet d'analyser des mesures de gestion pour des pêcheries mixtes (multiespèces, multiengins). Il peut être utilisé pour explorer les effets de scénarios combinant plusieurs mesures : Totaux Autorisés de Capture, licences, restrictions sur les engins, AMP, etc. La réponse du pêcheur à la mise en oeuvre de la ou des mesures de gestion est prise en compte au travers de règles de décision conditionnées sur les paramètres de population et d'exploitation. Une application à un exemple simple illustre la pertinence de ce type d'outil pour l'analyse de mesures de gestion, particulièrement dans le cas des pêcheries mixtes. Dans une dernière partie, nous discutons des modèles revus et de ISIS-Fish à la lumière des hypothèses sous-jacentes et des objectifs des modèles. Nous identifions les caractéristiques souhaitables pour des modèles de simulation de pêche destinés à l'évaluation de mesures de gestion et en particulier pour l'évaluation des AMP.

MOTS-CLÉS

Outil de simulation, Pêche mixte, Dynamique de Pêche, Modèle explicitement spatial et saisonnier, mesure de gestion, Aire Marine Protégée, Comportement de pêcheur

ABSTRACT

This papers deals with the design of modelling tools suitable for investigating the consequences of alternative policies on the dynamics of resources and fisheries, such as the evaluation of Marine Protected Areas (MPA). We first review the numerous models that have been developed in this purpose, and compare them from several standpoints : population modelling, exploitation modelling, and management measure modelling. We then present a generic fisheries simulation model, ISIS-Fish (Integration of Spatial Information for FISHeries simulation). This spatially-explicit model allows quantitative policy screening for fisheries with mixed-species harvests. It may be used to investigate the effects of combined management scenarios including a variety of policies : Total Allowable Catch (TAC), licenses, gear restrictions, MPA, etc. Fisher's response to management may be accounted for by means of decision rules conditioned on population and exploitation parameters. An application to a simple example illustrates the relevance of this kind of tool for policy screening, particularly in the case of mixed fisheries. Lastly, reviewed models and ISIS-Fish are discussed and confronted in light of the underlying assumptions and model objectives. In the light of this discussion, we identify desirable features for fisheries simulation models aimed at policy evaluation, and particularly MPA evaluation.

KEYWORDS

Simulation tool, Mixed fishery, Fisheries dynamics, Spatially and seasonally explicit model, Management measures, Marine Protected Areas, Fisher's behaviour.

RESUME

Les zones côtières marines abritent des habitats clés pour le cycle biologique de nombreuses espèces marines. Or elles sont soumises à une forte pression anthropique à travers de nombreux usages et les écosystèmes côtiers s'en trouvent profondément affectés. La plupart des ressources marines sont maintenant surexploitées ou en passe de l'être et la pérennité des pêcheries n'est pas assurée. Il apparaît donc nécessaire de mettre en œuvre des plans de gestion de la bande littorale qui permettent de préciser les modalités d'usage de cet espace fragile, afin de minimiser les conflits entre activités et d'assurer la pérennité de celles qui s'appuient sur les ressources naturelles. Parce qu'ils visent justement à réglementer, au sens large, l'utilisation de l'espace par les différents acteurs, les Aires Marines Protégées (AMP) et les Récifs Artificiels (RA) ont été envisagés comme des outils de gestion potentiellement pertinents pour gérer la disponibilité et l'accessibilité aux ressources marines tout en protégeant et restaurant les communautés.

La gestion des AMP et des RA nécessite des évaluations complexes avec des suivis adaptés, incorporant différentes sources de variabilité. Nous avons étudié et développé une démarche permettant de construire des protocoles expérimentaux et des méthodes d'analyse appropriées à la mise en place de suivis récurrents des AMP et des RA. Cette méthodologie est développée à partir de données existantes sur différents cas d'étude en Méditerranée nord-occidentale et des analyses de puissances statistiques peuvent y être associées. Par l'utilisation de techniques statistiques d'analyse telles que des analyses de variance multivariée par permutations ou des arbres de régression multivariée, nous avons construits des indicateurs multiparamétriques permettant un diagnostic statistiquement testable de l'impact des AMP et des RA sur les assemblages de poissons démersaux-benthiques. Disposer d'indicateurs de la performance écologique de telles structures permet de suivre et de restituer aux gestionnaires les évolutions du système observées lors de l'évaluation.

Il fut possible de montrer la réponse globale du peuplement de poissons à la mise en place d'une AMP. Cette réponse, se traduit par des augmentations d'abondance, de richesse spécifique ou de diversité ; elle est graduelle dans le temps, l'espace et selon les groupes taxonomiques considérés ou la taille des espèces et la taille des individus d'une même espèce. Les grands individus réagissent le plus vite à la mise en protection et les habitats de faibles profondeurs sont plus sensibles à la présence de la réserve.

Nos résultats peuvent servir à la mise en place de nouvelles AMP ou à l'immersion de RA et au développement de leur plan de gestion.

ABSTRACT

Marine protected areas and artificial reefs: assessment methods, experimental designs and indicators.

Marine coastal zones shelter key habitats for the biological cycle of many marine species. However they are subjected to a strong anthropogenic pressure through many uses and the coastal ecosystems are deeply affected. The majority of the marine resources are now being overexploited or on the way to be and the sustainability of the fisheries is not assured. It thus appears necessary to implement management plans of the coastal area which make it possible to specify the use modalities of this fragile space, in order to minimize the conflicts between activities and to ensure the sustainability of those which are based on the natural resources. Because they precisely aim at regulating, in the broad sense, use of space by the various actors, Marine Protected Areas (MPAs) and Artificial Reefs (ARs) were planned as potentially relevant management tools to manage the availability and accessibility of the marine resources while protecting and restoring the communities.

Management of MPAs and ARs requires complex evaluations with adapted monitoring, incorporating various variability sources. We studied and developed a methodology to build experimental designs and analysis methods appropriate to the implementation of the monitoring of MPAs and ARs. This methodology is developed starting from existing data on various case study the north-Western Mediterranean and power analyses can be associated. By the use of statistical techniques such as permutational multivariate analysis of variance or multivariate regression trees, we built multiparametric indicators allowing a statistically testable diagnosis of the impact of MPAs and ARs on demersal fish assemblages. Indicators of the ecological performance of such structures make it possible to follow and communicate to managers evolutions of the system observed in the assessment process.

It was possible to reveal the global response of the fish assemblages to the MPA implementation. This response results in increases in abundance, species richness or diversity; it is gradual in time, space and according to the taxonomic groups considered or species size and the size of fish individuals. Large individuals react most quickly to the protection and habitats of lower depths are more sensitive to the presence of the reserve. Our results can be used for the implementation of new MPAs or for the immersion ARs and for the development of their management plans.

KEYWORDS

Marine Protected Areas - Artificial Reefs - Impact Assessment - Temperate Fish – Indicators – Multivariate – Habitat – Monitoring - Statistical Power - Northwestern Mediterranean - Management.