

RAPPORT SCIENTIFIQUE

DEVELOPPEMENT D'OUTILS DIAGNOSTICS ET EXPLORATOIRES D'AIDE A LA DECISION POUR EVALUER LA PERFORMANCE D'AIRES MARINES PROTEGEES

*APR LITEAU 2 : QUEL APPUI SCIENTIFIQUE APPORTER AUX ACTEURS
LOCAUX POUR UNE GESTION INTEGREE DES ECOSYSTEMES COTIERS ?*

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. LEOPOLD (IRD), D. MOUILLOT (UMP II), G. VERON (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

1. RESUME DE LA PROPOSITION

1.1. Objectif général.

L'objectif de ce projet est de développer et appliquer des outils mathématiques et statistiques d'aide à la décision pour l'évaluation de l'effet d'Aires Marines Protégées (AMP) sur les peuplements halieutiques et sur les usages du milieu littoral. Les outils sont développés en rapport avec les besoins exprimés par les gestionnaires d'AMP et la connaissance disponible.

1.2. Démarche générale.

La démarche générale du projet est résumée en Figure 1. Elle 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 recalibrer 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 représentent 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, 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 :

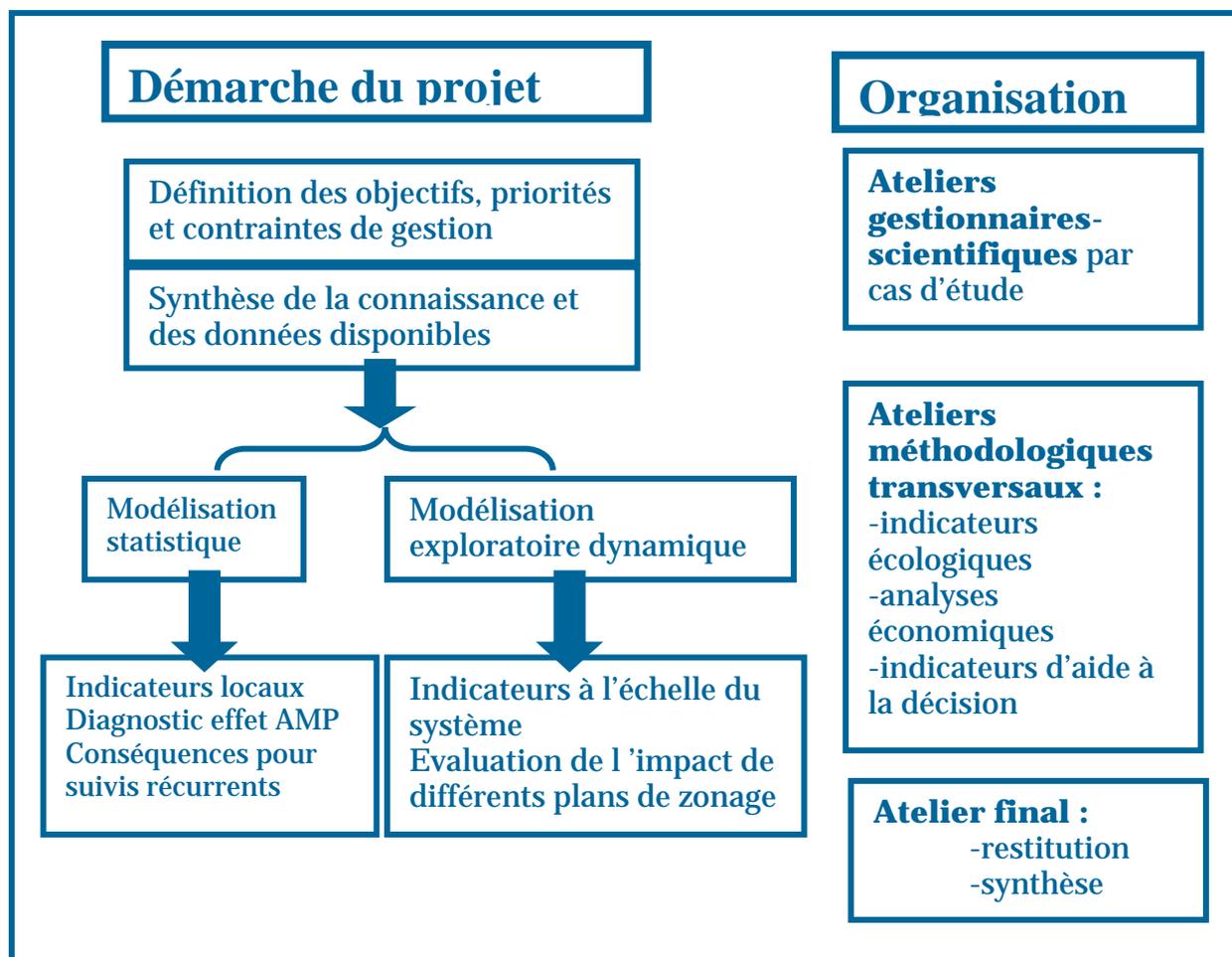
-Concernant la gestion des ressources et des pêcheries, un modèle de simulation qui permet d'évaluer la performance potentielle ou réelle d'AMP en fonction de leur configuration, et sous différentes hypothèses de dynamique des populations et de l'exploitation. On a utilisé l'outil de simulation générique 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

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.

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.

Figure 1. Démarche du projet et organisation.



2. CHRONOLOGIE DU PROJET.

Le projet a débuté en août 2004 pour une durée de 24 mois ensuite prolongée de 6 mois. Des ateliers et des réunions ont été régulièrement organisés (Tableau 1) dans les différents sites du projet pour créer puis maintenir une dynamique de groupe et la cohérence du projet. Un certain nombre d'actions ont réalisées grâce à l'encadrement d'étudiants en master (3 en 2005, 5 en 2006). Trois thèses ont existé grâce au projet : la thèse de Joachim Claudet qui s'est achevée en janvier 2006, celles de Delphine Rocklin et Chirine Hussein qui commencent vers la fin du projet, et dont la genèse résulte de la dynamique de collaboration née au cours du projet. Enfin, mentionnons la thèse de Marion Amand qui s'est malheureusement achevée prématurément fin 2004 par abandon de la doctorante, ce qui a posé problème pour la réalisation des actions prévues en écologie sur le cas d'étude de Nouméa.

Tableau 1. Calendrier des ateliers et réunions organisés au cours du projet.

Année	04	04/05	05	05	05	05/06	06	06	06	06/07
Trimestre	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										■

3. DEFINITION DES OBJECTIFS, CONTRAINTES ET PRIORITES DE GESTION – CHOIX CONCERTES DES ACTIONS A ENTREPRENDRE DANS LE PROJET

Les actions de recherche entreprises dans le projet ont été précisées en fonction des objectifs et priorités de gestion, et compte tenu des données disponibles (Figure 1).

3.1. Méthodologie.

Trois ateliers gestionnaires-scientifiques (par cas d'étude) ont été organisés en début de projet (Tableau 1). Un atelier impliquant d'autres AMP et des scientifiques non partenaires du projet a également été organisé afin de resituer les questions dans un contexte plus général et aussi d'informer sur la dynamique du projet au-delà des partenaires. Pour chaque atelier, une trame de questions présentée sous un format commun a été envoyée aux participants avant l'atelier pour faciliter les contributions et les discussions (Tableau 2).

Tableau 2. Canevas pour les premiers ateliers entre scientifiques et gestionnaires.

<p>1. Formaliser objectifs, priorités et contraintes de gestion</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cadre réglementaire de l'AMP, autres réglementations existant sur la zone/région et implications pour la gestion -Préciser et hiérarchiser les objectifs de gestion généraux et opérationnels -Formaliser les questions posées par les gestionnaires pour l'évaluation des effets des AMP. -Pourquoi ces questions ne trouvent pas de réponse actuellement: manque de données ? manque d'outils d'analyse ? etc... <p>2. Mise au point de la démarche / spécificités du cas d'étude.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Synthèse des connaissances écologiques, économiques, sociales: bibliographie et données -Collecte éventuelle de nouvelles informations. -Etapas de l'analyse et partage des tâches. <p>3. Préciser les attentes des gestionnaires en termes de produits du projet.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Evaluation de la performance des AMP et leur suivi (ex: protocole expérimental de suivi); -Indicateurs et d'outils : Quel format? Tableaux de bord? Risques? Valeurs-seuils? Indicateurs multiples ? Indicateurs synthétiques? Outils de simulation de scénarios? Manuel?

Pour les ateliers par cas d'étude, l'objectif est double: formuler les objectifs, priorités et contraintes de gestion, et faire la synthèse des données et connaissances disponibles (Figure 1) pour choisir les questions à aborder durant le projet.

Pour l'atelier général, il s'agissait de rassembler des personnes impliquées dans la gestion d'AMP en France et outremer, et des scientifiques concernés par la problématique des AMP pour discuter des relations entre scientifiques et gestionnaires dans ce domaine, en vue d'établir un document synthétique sur le sujet.

3.2. Résultats des ateliers par cas d'étude.

3.2.1. Nouvelle-Calédonie.

A cet atelier ont participé des représentants de la Province Sud (Direction des Ressources Naturelles (DRN)) et de la Province Nord (Service Aquaculture et Pêche et Service Environnement).

Objectifs de gestion. En Province Sud, la DRN possède les compétences en matière de préservation des milieux et des écosystèmes, de développement économique, de gestion et d'exploitation des ressources naturelles. Les réserves sont vues comme un outil de gestion global, au contraire des cas d'étude métropolitains où les gestionnaires n'ont pas à gérer ce qui se passe en dehors de leur AMP. Il n'existe pas de plan de gestion spécifique à chaque site mais un plan de gestion du lagon aux abords de Nouméa. Prioriser les objectifs de gestion se révèle impossible étant données les incertitudes et les contraintes dans le futur, même proche. En Province Nord, le Service Aquaculture et Pêche est chargé des ressources, et le Service Environnement de la conservation de la biodiversité. Les AMP existant en Province Nord sont des réserves coutumières.

Questions ouvertes. En Province Sud, la première préoccupation des gestionnaires est d'arriver à identifier des unités de gestion dans le lagon, notamment à partir d'un modèle conceptuel du fonctionnement du système lagonaire, tant pour les ressources que pour préserver ce fonctionnement écologique. Se pose ensuite la question de la pertinence des réserves sur les îlots (taille et localisation). En matière d'indicateurs et d'évaluation des effets des AMP, il convient de montrer la plus-value de la contribution scientifique par rapport aux guides existants comme celui de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN). En Province Nord, le Service Aquaculture et Pêche est intéressé par un outil exploratoire pour tester des mesures de gestion incluant des AMP et donc étudier la configuration de futures AMP. Trois scénarios d'évolution pourraient être testés dans le cas du projet : augmentation de la pression démographique sur Koné, problème de fréquentation des îlots du Nord, projet d'extension marine de la Réserve terrestre du Mont Panier.

Ces questions ont certainement évolué depuis le début du projet, et notamment récemment avec la procédure d'inscription de plusieurs sites du lagon de Nouvelle-Calédonie au Patrimoine Mondial de l'UNESCO.

Choix des questions à aborder dans le projet. Il a été difficile au cours de l'atelier d'arriver à préciser plus avant les attentes des gestionnaires dans le cadre du projet. Les questions étudiées ont été choisies sur la base des données existantes et des préoccupations des autres cas d'étude. On a ainsi choisi d'étudier :

- l'effet d'ouverture à la pêche et de fermeture en réserve du Récif Aboré par modélisation statistique de données de comptages de poissons;
- la caractérisation de la pêche plaisancière dans le lagon Sud-Ouest de Nouméa par analyse d'enquêtes à terre et des survols aériens ;
- la caractérisation de l'activité de plongée dans le lagon Sud-Ouest de Nouméa par des enquêtes auprès des opérateurs et des plongeurs.

3.2.2. Iroise.

Objectifs, priorités et contraintes de gestion. Les objectifs généraux sont : protéger et gérer l'environnement, sensibiliser le public, apprendre à travailler ensemble, améliorer les conditions de vie des habitants et valoriser les richesses de la mer d'Iroise. La réglementation dans le futur Parc n'est pas encore définie mais l'existant devra s'appliquer (dont la réglementation des pêches). Le zonage comprendra une zone centrale où des arrêtés pourront être décidés) et une zone périphérique soumise à une charte à laquelle les communes pourront adhérer ou non. Un plan de gestion sera élaboré. Le projet est en devenir et politiquement sensible.

Questions ouvertes.

- Quels scénarios pour une exploitation durable des champs d'algues ?
- Quelles mesures de gestion pour restaurer le stock de langouste?
- Evaluer l'impact des algues toxiques sur la pêcherie de telline ;
- Evaluer l'impact des chaluts pélagiques et de la bolinche dans la zone et les interactions avec les ligneurs – Comment limiter ces interactions?
- Evaluer les interactions entre fileyeurs et chaluts de fond
- Evaluer les captures accessoires d'oiseaux dans les filets

Choix des questions à aborder dans le projet. Plusieurs de ces sujets sont sensibles et par ailleurs, les données sont insuffisantes pour aborder certains sujets. Compte tenu des ressources humaines disponibles dans le projet, on choisit d'étudier les scénarios de restauration de la langouste, sujet qui intéresse les pêcheurs professionnels (existence d'une étude de préfiguration du Comité Local des Pêches Maritimes d'Audierne).

Dans ce cas d'étude, on se trouve face à une contrainte majeure liée au fait que la réglementation et l'outil AMP ne sont pas encore définis au début du projet et qu'il convient d'éviter toute interférence avec le processus de création du Parc.

3.2.3. Banyuls-Bonifacio.

Un atelier commun a été organisé de par certaines similarités des contextes des deux AMP et du fait des contraintes d'agenda des partenaires.

Objectifs, priorités et contraintes de gestion. Les deux objectifs généraux sont d'une part la gestion de la pêche, des autres usages et autres pressions anthropiques, et d'autre part la conservation du patrimoine écologique : habitats sensibles et biodiversité.

Questions ouvertes. (Tableaux 3 et 4).

Questions à aborder dans le projet. Les critères de sélection des questions sont :

- importance de la question pour les gestionnaires
- disponibilité d'information pour traiter la question
- moyens humains et financiers du projet pour traiter la question
- mutualisation des questions entre Banyuls et Bonifacio

Suivant ces critères, on a choisi d'étudier les questions suivantes :

- Impact de chaque type de pêche sur les ressources, protection apportée par la réserve et modification éventuelle de la réglementation de l'effort de pêche: modélisation de la dynamique du sar commun
- Impact de la plongée sur les habitats : étude bibliographique
- Evaluer l'activité de plongée : enquêtes pour caractériser cette activité
- Comparaison des assemblages spécifiques entre la réserve intégrale, la réserve partielle et l'extérieur de la réserve : analyses statistiques pour tester l'effet réserve.

Tableau 3. Questions ouvertes pour l'objectif de gestion de la pêche et des autres usages.

Question générale	Question opérationnelle
Petits métiers : exploitation durable et compatible avec la conservation	-Impact de chaque pêche sur biodiversité et ressources -Impact de la protection sur la pêche -Comment régler l'effort de pêche ?
Conflit d'espace entre plongée et pêche professionnelle	-Qualifier le problème d'occupation de l'espace -Quelles mesures pour sortir du conflit ?
Pêche plaisancière	-Impact sur les ressources / à la pêche professionnelle
Plongée	-Impact sur l'écosystème -Faut-il réglementer et si oui comment ?

Tableau 4. Questions ouvertes pour l'objectif de conservation du patrimoine écologique.

Question générale	Question opérationnelle
Biodiversité	-La réserve induit-elle des effets de cascade trophique ? -Changements à long terme -Connaissance de l'écosystème -Rôle de la réserve partielle par rapport à la réserve intégrale
Habitats sensibles	Effet de la réserve sur le recrutement

3.3.Résultats de l'atelier gestionnaires-scientifiques général

L'ensemble des contributions et des discussions a été rassemblé dans une synthèse (annexe A.1). Celle-ci contient notamment un grand nombre de tableaux décrivant les écosystèmes, les usages et la gestion des AMP concernées, ainsi que les activités scientifiques (suivis, projets de recherche) reliées. dont nous reprenons ici quelques conclusions essentielles qui ont aidé à orienter les actions du projet.

Dans un premier temps, il a été nécessaire de resituer les éléments de la discussion : définition d'une AMP, reconnaissance du contexte actuel favorable à la création d'AMP, et de l'importance des logiques d'acteurs (institutions, usagers, gestionnaires) pour aborder cette problématique. Les gestionnaires ont été identifiés comme comprenant l'administration, le personnel des AMP, et les collectivités locales. En France, les responsables des AMP sont organisés au sein d'une structure informelle, le Forum des AMP, qui leur permet de confronter leurs expériences quotidiennes. Un facteur de différence entre les gestionnaires est le statut de l'AMP et en corollaire son historique. Concernant les scientifiques, deux groupes se distinguent: ceux pour qui l'AMP est un laboratoire privilégié, et ceux dont l'objet de recherche se rapporte aux questions de gestion. La notion d'expert a aussi été évoquée.

Dans un deuxième temps, on a listé les supports actuels des relations entre gestionnaires et scientifiques: a) le conseil scientifique de l'AMP dont le fonctionnement n'est pas toujours jugé satisfaisant ; b) les centres techniques avec la question ouverte « faut-il une structure intermédiaire ou vaut-il mieux discuter directement? ») ; c) le plan de gestion perçu par les scientifiques comme une formalisation des questions/besoins/contraintes essentielle aux relations, mais parfois vécu par les gestionnaires comme un exercice purement administratif; d) les suivis, dont certains sont ressentis comme des exercices imposés (par ex. pour les espèces menacées ou protégées) mais pour lesquels la nécessité d'une approche scientifique est reconnue, et e) les projets de recherche.

Les relations entre gestionnaires et scientifiques sont souvent contraintes par un effet de proximité et par des questions de financement de la recherche, des suivis et des ressources humaines.

Selon les gestionnaires, les principaux facteurs nuisant à ces relations se rapportent à des échelles de temps peu compatibles, la communication et la restitution des résultats de la recherche et au caractère insuffisamment opérationnel des résultats. Concernant les échelles de temps incompatibles, il faut toutefois éviter l'amalgame entre recherche, études, expertise et suivis. Il est également noté que le processus de création d'une AMP est

pourtant long. Les facteurs facilitant ces relations sont les interactions au niveau local. Au final, ces relations sont jugées nécessaires et fonctionnant plutôt bien sur le terrain.

Selon les scientifiques, ces relations seraient facilitées par des structures intermédiaires comme des centres techniques, ou des groupes de travail plus fréquents. La disparition de certaines compétences en biologie compromet la capacité à assurer la partie scientifique des suivis. De manière générale, une veille écologique à long terme est nécessaire pour la gestion de l'environnement: il est suggéré que les stations biologiques (OSU) pourraient peut-être assumer ce rôle. Enfin, il apparaît important que les données acquises par les scientifiques ainsi que les données des études commandées par les collectivités locales ou les AMP puissent être échangées ou mutualisées, grâce à des outils appropriés, par ex. base de métadonnées.

Scientifiques comme gestionnaires soulignent la multiplicité des projets et le manque de lisibilité d'ensemble et d'articulation de ces projets. Les gestionnaires attendent des scientifiques un appui pour formuler les questions et une information sur ce qui se fait ailleurs en terme de recherches, de projet, d'AMP. Les scientifiques souhaitent avoir plus de précisions sur les résultats scientifiques utiles pour la gestion.

Dans un troisième temps, on a listé les questions ouvertes que les gestionnaires aimeraient voir étudier par les scientifiques, d'abord en terme de gestion des pêcheries (Tableau 5). En matière de conservation de la biodiversité (Tableau 6), les gestionnaires aimeraient avoir connaissance d'autres expériences, afin de les transposer éventuellement. L'accès aux informations existantes, notamment à travers des outils cartographiques est prioritaire pour eux. Pour ce qui est de la gestion de plusieurs usages (Tableau 7), des préoccupations communes sont les impacts direct et indirect de la plongée, les conséquences de la pêche sous-marine sur les autres pêches, et l'évaluation des impacts respectifs de chaque activité semble une priorité. Les outils proposés sont la transposition d'autres expériences de gestion ailleurs ou dans d'autres domaines (ex : Directive Cadre sur l'Eau), des enquêtes sur les usages pour cerner les impacts et les perceptions des usagers.

Tableau 5. Objectif de gestion « Pérenniser l'activité de pêche et protéger les ressources » : Liste des questions sur lesquelles les gestionnaires présents à la réunion aimeraient avoir des éléments de réponse via des études scientifiques.

AMP	Question
Calanques	Evolution de la pêche, quantification du braconnage
Banyuls	Impact de la pêche, prélèvement pour un nombre donné d'autorisations
Côte Bleue	Bénéfice des AMP et des récifs artificiels pour la pêche, bénéfice hors AMP, amélioration de la sélectivité
Iroise	Impact de la pêche, moyens de maîtrise de l'effort de pêche, impact de fermetures temporaires et de sanctuaires, maintien de la pêche locale
Cap de Creus	Valeur patrimoniale et culturelle de la pêche artisanale, comment la maintenir, viabilité de l'écotourisme comme alternative ou complément

Tableau 6. Objectif de gestion « Conservation des espèces menacées, habitats sensibles, biodiversité » : Liste des questions sur lesquelles les gestionnaires présents à la réunion aimeraient avoir des éléments de réponse via des études scientifiques.

AMP	Question
Calanques	Evaluer l'état du coralligène et l'impact de la plongée, comment protéger coralligène et herbiers ?
Banyuls	Herbier, coralligène, sec rocheux en tant qu'habitat
Côte Bleue	Problème de Caulerpa, déterminer les facteurs nocifs pour les espèces menacées, comment protéger coralligène et herbiers ?
Iroise	Evaluer les conséquences des captures accessoires et du dérangement sur les mammifères marins, pinnipèdes et alcidés
Cap de Creus	Herbier, coralligène, canyon sous-marin

Tableau 7. Objectif de gestion «Gestion de plusieurs usages et autres pressions anthropiques » : Liste des questions sur lesquelles les gestionnaires présents à la réunion aimeraient avoir des éléments de réponse via des études scientifiques.

AMP	Question
Banyuls, Calanques	Impact de la pollution
Côte Bleue	Impact de la chasse sous-marine (concours) sur les poissons (capture, dérangement)
Iroise	Occupation de l'espace
Cap de Creus	Conflits entre usagers, mouillages

En résumé, des questions thématiques communes sont identifiées: évaluation de la pression de pêche de loisir, contribution des AMP (et des Récifs Artificiels) à la durabilité de la ressource, caractérisation des usages (manque de données), connectivité des écosystèmes et configuration des AMP, identification des espèces en danger parmi les espèces protégées. Des besoins méthodologiques communs sont aussi identifiés : des outils de gestion des données, des outils cartographiques pour représenter les écosystèmes, l'environnement et les usages, et des approches prenant en compte les incertitudes et la notion de risque (cf. principe de précaution).

3.4. Discussion-conclusions.

De manière générale, ces ateliers ont été extrêmement riches au plan des informations qui ont circulé et des échanges qui ont eu lieu. De ce point de vue, l'idée commune d'un manque de communication entre scientifiques et gestionnaires est apparue comme assez dépassée, les relations fonctionnant bien à l'échelle locale, de l'avis des deux parties.

Des préoccupations importantes des gestionnaires d'AMP ont été pointées, qui sont insuffisamment étudiées par la communauté scientifique. Au niveau –modeste- de ce projet, on a choisi d'aborder certaines de ces préoccupations, notamment la pêche plaisancière et la plongée.

4. INDICATEURS ECOLOGIQUES DES EFFETS DES AMP SUR LA BIODIVERSITE ET LES ASSEMBLAGES ICTHYOLOGIQUES.

Introduction/objectifs

Il existe un grand nombre d'études empiriques de l'effet des AMP sur la biodiversité et les peuplements de poissons. Cependant, beaucoup de ces études reposent sur a) des comparaisons spatiales entre une AMP et soit le voisinage extérieur de cette AMP, soit un site comparable non protégé ; ou b) des comparaisons temporelles au sein de l'AMP. Ces deux types de comparaisons ne permettent pas de tester les variations dues à la création de l'AMP, car elles les confondent avec d'autres variations naturelles liées par ex. à l'habitat ou aux changements climatiques. Un protocole Before-After-Control-Impact (BACI), comprenant des données avant et après création de l'AMP, et à l'intérieur et à l'extérieur de l'AMP est donc requis. Au-delà du protocole expérimental, une bonne évaluation des effets écologiques des AMP requiert la prise en compte explicite de l'habitat, facteur structurant essentiel de la distribution spatiale des peuplements de poissons. Enfin, la plupart des études empiriques s'intéressent tour à tour aux différentes composantes de l'assemblage spécifique et non à l'assemblage *per se*.

Dans ce projet, nous avons proposé plusieurs méthodologies d'analyse pour répondre à ces différents points qui nuisent à la qualité des diagnostics.

4.1. Des modèles linéaires généralisés pour évaluer l'effet d'une réserve marine sur les peuplements de poissons coralliens.

4.1.1. Objectifs.

Le récif Aboré est un récif barrière du lagon Sud-Ouest de Nouvelle-Calédonie. Il a fait partie d'un système de réserves tournantes depuis 1981. A ce titre, une partie du récif a été ouverte à la pêche en 1993, puis définitivement mise en réserve à partir de 1995. Nous étudions ici les effets successifs de l'ouverture puis de la fermeture de cette partie du récif.

4.1.2. Matériel et Méthodes

Les comptages visuels ont été réalisés selon un protocole « Before-After Control-Impact » (BACI), soit avant le premier impact (1993), après cet impact et avant la fermeture (1995), et après la fermeture (2001). Le protocole est stratifié selon les biotopes et garantit une couverture régulière de la zone d'étude. Sur chaque transect ont été relevés d'une part, le nom de chaque espèce rencontrée, le nombre de poissons et leur taille, et d'autre part, la couverture du fond en % par type de substrat.

L'habitat étant un facteur structurant essentiel de la distribution spatiale des poissons, il a été explicitement pris en compte dans l'évaluation des effets pêche et réserve, afin de ne pas confondre les effets dus à la protection et les effets dus à l'habitat. L'habitat a été pris en compte de deux manières : a) en réalisant une typologie des transects sur la base des données habitats (Ferraris et al. 2005, annexe A.2 Fig. 4) ; b) en considérant l'habitat à une échelle plus grande à travers le biotope, soit fond lagonaire, plâtier, tombant. Les analyses de Ferraris et al. (2005) se sont focalisées sur la typologie des transects et la prise en compte de l'habitat à deux échelles. Le travail de Laasri (2005) n'a considéré que le biotope.

Le deuxième point fort de ces études réside dans l'évaluation des effets à l'échelle de l'assemblage de poissons, et à la prise en compte des caractéristiques des espèces dans cette évaluation. Plusieurs critères ont été considérés qui peuvent être pertinents par rapport à un effet AMP: la mobilité, le régime alimentaire, et la famille taxonomique sous l'hypothèse que les espèces sont plus susceptibles de se « ressembler » au sein d'une famille, que d'une famille à l'autre. Ferraris et al (2005) ont construit des groupes trophiques sur la base de données de contenus stomacaux (A.2., Tab. 2 de l'article). Nous avons également considéré des stratégies démographiques qui prennent en compte âge de maturité, taille de l'espèce, mortalité naturelle et longévité. Le nombre d'espèces observées est grand (~370 espèces) et plus de 50% des espèces sont rencontrées dans moins de 6 transects. Pour appréhender les effets pêche et protection à l'échelle de l'assemblage, nous avons groupé les espèces observées selon ces différents critères. Plusieurs réponses biologiques ont été considérées : densité, richesse spécifique, présence/absence, taille moyenne et biomasse. Pour chaque critère et chaque réponse, nous avons ajusté un modèle linéaire généralisé :

$$Y_{g,z,a,h,t} = \text{groupe} * \text{zone} * \text{année} * \text{habitat},$$

où : $Y_{g,z,a,h,t}$ est la réponse biologique du groupe d'espèce g évaluée sur le transect t qui correspond à la zone z , l'année a et l'habitat h . Pour Laasri (2005), l'année est 1993, 1995 ou 2001, l'habitat est le biotope et les réponses ont été estimées à partir de transects ne recensant que les espèces potentiellement exploitables (270 espèces, transects espèces commerciales). Dans Ferraris et al. (2005), l'année est 1993, 1995, l'habitat un des six habitats obtenus par typologie, et les réponses ont été estimées à partir de transects répertoriant toutes les espèces de poisson (374 espèces, transects toutes espèces).

Les interactions entre les facteurs du modèle ont été considérées jusqu'à l'ordre 2. Lorsque des effets significatifs de la protection ou de la pêche sont identifiés, des comparaisons multiples sont réalisées pour analyser les effets, notamment par groupe d'espèce.

4.1.3. Résultats.

Le détail des résultats peut être consulté en annexes A.2 et A.3.

Habitat. La comparaison des résultats avec les deux variables d'habitat montre la nécessité de prendre en compte cette notion dans l'évaluation. Dans les deux cas, la variance expliquée par l'habitat est substantielle. L'habitat obtenu par typologie, donc à l'échelle du transect, se révèle plus explicatif que le biotope dans les analyses.

Transects toutes espèces. Les modèles sont très bien ajustés dans l'ensemble pour les modèles montrant un effet de l'ouverture à la pêche. Les réponses biologiques les plus sensibles à l'effet de l'ouverture sont la densité et la richesse, suivies de la taille moyenne. Selon les critères et les réponses, on obtient soit un effet général, commun aux groupes d'espèces, soit un effet spécifique de certains groupes (Figure 2). Un effet spécifique de certaines familles et de certains groupes trophiques est illustré par les Figures 6 et 7 de A.2 qui montrent les moyennes ajustées par groupe, année et zone, et des les résultats de comparaisons multiples sur ces moyennes ajustées. Il en ressort que les piscivores, macrocarnivores Lethrinidés, et Siganidés ont été particulièrement affectés par l'ouverture à la pêche. D'autres groupes montrent un effet inverse comme les Acanthuridés.

Transects espèces commerciales. Les modèles sont très bien ajustés dans l'ensemble pour les modèles montrant un effet de l'ouverture à la pêche (Tableau 8). Cependant, si la densité se montre toujours sensible aux changements de protection, la richesse spécifique ne se modélise bien que pour le critère de mobilité. A contrario, la biomasse est bien mieux modélisée qu'avec les transects totaux.

Figure 2. Effets de l'ouverture à la pêche mis en évidence à partir des transects toutes espèces, dans le cas où l'habitat modélisé est celui obtenu par typologie.

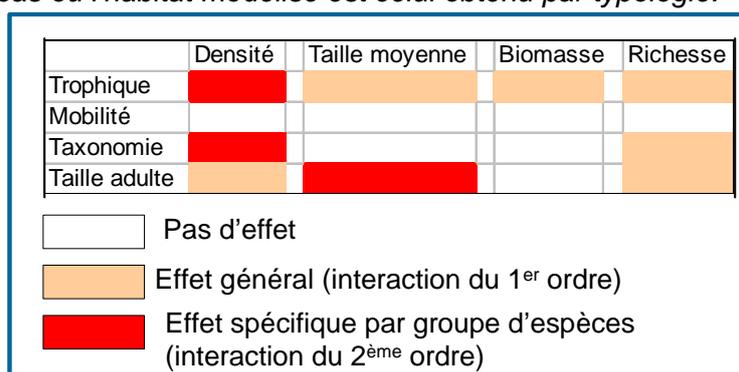


Tableau 8. Effets de l'ouverture à la pêche et de la protection mis en évidence à partir des transects espèces commerciales (habitat représenté par le biotope). Voir légende ci-dessus pour les couleurs. Qualité de l'ajustement : *moyen, **bon, ***excellent.

Critère de groupement	Densité	Biomasse	Taille moyenne	Richesse spécifique
Famille taxo	**	**	*	**
Mobilité	***	***	*	non validé
Stratégie démo	***	***	**	non validé

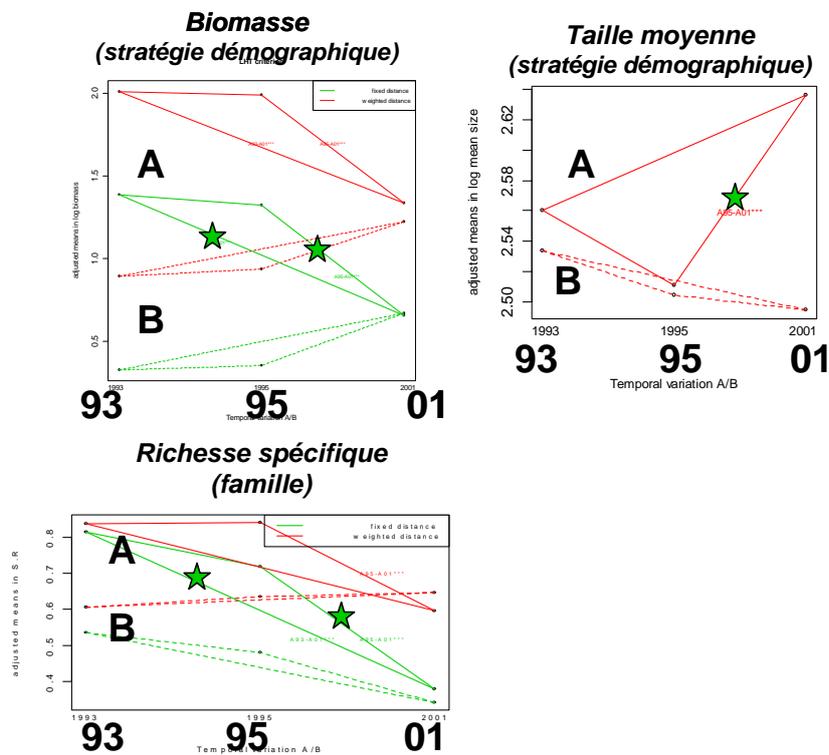
Les effets spécifiques aux groupes d'espèces (en rouge sur le tableau 8) sont analysés de manière graphique et testés par des comparaisons multiples (Figure 4).

La biomasse et la richesse globale semblent avoir diminué dans la zone de réserve (A) après 1995, tandis que les variations en B ne sont pas significatives. Ce résultat peut difficilement être interprété comme un effet de restauration dans B. La taille moyenne augmente en A après 1995, mais ne varie pas significativement dans B.

Dans les cas où l'effet est significatif et spécifique aux groupes d'espèce, les moyennes ajustées et les comparaisons multiples ne montrent pas non plus de signe de restauration

dans B. On note même un déclin significatif de la densité des Labridés et des Siganidés en A entre 1995 et 2001, et des Siganidés sur toute la période en B. Par contre, des augmentations –mais non significatives- de la densité et de la biomasse des Serranidés et des Acanthuridés en A et en B pourraient être éventuellement confirmées dans des suivis ultérieurs (A.3, Figures 17 et 19). Enfin, les résultats obtenus pour les stratégies démographiques sont assez contrastés : d'une part, pour les espèces petites, à croissance rapide et reproduction précoce (ex: *Synodus*, *Pseudanthias*, *Caesio*), ainsi que pour les espèces grandes, à maturité tardive et croissance lente après reproduction (ex: *Plectropomus*, *Lethrinus nebulosus*, *Plectorhinchus*..), la densité semble diminuer, alors que pour les espèces de taille moyenne, à maturité tardive et croissance lente après reproduction (ex : *Cephalopholis*, *Chaetodon*, ...), elle a significativement augmenté (A.3., Figure 23).

Figure 4. Variations des moyennes ajustées par zone et par année dans trois cas où un effet général est significatif. L'étoile verte signifie que la différence indiquée est significative. Rouge correspond au modèle sur les distances pondérées; vert à celui sur les distances fixes (voir A.3).



4.1.4. Discussion.

Nous ne discuterons ici que des résultats propres à la zone étudiée. Les méthodes seront discutées au § 4.6.

Les modèles proposés ont permis grâce à la prise en compte de données complémentaires d'habitat de mettre en évidence des différences significatives évolutives entre la zone qui a toujours été fermée et la zone qui a été ouverte. La représentation graphique des comparaisons multiples facilite la lecture des résultats (Figure 4, ci-dessus et Figures 6 et 7, A.2).

En ce qui concerne les réponses biologiques et les critères de groupement d'espèce, la mobilité ne fait pas ressortir d'effets spécifiques par groupe, ni même d'effet général. La famille taxonomique apparaît intéressante dans la mesure où elle est facile à observer et a donné des résultats souvent significatifs et spécifiques par groupe. La construction des stratégies démographiques demande à être validée par des typologies explicites. Les résultats des groupes trophiques se sont révélés très pertinents.

Nous avons par ailleurs montré que le calcul de densité à distance fixe fournit des résultats qualitativement similaires à ceux obtenus avec la distance pondérée, tout en reposant sur un algorithme plus simple et plus couramment utilisé.

L'effet d'ouverture à la pêche apparaît clairement et s'interprète aisément. Il n'en est pas de même de l'effet attendu de restauration suite à la fermeture définitive. On ne décèle aucune augmentation significative de densité, de richesse ou de biomasse dans la zone B, et seule la taille moyenne d'ensemble ressort significativement. Les déclinés observés dans certains cas dans les deux zones semblent indiquer que d'autres facteurs ont pu jouer, notamment des événements climatiques. Les données actuelles ne permettent donc pas de mettre en évidence une restauration de l'assemblage de poissons sur le Récif Aboré. Les analyses seront toutefois poursuivies dans deux directions : a) prise en compte de l'habitat et non seulement du biotope par analyse des données d'habitat de 2001 ; b) amélioration des modèles statistiques et inclusion de la position spatiale des transects.

4.2. Méthodes multivariées nonparamétriques pour évaluer l'impact des AMP sur les peuplements de poissons démersaux.

Cette section concerne le travail de thèse de Joachim Claudet (voir liste des résumés) qui portait à la fois sur les récifs artificiels et les AMP. Nous décrivons ci-dessous une partie de son travail qui a été publiée en 2006 (Claudet et al. 2006, A.4). L'article rapporte les analyses et modélisations statistiques entreprises pour évaluer l'effet sur les assemblages de poissons de la mise en place de la Réserve du Cap Couronne, dans le Parc Marin de la Côte Bleue.

4.2.1. Objectifs

Afin de réaliser une évaluation au niveau des assemblages, nous avons construit des modèles multivariés appliqués à plusieurs métriques concernant différents groupes de poissons. Pour s'assurer que les effets de l'AMP n'ont pas été confondus avec d'autres facteurs structurant la variabilité spatiale des poissons, des caractéristiques d'habitat ont été considérées dans les modèles. Les résultats des modèles ont ensuite été interprétés en utilisant une méthode pour identifier les espèces indicatrices qui pourraient se révéler intéressantes pour des suivis.

4.2.2. Matériel et méthodes

Protocole d'échantillonnage. Il s'agit d'un protocole BACI (Before-After-Control-Impact). Deux localités (Lo) ont été échantillonnées: l'une au sein de la réserve, l'autre à l'extérieur. Deux sites (Si) ont été choisis dans chaque localité. Ce protocole est reproduit au cours des trois années (Ye), la première se situant avant l'établissement de la réserve. Dans chaque site, 12 transects fixes au cours du temps sont réalisés pour identifier les espèces rencontrées et les dénombrer par groupe de taille. Pour chaque espèce, les groupes de taille sont limités par les terciles de la taille maximale de l'espèce telle que généralement observée dans la région.

Analyse de données. Le modèle correspondant au protocole est le suivant :

$$Y_{ijkz} = \mu + Ye_i + Lo_j + Ye \times Lo_{ij} + Si(Lo)_{k(j)} + Ye \times Si(Lo)_{k(j)} + \varepsilon_{ijkz},$$

où μ est la moyenne générale et ε_{ijkz} est le résidu du modèle pour l'observation Y_{ijkz} .

L'effet de la mise en place de la réserve est illustré par l'évolution temporelle des différences spatiales entre l'intérieur et l'extérieur de la réserve, qui se rapporte au terme d'interaction $Ye \times Lo_{ij}$. Ce modèle a été ajusté à un tableau de réponses multivarié grâce à la technique PERMANOVA d'analyse de variance multivariée par permutation. Elle fournit un diagnostic statistique de l'effet global de la réserve sur l'assemblage de poissons. Pour préciser cet effet, nous avons utilisé des comparaisons multiples intérieur/extérieur par année lorsque l'interaction $Ye \times Lo_{ij}$ s'était révélée significative. Puis, pour déterminer les rôles respectifs de la protection et de l'habitat, nous avons appliqué une technique d'arbres de régression multivariée (MRT). Nous avons ensuite appliqué à l'arbre la méthode IndVal qui permet à

partir de données empiriques d'identifier des espèces indicatrices. Cette méthode est basée sur la spécificité et la fidélité des espèces, combinant l'abondance relative des espèces et leur fréquence d'occurrence dans un groupe d'observations. Appliquée à l'arbre de la MRT, cette technique permet de déterminer des groupes d'espèces indicatrices des nœuds ou des feuilles de l'arbre. Les programmes correspondant à ces analyses sont en annexe A.5.

4.2.3. Résultats.

On a montré des différences significatives intérieur/extérieur dans la structure multivariée d'abondance des assemblages de poissons, au travers des années, pour tous les groupes de poissons ou les espèces considérées, excepté pour les espèces non pêchées. Ces résultats ont été confirmés par des différences significatives intérieur/extérieur pour l'abondance totale, la richesse spécifique et la diversité, ainsi que pour les abondances de trois espèces analysées. Avant établissement de l'AMP, des différences d'abondance significatives intérieur/extérieur existaient pour les petites espèces, les espèces sédentaires et les espèces à faible valeur commerciale (Tableau 9), ces dernières étaient plus abondantes en dehors de l'AMP.

Tableau 9. Comparaisons par paires des abondances modélisées par PERMANOVA multivariée. Les comparaisons sont faites entre les localités pour chaque année. DR : dans réserve, HR : hors réserve. ***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$.

Variables	1995: DR vs. HR	1998: DR vs. HR	2001: DR
	ρ	ρ	ρ
Tous individus	n.s.	***	***
Grands individus	n.s.	***	***
Individus moyens	n.s.	***	***
Petits individus	n.s.	n.s.	n.s.
Grandes espèces (30 – 200 cm)	n.s.	n.s.	**
Espèces moyennes (20 – 30 cm)	n.s.	***	***
Petites espèces (8 – 20 cm)	*	*	**
Espèces peu ou pas exploitées	*	***	***
Espèces exploitées	n.s.	**	***
Espèces mobiles	n.s.	***	***
Espèces sédentaires	*	***	***

Après établissement de l'AMP, en 1998, l'abondance était significativement plus élevée dans la réserve pour tous les groupes considérés, excepté ceux des petits poissons et plus étonnamment ceux des grandes espèces (Tableau 9). Les différences étaient davantage marquées pour les métriques (abondance, richesse spécifique et diversité) calculées à partir de grands poissons seulement. Pour les trois espèces modélisées séparément, les abondances totale et des grands individus étaient plus grandes dans la réserve, sauf pour l'abondance totale de *Coris julis* (Tableau 10, Figure 5). À compter de 1998, beaucoup d'espèces appartenant à presque toutes les familles représentées furent des espèces indicatrices significatives, mais aucune espèce ne pouvait être identifiée pendant une année particulière (1998 ou 2001). Il est intéressant de noter que, six ans après l'établissement de l'AMP, les différences intérieur/extérieur étaient bien plus significatives qu'en 1998, excepté pour l'abondance des petits poissons (Tableau 9).

Tableau 10. Comparaisons par paires de l'abondance globale, de la richesse spécifique, de l'indice de diversité, et de l'abondance de trois espèces dont deux exploitées (*Coris julis* et *Serranus cabrilla*) et l'autre non (*Symphodus doderleini*), toutes modélisées par PERMANOVA univariée. Les comparaisons sont faites entre les localités pour chaque année. DR : dans réserve, HR : hors réserve. ***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; n.s: non significatif.

Variables	1995: DR vs.	1998: DR vs. HR	2001: DR vs. HR
	P	P	P
Abondance	n.s.	n.s.	**
Abondance des grands individus	n.s.	***	***
Richesse spécifique	n.s.	n.s.	***
Richesse spécifique des grands individus	n.s.	***	***
Diversité	n.s.	n.s.	***
Diversité des grands individus	n.s.	**	***
<i>Coris julis</i> (tous individus)	n.s.	n.s.	***
<i>Coris julis</i> (grands individus)	n.s.	***	***
<i>Serranus cabrilla</i> (tous individus)	n.s.	***	**
<i>Serranus cabrilla</i> (grands individus)	n.s.	***	***
<i>Symphodus doderleini</i> (tous individus)	n.s.	**	n.s.
<i>Symphodus doderleini</i> (grands individus)	n.s.	**	n.s.

4.2.4. Discussion

Nous ne discuterons ici que des résultats propres à la zone étudiée. Les méthodes seront discutées au § 4.6.

Les modèles proposés (PERMANOVA et MRT) ont permis de mettre en évidence des différences significatives évolutives entre la réserve et la zone environnante. L'arbre de la MRT illustre la segmentation des observations en fonction de l'année et du statut de protection (Figure 6). La progressivité des effets apparaît clairement, mais dépend toutefois des métriques (Tableau 10) ; ainsi les métriques calculées sur les grands individus ne sont significativement affectées (positivement) qu'à partir de 2001. L'abondance des petits individus n'apparaît pas affectée par la mise en place de la réserve. Aucune métrique étudiée ne montre un effet négatif de la réserve. Ainsi, sur la période d'étude, la réserve semble avoir bénéficié aux grands individus, par croissance probablement.

Enfin les espèces non exploitées ne bénéficient pas de la mise en place de la réserve, tandis que les espèces-cibles semblent réagir positivement, mais seulement en 2001.

4.3. Evaluation de l'effet des AMP sur la diversité fonctionnelle des peuplements ichthyologiques.

Cette action ne sera pas décrite ici dans la mesure où elle est reportée dans le rapport du projet Liteau II de David Mouillot. Rappelons qu'à partir d'une base de données de captures et d'effort de la pêche artisanale, la méthode des espèces indicatrices (IndVal) évoquée au § 4.2 a été utilisée pour déterminer des espèces « gagnantes » et « perdantes » suite à l'établissement de la RNBB. Les espèces gagnantes sont celles dont l'abondance et la fréquence ont significativement augmenté en terme de CPUE suite à la création de la RNBB. L'originalité de chaque espèce quantifie la place particulière de l'espèce dans l'assemblage de poissons. Elle est évaluée grâce à une base de traits morphologiques reliés à l'alimentation et aux mouvements. En combinant originalité et caractère perdant/gagnant de l'espèce, on définit deux indices de conservation de l'originalité biologique au niveau de l'assemblage, qui se distinguent par leur robustesse. Des tests de permutation sont utilisés pour tester des hypothèses sur ces indices. Les résultats montrent que les espèces originales sont les mieux préservées dans la Réserve, probablement du fait de leur aptitudes pour l'acquisition des ressources qui les avantagerait dans une compétition interspécifique accrue résultant de l'augmentation générale de la biomasse et de la densité dans la RNBB.

Figure 5. Boxplots pour chaque combinaison de niveau des facteurs année et localité. HR : hors réserve, DR : dans réserve.

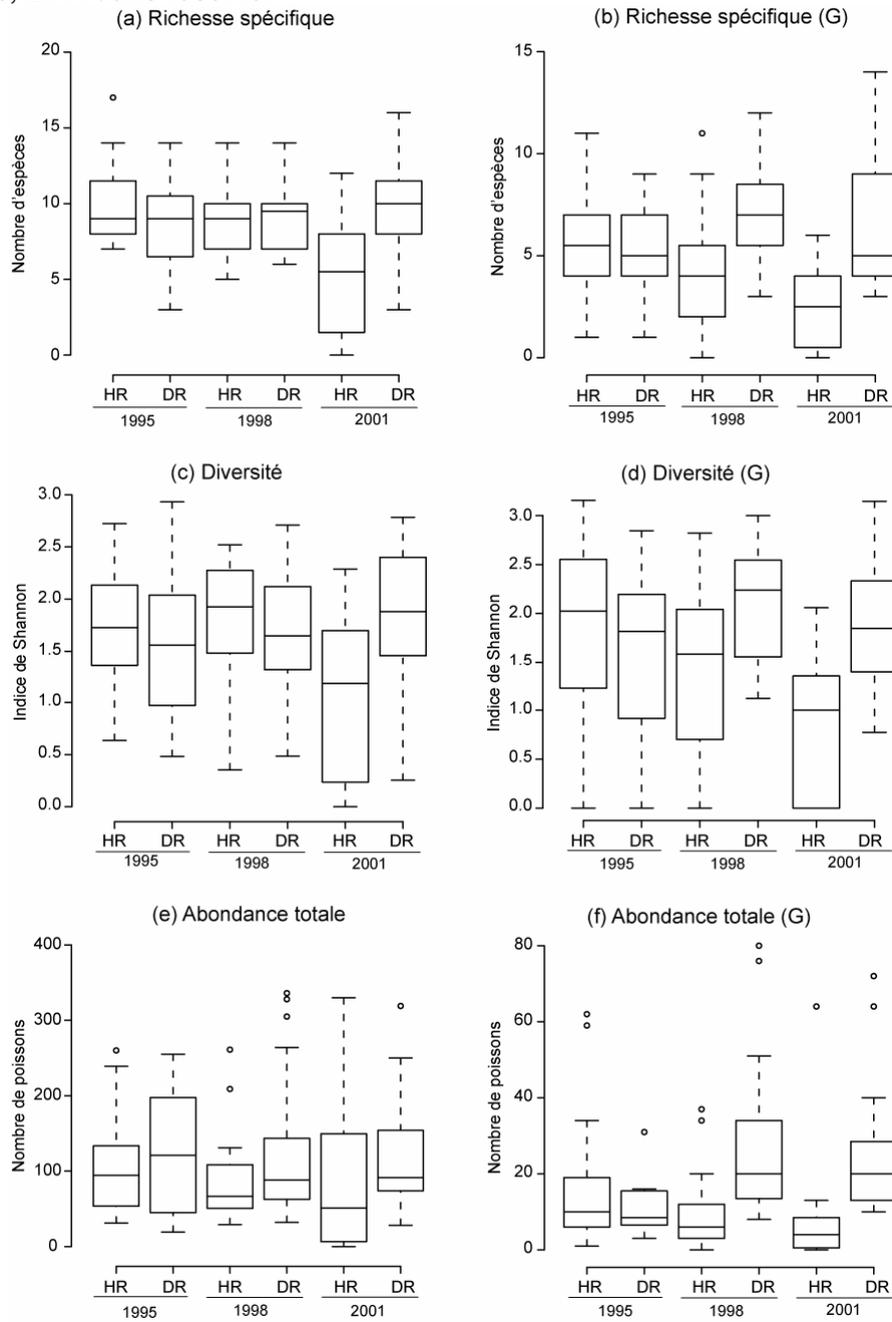
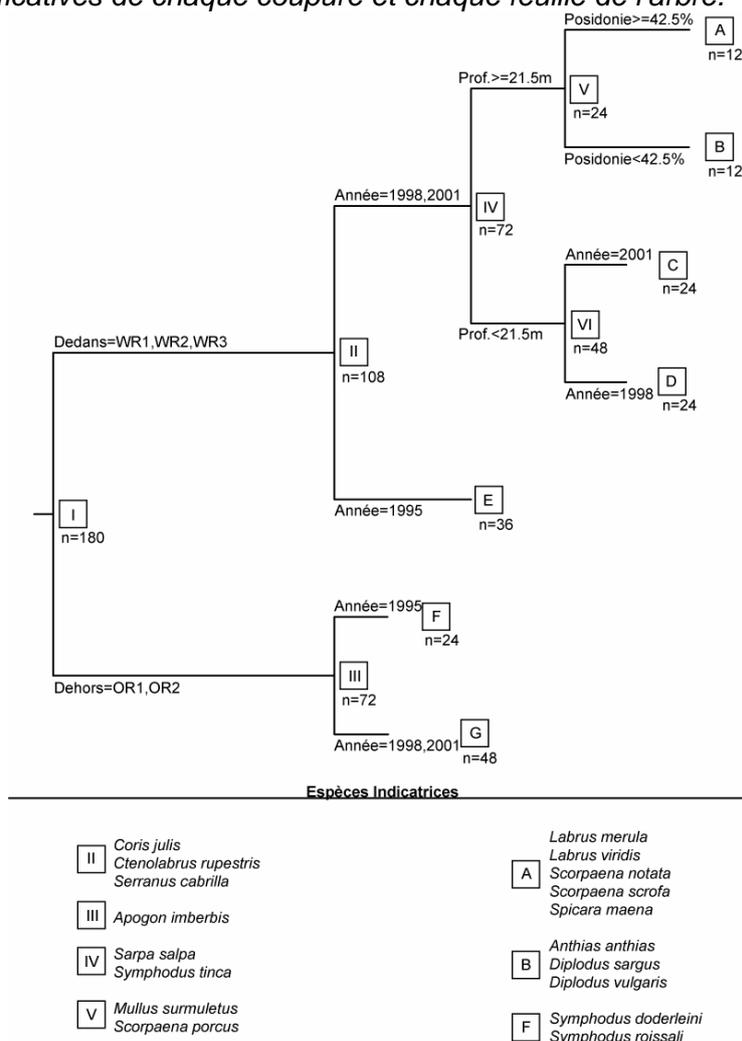


Figure 6. Arbre de régression obtenu par MRT, espèces indicatrices et valeurs des variables explicatives significatives de chaque coupure et chaque feuille de l'arbre.



4.4. Utilisation d'observations sous-marines en vidéo pour évaluer les populations de poissons récifales dans les AMP.

4.4.1. Objectifs

La méthode principale utilisée pour répertorier et quantifier les peuplements de poissons récifaux est basée sur des observations visuelles en plongée, méthode qui présente essentiellement l'avantage d'être non destructrice. Néanmoins la présence du plongeur sous l'eau introduit un biais qu'il ne faut pas sous-estimer. L'utilisation de caméra vidéo sous-marine, ne nécessitant pas la présence d'un plongeur sous l'eau, peut être une alternative pour estimer l'abondance de certaines populations de poissons. De plus, elle permet de s'affranchir de la nécessité de plongeurs scientifiques qualifiés pour les comptages visuels. L'objectif de cette campagne est de tester la pertinence de la vidéo appâtée pour décrire la variabilité spatiale des populations de poissons récifaux. Deux types d'approche ont été testées, la caméra étant fixée soit à la verticale, soit à l'horizontale par rapport au fond. Ces approches ont été comparées à l'intérieur et à l'extérieur d'AMP situées dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie, en utilisant différents types d'appâts contenus dans une boîte fixée au système vidéo.

4.4.2. Matériel et méthodes

La campagne s'est déroulée du 2 au 12 mai 2006 sur le navire Coris de l'IRD. Au total 24 stations ont été échantillonnées par comptages visuels en plongée (UVC) et vidéo. Deux

sites ont été sélectionnés à l'intérieur du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie : l'îlot Signal (22°19.71'S, 166°17.68'E, réserve de pêche) et le Récif Larégnère (22°17.73'S, 166°17.41'E, ouvert à la pêche), et quatre zones ont été définies en fonction d'un gradient pêche : A, B, C zones non pêchées, et D, zone où la pêche est pratiquée (Figure 1 de Langlois et al. 2006). Ces sites correspondent tous à un habitat de récif frangeant avec des fonds meubles adjacents. A chaque site, quatre observations ont été collectées avec les trois techniques : comptage visuel en plongée effectués selon la méthode des transects dans un couloir fixe (50 x 10 m), vidéo appâtée verticale et vidéo appâtée horizontale. Différents types d'appâts ont été testés (anchois, sardines, maquereaux, crevettes). Chaque technique est décrite en détail dans Langlois et al. (2006). Pour chaque observation vidéo, on a relevé l'espèce présente et le nombre maximal d'individus de l'espèce observé à un instant donné, ce qui donne une mesure conservative de la densité relative de l'espèce d'après Willis et al. (2000).

4.4.3. Résultats (voir aussi Langlois et al. 2006)

132 espèces relevant de 16 familles ont été observées lors des comptages visuels, tandis que les vidéos horizontales ont filmé 14 espèces appartenant à 4 familles : Serranidés (*Plectropomus laevis*, *P. leopardus*, *Epinephelus merra*, *E. polyphekadion*, *Cephalopolis argus*), Lethrinidés (*L. atkinsoni*, *L. genivittatus*, *L. nebulosus*, *L. obsoletus*), Carcharhinidés (*Carcharhinus leucas*, *Trianodon obesus*) et Acanthuridés (*Acanthurus xanthopterus*, *Ctenocahetus strigosus*, *Naso unicornis*). Les espèces des trois premières familles sont toutes carnivores ; celles de la quatrième sont herbivores. Seules 3 espèces ont été observées avec la caméra verticale (*Plectropomus laevis*, *P. leopardus*, *E. polyphekadion*).

Les biomasses et densités estimées à partir des comptages étaient plus élevées dans les sites en réserve (A, B et C) comparé à la zone pêchée (site D) (densité: 0.21 ± 0.13 vs 0.06 ± 0.05 ind./m², biomasse: 575.6 ± 0.30 vs 271.6 ± 0.10 g/m²). La vidéo verticale ne montre pas de différence entre l'intérieur et l'extérieur de la réserve, au contraire de la vidéo horizontale qui donne des différences similaires à celles des comptages, malgré le fait que cette technique a enregistré moins d'espèces et d'individus.

En ce qui concerne le comportement des poissons, on a pu observer que certaines espèces de Lethrinidés et de Serranidés, approchent rarement le système vidéo vertical, mais approchent le système horizontal. Les essais avec différents appâts suggèrent que la sardine et le maquereau attirent mieux Serranidés et Lethrinidés. L'appât est plus efficace dans un sachet que dans un bocal percé, car les sachets permettent aux petits poissons de se nourrir, ce qui attire les plus gros individus. La présence de requins augmente apparemment l'activité des espèces-cibles.

4.4.4. Discussion

Dans cette expérience, on observe plus de poissons en abondance et en espèce avec les comptages qu'avec les vidéos appâtées. Les vidéos horizontales ont détecté 10% des espèces vues avec les comptages, principalement des espèces carnivores, mais donnent des résultats similaires aux comptages en terme de différences d'abondance et de biomasse entre l'intérieur et l'extérieur de la réserve. La vidéo verticale n'a pas donné des résultats satisfaisants, suggérant un effet de comportement alimentaire différent en milieu tropical et en milieu tempéré (elle donne par ex. de bons résultats en Nouvelle-Zélande).

Cette étude suggère que la vidéo appâtée horizontale est appropriée pour les espèces-cibles prédatrices démersales, mais moins pour les petits poissons, les prédateurs pélagiques (Carangidés, Sphyraenidés, Thonidés) et les espèces-cibles non carnivores (Scaridés, Siganidés). Le système pourrait être amélioré par l'utilisation de deux caméras en vue de stéréo, et par l'adjonction d'un système permettant de mesurer le poisson. Au final, les méthodes visuelles et la vidéo appâtée apparaissent complémentaires.

4.5. Discussion et synthèse de l'atelier « Evaluation des effets écologiques des AMP ».

Techniques d'observation. Les observations utilisées pour l'évaluation de ces effets sont de trois types :

a) les comptages visuels sous-marins qui sont obtenus en plongée le long de transects ou en des points fixes par des observateurs qualifiés. Ces observations directes sont non destructrices et donc privilégiées pour les AMP. Elles fournissent une image assez complète de l'assemblage spécifique, bien que certaines espèces soient mal dénombrées (cryptiques, nocturnes, farouches). De bonnes conditions d'observation ainsi que des plongeurs qualifiés sont requis ;

b) les captures et effort de pêches expérimentaux ou professionnels, obtenus en général par des engins dormants dans le cas des AMP. Ces observations indirectes sont contradictoires, voire interdites dans les zones de non-prélèvement. Elle fournissent en général une bonne image des espèces carnivores, mais l'observabilité des autres espèces est inconnue, et donc la fraction de l'assemblage spécifique observée est difficile à apprécier. D'un point de vue quantitatif, la relation entre capture et abondance est inconnue ;

c) les observations vidéo, sont obtenues le long de transects ou des en points fixes. Ces observations directes sont non destructrices et donc privilégiées pour les AMP. Elles fournissent une image assez complète de l'assemblage spécifique, y compris certaines espèces farouches si la caméra laissée assez longtemps, mais certaines espèces, cryptiques ou nocturnes, restent mal observées. Les techniques ne demandent pas de qualification des plongeurs, voire évitent la plongée. Comme pour les comptages, une bonne visibilité est requise.

Méthodes d'évaluation. Un bilan et état de l'art des méthodes d'évaluation des effets écologiques et halieutiques des AMP a été proposé (A.15). On y détaille notamment les points faibles et plusieurs propositions sont faites pour y remédier.

Chaque analyse présentée a permis de mettre en évidence des effets dus aux changements des niveaux de protection (ouverture à la pêche ou création de l'AMP). Les effets ont été analysés pour différentes composantes de l'assemblage en fonction des traits d'histoire de vie, mais un diagnostic à l'échelle de l'assemblage est systématiquement fourni. L'analyse de variance multivariée par permutation (PERMANOVA) produit un diagnostic sur l'assemblage entier de poissons, sans exiger d'hypothèses sur les distributions des données. Elle nous informe sur l'existence d'effets des AMP sur l'assemblage de poissons mais quantifie pas cet effet. L'analyse discriminante, peut être employée pour examiner et visualiser ces effets. Les arbres de régression multivariés (MRT) sont utiles pour hiérarchiser les variables environnementales structurant les assemblages de poissons. Les GLM ont permis de tester des hypothèses sur les effets estimés et d'analyser finement les sens de variations des réponses, mais restent une approche univariée.

Les contributions rapportées ci-dessus présentent plusieurs avantages :

-elles s'appuient sur des données collectées selon un protocole BACI (voir Introduction du § 4), même si plusieurs dates ne sont pas toujours disponibles avant et après. A titre de comparaison, Claudet (2006) a aussi analysé des données de la Réserve de Banyuls ne comportant pas de données avant création de la réserve et collectées au cours d'études indépendantes ; les résultats n'ont pas permis de conclure à l'existence d'un effet réserve.

-elles prennent en compte l'habitat, soit par modélisation explicite de l'habitat à partir de données additionnelles de substrat (Ferraris et al. (2005)), soit par inclusion d'un facteur biotope (Laasri 2005), soit encore en considérant des variables explicatives liées à l'habitat dans un arbre de régression (Claudet et al. 2006) ; L'habitat s'avère expliquer une fraction importante de la variabilité et sa prise en compte permet de révéler plus aisément les effets dus aux changements de niveau de protection. Ainsi, ces effets ne peuvent être confondus avec d'autres facteurs, comme des différences initiales entre l'AMP et l'extérieur ou des variations temporelles imputables à d'autres événements que le changement de protection.

Indicateurs des effets – Visualisation des effets. Nous dissocions l'évaluation de l'indicateur. L'indicateur est une métrique possédant les qualités nécessaires pour « indiquer » un effet (voir § 7.1.). Nous nous sommes donc aussi intéressés au cours de ces analyses à une large gamme de métriques pour en étudier la sensibilité aux changements de niveau de protection : ces métriques correspondent à plusieurs réponses biologiques (densité, biomasse, longueur moyenne, richesse spécifique, présence/absence). Elles sont calculées soit sur l'ensemble de l'assemblage, soit le plus souvent sur certaines composantes distinguées par la taxonomie (familles), des traits démographiques (taille de l'espèce, régime alimentaire, stratégie démographique) ou comportementaux (mobilité), ou selon l'intérêt halieutique de l'espèce. Ces différents points de vue sur l'assemblage ont permis d'analyser dans une approche au niveau de l'assemblage les composantes présentant un effet significatif du changement de protection et ce quel qu'en soit le sens. La combinaison métrique / composantes ou espèces qui se révèle sensible dans l'analyse constitue a priori un indicateur potentiellement pertinent pour suivre l'effet des AMP. Identifier ces combinaisons est donc une première étape dans la définition d'indicateurs appropriés. Par exemple, les approches par GLM ont permis de mettre en évidence des effets spécifiques par groupe d'espèce: densité et biomasse par famille, densité par stratégie démographique et par groupe trophique quantifiant et testant dans un même modèle les réponses différentes des groupes à la protection et à la pêche, et des effets généraux richesse spécifique par famille, biomasse par mobilité et par stratégie démographique. Nous avons de plus proposé des représentations graphiques qui facilitent la visualisation des effets (Figure 4 et Figures 6 et 7 de A.2). Les MRT, conjointement avec IndVal, ont par ailleurs permis d'identifier des espèces indicatrices. Là encore, les arbres de régression fournissent une visualisation intéressante des effets protection et habitat.

4.6. Bilan - Perspectives : Evaluer les effets des AMP sur la biodiversité et les assemblages ichtyologiques

Dans l'optique d'un diagnostic de l'efficacité des AMP à protéger et restaurer les assemblages de poissons, les méthodes utilisées doivent fournir plusieurs résultats :

- un diagnostic sur l'ensemble de l'assemblage en termes de biomasse et d'abondance ;
- un diagnostic plus ciblé en fonction d'objectifs détaillés de l'AMP. Il peut s'agir de certains groupes ciblés (espèces menacées, espèces ou groupes d'espèces-cibles de la pêche ou faisant l'objet d'un plan de restauration..) ou de la biodiversité dans son ensemble (nombre d'espèces, indices de diversité, par ex. fonctionnelle).

Ces diagnostics doivent indiquer si l'effet est significatif, mais aussi en déterminer le sens et l'ordre de grandeur. Plusieurs méthodes statistiques sont donc nécessaires et nous en avons proposé plusieurs. Enfin, l'effet testé ne doit pas être confondu avec d'autres effets. Ceci doit être garanti par le protocole de suivi : design et collecte d'informations auxiliaires sur l'habitat.

Nous avons essentiellement travaillé sur des données de comptages visuels, la méthode jusqu'à présent privilégiée pour ces suivis. Ces données demandent des compétences doubles de plongeur et de scientifique rompu à l'identification des espèces. Compte tenu de la création de nombreuses nouvelles AMP et de l'obligation de suivre l'efficacité de ces AMP, il nous a semblé important de réfléchir à la possibilité de techniques complémentaires ne requérant pas autant de compétences sur le terrain. L'étude pilote sur les observations vidéo nous a montré le potentiel de cette technique, mais reste à valider comme méthode de suivi.

Les pistes explorées dans ce projet seront prolongées dans plusieurs directions :

- 1-finalisation de l'identification des indicateurs pour chaque méthode d'évaluation et des méthodes de visualisation des résultats;
- 2-détermination des grilles de lecture des indicateurs (interprétation des valeurs et des variations) pour une aide à la gestion (en collaboration avec les gestionnaires d'AMP);
- 3-optimisation des protocoles de suivi en collaboration avec des gestionnaires d'AMP afin de prendre en compte les aspects logistiques.

5. DES OUTILS POUR EVALUER LES EFFETS DES AMP SUR LES RESSOURCES ET LES ACTIVITES HALIEUTIQUES

Si la littérature scientifique et technique sur l'évaluation des effets des AMP sur la biodiversité et les peuplements de poisson abonde, l'évaluation des effets sur les ressources et l'exploitation a donné lieu à beaucoup moins de travaux. Ces travaux sont de deux types : a) des analyses, peu nombreuses, de données de terrain visant à mettre en évidence des différences entre les zones en fonction de la protection, ou des évolutions d'abondance imputables à la présence de l'AMP ; et b) des approches par modèle dynamique qui prennent en compte la dynamique des ressources exploitées et de l'exploitation. Dans ce projet, nous nous sommes intéressés à la deuxième approche, et compte tenu des besoins exprimés par les gestionnaires, nous avons mis au point des protocoles d'enquêtes sur la pêche plaisancière, activité très mal connue et dont l'impact reste à évaluer. Il est en effet difficile d'évaluer l'impact sur les ressources sans prendre en compte l'ensemble des activités de pêche qui les capturent. Concernant les modèles, nous avons utilisé le logiciel ISIS-Fish précisément développé dans le but d'évaluer les conséquences sur les ressources et l'exploitation de scénarios de gestion des pêcheries incluant des AMP.

5.1. Suivi de la pêche aux petits métiers à Bonifacio.

Cette action ne sera pas décrite ici dans la mesure où elle est reportée dans le rapport du projet Liteau II de David Mouillot portant sur la RNBB.

5.2. Enquêtes sur la pêche récréative à Banyuls.

5.2.1. Objectifs

Le long de la côte rocheuse catalane française, la pêche récréative est l'activité la plus importante après la plongée en bouteille et l'apnée (Licari 2005). Le principal objectif de l'étude est de décrire la pêche de loisir dans et à proximité de la Réserve Naturelle de Cerbère-Banyuls (RNCB). Il s'agit également d'étudier l'intérêt de suivis de la pêche récréative pour évaluer l'influence de la réserve sur les populations de poissons côtiers, et plus largement pour fournir des informations utiles pour une meilleure gestion et une conservation des pêcheries côtières.

5.2.2. Matériel et méthodes

Les données ont été collectées de mars à fin juillet 2005 par enquêtes directes sur site, selon un échantillonnage stratifié des personnes observées en train de pêcher le long de la côte ou en bateau. Pour chaque interview, les questions posées concernaient les méthodes de pêche, le nombre d'hameçons employés, le temps de pêche effectif, et on notait la localisation exacte du pêcheur (GPS), les espèces pêchées et la taille de tous les poissons capturés. En parallèle, on a évalué le nombre total de pêcheurs récréatifs fréquentant la zone d'étude et représenté leur localisation avec un Système d'Information Géographique (SIG). Des pêches expérimentales ont été réalisées dans la zone de protection renforcée dans le but de capturer des serrans chevrette (*Serranus cabrilla*) et de comparer leur structure démographique à celles des zones de protection partielle et non protégée. On a comparé les captures de pêcheurs issues de zones de caractéristiques physiques (habitat (éboulis rocheux et de coralligène), profondeur (15-35 m) et rugosité) similaires.

5.2.3. Résultats

L'étude est détaillée dans Dubreuil et al. (soumis)(annexe A.6).

Typologie et productions de la pêche. La caractérisation de l'activité sur la zone de Banyuls est établie grâce aux résultats des 625 enquêtes réalisées. Cinquante espèces

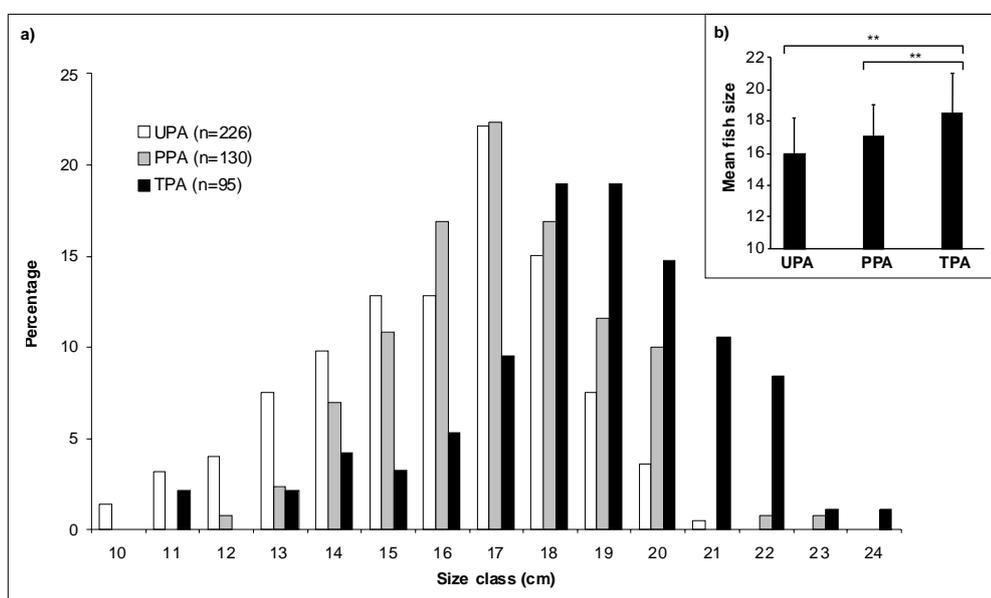
appartenant à 18 familles ont été recensées et 2743 poissons ont été mesurés. Des différences dans la composition des captures ont été observées entre la pêche du bord et d'une embarcation. La pêche embarquée capture 42 espèces, contre 20 pour la pêche depuis le bord. Certaines espèces sont majoritaires dans les captures : Serrans (*Serranus cabrilla*), girelles (*Coris julis*), pageots (*Pagellus acarne*) et sars (*Diplodus sargus*) :

Dix premières espèces capturées depuis le bord (par ordre décroissant)	Dix premières espèces capturées depuis une embarcation (par ordre décroissant)
<i>Coris julis</i> , <i>Diplodus sargus</i> , <i>Serranus cabrilla</i> , <i>Sparus aurata</i> , <i>Oblada melanura</i> , <i>Sarpa salpa</i> , <i>Symphodus melops</i> , <i>Symphodus tinca</i> , <i>Labrus merula</i> , <i>Diplodus vulgaris</i>	<i>Serranus cabrilla</i> , <i>Pagellus acarne</i> , <i>Coris julis</i> , <i>Trachurus trachurus</i> , <i>Scomber japonicus</i> , <i>Diplodus sargus</i> , <i>Pagellus erythrinus</i> , <i>Diplodus vulgaris</i> , <i>Scomber scombrus</i> , <i>Oblada melanura</i>

Le serran est une espèce clé dans la zone, pêchée par 61,5% des pêcheurs. La production de la pêche de loisir pendant la période d'étude, estimée par extrapolation des résultats, serait d'environ une tonne, soit quasi-équivalente à la production de la pêche artisanale dans la région de Banyuls.

Influence de la réserve marine. L'analyse des captures par unités d'effort (CPUE) des espèces démerso-benthiques montre des différences significatives entre la zone partiellement protégée et l'extérieur de la réserve. L'abondance de ces espèces semble être plus importante aux abords de la réserve intégrale qu'à l'extérieur de la zone de protection. De plus, un gradient croissant de la distribution démographique de *Serranus cabrilla* est observé de l'extérieur de la réserve vers la zone de protection renforcée. Les tailles moyennes diffèrent de manière significative entre ces trois zones (Figure 8).

Figure 8. a) Abondance (%) en fonction de la classe de taille (cm) de *Serranus cabrilla* dans la zone non protégée (UPA : □), partiellement protégée (PPA : ▒) et totalement protégée (TPA : ■). b) taille moyenne des poissons, erreur standard et niveau de significativité (** p-value < 0.0001) dans les trois zones.



5.2.4. Discussion

La composition des captures révèle une différence entre le nombre d'espèces capturées du bord ou du bateau. La pêche d'une embarcation prospectant une plus grande variété de substrats et de profondeurs, elle capture plus d'espèces. Le serran est l'espèce la plus

capturée par cette pêche. La distribution de la taille individuelle de ce poisson est positivement et significativement corrélée au degré de protection apporté par la réserve. Nos résultats suggèrent donc une exportation d'individus en provenance de la zone totalement protégée vers les zones adjacentes. Ce suivi a permis notamment de mettre en évidence la distribution démographique particulière du serran dans la région de Banyuls. Cette méthode d'investigation au sein d'une AMP présente un intérêt tant du point de vue des scientifiques que du point de vue des gestionnaires de ces espaces protégés. En effet, elle renseigne sur l'activité de loisir la plus pratiquée le long des côtes de nombreux pays (Sutinen & Johnston 2003) et qui en Méditerranée plus particulièrement revêt un rôle social, économique et culturel (Morales-Nin *et al.* 2005) important. La méthode présente de plus l'avantage de maintenir un contact direct entre les gestionnaires et les usagers de la zone.

5.3. Enquêtes sur la pêche plaisancière dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie.

5.3.1. Objectif

Les écosystèmes coralliens de la Nouvelle-Calédonie sont soumis à plusieurs pressions anthropiques dont l'une des plus importantes est la pêche plaisancière. Cette activité est l'un des loisirs les plus prisés par les calédoniens dont la démographie est en constante augmentation. L'objectif de cette opération a donc été de caractériser la population de pêcheur en fonction de paramètres sociaux, économiques et halieutiques, et d'en faire ressortir une typologie. Conjointement a été réalisée une étude sur les distributions spatiales des embarcations de plaisance pratiquant la pêche.

5.3.2. Matériel et méthodes

La zone étudiée s'étend à environ 150 km au nord de Nouméa et à 100 km au sud et comprend 33 rampes de mises à l'eau. Après une première étude sur le taux de fréquentation des rampes, 14 ont été retenues comme lieu d'enquête, l'activité étant faible sur les autres. Sur les trois routes retenues pour le protocole, 4 rampes de mise à l'eau ont été enquêtées sur la route nord, 5 sur la route centrale (correspond à Nouméa) et 5 sur la route sud. Les jours de fin de semaine ont été enquêtés plus souvent que les jours ouvrables. Chaque jour d'enquête, les rampes ont été tirées aléatoirement avec une probabilité proportionnelle à leur fréquentation. Chaque fin de semaine, un jour était systématiquement choisi pour enquêter en alternance dans la commune de Nouméa, et dans le nord/dans le sud. Pour chaque jour d'enquête, tous les plaisanciers qui finissaient un séjour en mer ont été abordés. Suivant l'activité pratiquée, un questionnaire était proposé sur la pêche ou sur l'activité récréative pratiquée. Puis le propriétaire du bateau annotait sur une carte les lieux où il était allé pêcher. L'étude a porté sur toute l'année 2005, avec deux interruptions en mars et en juin-juillet. Au total, il y a eu 88 jours d'enquête.

Afin de produire une typologie des activités de pêche, une Analyse factorielle des Correspondances Multiples suivie d'une classification hiérarchique fut menée sur un tableau donnant pour chaque interview, les prises, les efforts, les paramètres de sortie, les lieux de pêche et leurs biotopes associés, les conditions météorologiques et les caractéristiques sociales et intentions des pêcheurs.

5.3.3. Résultats

Au total, 857 personnes ont été enquêtées, dont 483 avaient pêché le jour de l'enquête. La proportion de propriétaires de bateaux qui pratiquaient la pêche lors de la sortie est de 56%. 38% des plaisanciers qui n'ont pas pêché le jour de l'enquête ont affirmé qu'ils pêchaient au moins parfois (au moins une fois tous les deux mois). Par conséquent, on en déduit que 94% des plaisanciers pêchent au minimum une fois tous les deux mois.

8 classes d'activité ont été définies qui représentent 52,8% de l'inertie du nuage de points (Figure 9). Certaines classes sont typiques de certaines catégories d'individus ; ainsi les

classes 6 et 7 correspondent respectivement à des tranches d'âge de 40 et 50 ans. Les classes 2 et 3 affirment être soucieuses de respecter la réglementation.

Les variables les plus discriminantes concernent les engins de pêche et les familles capturées. Les engins les plus utilisés par sortie sont le fusil (36%), puis la ligne à la main (23%), la canne à pêche (19%) et enfin la ligne de traîne (12%). Les engins dormants tels que les sennes, casiers, ainsi que les éperviers et le ramassage à la main représentent 10% des engins utilisés.

Les prises portent sur 81 espèces de poissons relevant de 15 familles, les crustacés et les mollusques. La famille la plus souvent pêchée est les Serranidés avec le tonnage le plus important (1500 kg). Les captures des Lethrinidés, Acanthuridés, Scaridés, Scombridés et Lutjanidés totalisent de 500 kg à 850 kg. La capture totale des 483 pêcheurs représente autour de 6400 kg.

Ces résultats sont préliminaires ; ils seront repris et détaillés dans Jollit et al. (en prép.).

5.3.4. Discussion

La pêche plaisancière est devenue une préoccupation majeure de la part des gestionnaires du lagon sud-ouest. Cette étude est la première réalisée à l'échelle du lagon. Les lieux les plus fréquentés pour la pêche et la plaisance, les caractéristiques des pêcheurs de loisir ainsi que la connaissance de la biomasse totale capturée sont des données essentielles pour la gestion de l'espace lagonaire. Les enquêtes ont permis de caractériser l'activité plaisancière, tandis qu'une étude de fréquentation du lagon par des survols aériens, dont les résultats n'ont pu être présentés ici, a fourni une image synoptique de l'activité sur le lagon.

L'analyse des données n'est pas terminée ; il reste en effet à affiner et compléter les typologies, à calculer des productions par type de pêche, à mettre en regard les données d'enquêtes avec les données de fréquentation spatiale, et à analyser les enquêtes vis-à-vis des caractéristiques et motivations des différentes catégories de pêcheurs identifiées.

Les résultats ne sont pas exempts d'incertitudes dues à des déclarations inexactes. Ainsi, les pratiques illégales ne peuvent généralement pas être cernées pour plusieurs raisons : a) il est impossible avec la méthode employée d'identifier et quantifier la pêche dans les réserves ; b) ensuite, pour des questions de sécurité, les enquêtes n'ont pas pu être menées de nuit ; et c) la pratique de cette activité essentiellement individuelle suscite des réactions de suspicion et d'impression d'atteinte à la liberté à l'origine des refus de collaboration d'une partie des pêcheurs (estimés entre 10 et 15% des sollicitations).

Dans le futur, la méthodologie employée sera modifiée pour répondre aux exigences des gestionnaires. Par exemple, les jours d'enquête ainsi que les rampes de mise à l'eau seront échantillonnés de façon aléatoire de manière à prendre en compte les différents types de jour, les saisons et les fréquentations des rampes.

Tableau 11. Types de sorties de pêche obtenus par analyse des enquêtes.

Classes	Caractéristiques des bateaux	Engins de pêche et équipage	Captures	Temps de pêche	Lieux de pêche
1. Pêcheurs au fusil efficaces	PM 126-161 CV Longueur bateau 6-8 m	fusils (3 à 7) 5-8 pêcheurs	1 < CPUE < 10 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ -Scaridés, -Serranidés, -Acanthuridés, -Haemulidés, -Crustacés	-Départ 6-8h -Retour 2-4 p.m. -Temps de pêche 6-8h -Durée de sortie 8-24h -Distance parcourue 60-350 km	Lagon
2. Pêcheurs au fusil peu performants		fusils (1 à 4)	CPUE < 2 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ -Scaridés, -Serranidés, -Acanthuridés, -Siganidés	-Départ 10-12h -Retour 4-5 p.m. -Temps de pêche < 4h -Durée de sortie 24-48h	-1-2 lieux -Récif barrière -Patates de corail isolées
3. Pêcheurs à la traîne peu performants		Ligne de traîne (1 à 3)	-CPUE < 2 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ -Carangidés, -Scombridés	-Temps de pêche < 4h	-3-5 lieux -Lagon
4. Pêcheurs ramassant à la main ou pêchant à la palangrotte		senne (1 à 3)	CPUE < 2 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ Mollusques, Portunidés	-Temps de pêche 10-50h -Distance parcourue 10-20 km	
5. Pêcheurs bredouilles à la ligne main et à la canne à pêche		ligne main (1 à 2) canne à pêche (1 à 3)	-CPUE ligne main < 0.1 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ -CPUE canne à pêche < 0.1 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ -Pratiquement pas de captures	-Départ 12h ou 16h -Temps de pêche < 5h	
6. Pêcheurs moyennement efficaces à la ligne à la main		ligne main 5-8 pêcheurs	-1 < CPUE < 2 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ -Lutjanidés, -Lethrinidés, -Labridés	-Départ 3-5h -Distance parcourue 40-60 km	-2-3 lieux
7. Pêcheurs efficaces à la canne à pêche et moins à la ligne à la main	PM 21-41 CV	canne à pêche (1 à 7)	-CPUE ligne main < 1 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ -CPUE canne à pêche < 5 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ -Lutjanidés, -Lethrinidés	-Départ 5-12h ou 20-24h -Temps de pêche 2-5h -Durée de sortie 4-6h	
8. Pêcheurs efficaces à la canne à pêche		canne à pêche (2 à 5)	-CPUE < 5 kg.h ⁻¹ .engin ⁻¹ -Lutjanidés, -Lethrinidés	-Départ 16-20h -Temps de pêche < 11h	1-2 lieux Lagon

5.4. Présentation de l'outil ISIS-Fish

ISIS-Fish est un logiciel de simulation générique de dynamique de pêche. Il s'appuie sur un modèle de dynamique de population spatialement explicite (Figure 9) et sur une description précise des différentes activités de pêche qui capturent les stocks (Figure 10). Le modèle et plusieurs versions du logiciel sont décrits dans Pelletier et al. (2001), Mahévas et Pelletier (2004), et Pelletier et Mahévas (2005)(annexe A.7). Sur le site web du projet ISIS-Fish (www.ifremer/isis-fish), on trouve également un manuel utilisateur très détaillé, et il est possible de télécharger ce logiciel gratuit. Tous les détails sur ISIS-Fish peuvent être trouvés dans ces diverses références. Nous résumons ici les principales caractéristiques qui font l'originalité du modèle :

- une description de l'effort de pêche qui distingue les navires, les stratégies de pêche, les métiers. Celle-ci permet a) de décrire aisément les pêcheries multispécifiques multi-engins; et b) d'expliciter des règles de gestion très variées, allant de la licence à la mesure technique sur les engins, en passant par le cantonnement de pêche et les quotas de capture ;
 - une définition indépendante des zones de population, d'activité de pêche, et de gestion (Figure 11). On peut ainsi superposer partiellement ces zones et déterminer l'impact de la pêche sur les ressources et de la gestion sur la pêche en fonction de l'intersection spatiale à un instant donné des zones correspondantes ; Cette possibilité est particulièrement intéressante pour évaluer les interactions entre activités de pêche (interactions techniques) ;
 - la possible modélisation du comportement des pêcheurs : a) en réaction à une mesure de gestion, ce qui est primordial pour la gestion spatiale (report d'effort) ; et b) en fonction des conditions économiques, ces comportements pouvant être paramétrés à partir de résultats d'analyses d'enquêtes par exemple ;
 - une structure de données qui permet de modifier facilement les paramètres d'une pêcherie ;
 - une flexibilité dans de nombreux composants du modèle qui accroît la généricité de l'outil ;
 - des facilités de simulation pour conduire des analyses de sensibilité sur les paramètres et les hypothèses du modèle, ce qui est nécessaire pour prendre en compte les incertitudes.
- Le projet ISIS-Fish est par ailleurs organisé de manière à mutualiser les avancées des applications des uns et des autres, et à améliorer l'outil en favorisant son utilisation pour une diversité de pêcheries.

Figure 9. Structure du modèle de dynamique de population de ISIS-Fish. En bleu, les composantes flexibles du modèle, et en rouge les composantes qui ne peuvent être changées.

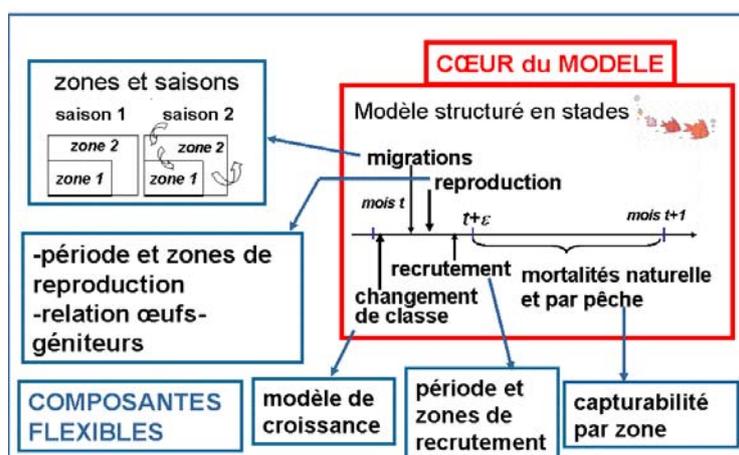


Figure 10. Structure du modèle de dynamique de l'exploitation de ISIS-Fish.

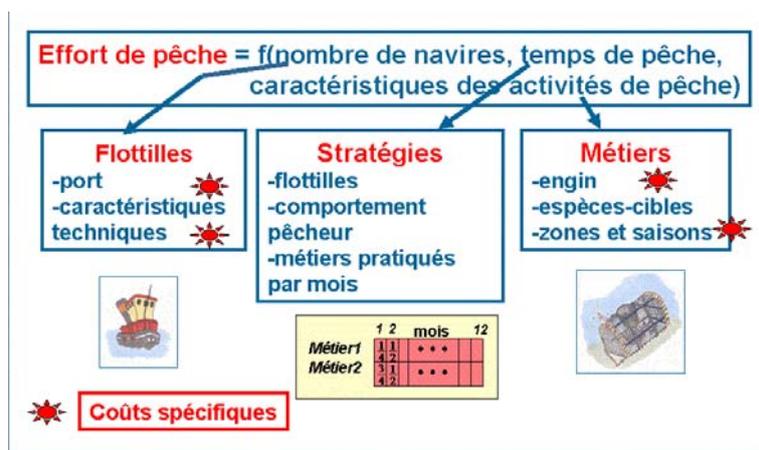
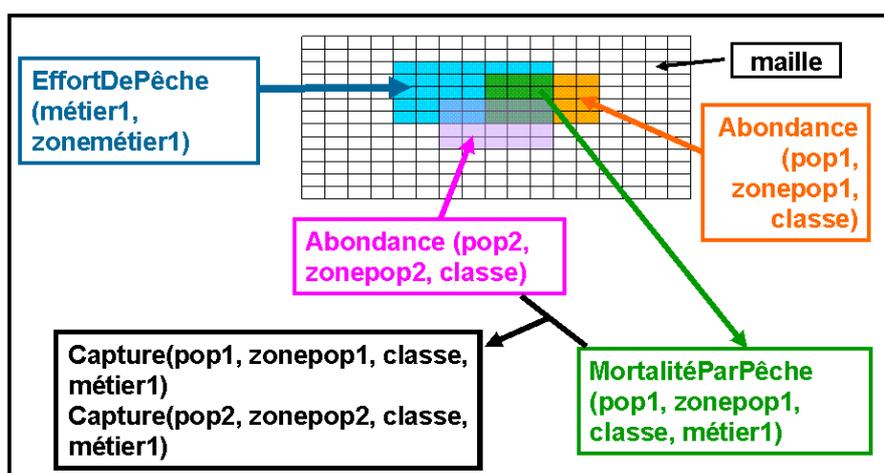


Figure 11. Couplage du modèle de population et du modèle d'exploitation : Relation entre effort et mortalité par pêche dans ISIS-Fish.



Dans ce projet, nous avons utilisé ISIS-Fish pour modéliser l'exploitation et la gestion de trois ressources : le sar commun à Banyuls et à Bonifacio et la langouste en mer d'Iroise. Les modèles sont présentés dans les 3 sous-sections suivantes. La méthodologie, commune aux trois applications, a consisté à faire la synthèse de la connaissance existante sur chaque population et sur la pêcherie modélisée, puis à construire et paramétrer le modèle sur la base de cette connaissance. L'ensemble des paramètres ne peut être décrit dans ce rapport, et on présentera surtout les spécificités de chaque application : questions abordées, modèle et résultats obtenus.

NB : Dans l'optique d'une modélisation de pêcherie mixte en mer d'Iroise, un travail a aussi été réalisé sur la dynamique de la population de neuf espèces commerciales de Mer Celtique (Preuss 2005, annexe A.8). Les résultats ne seront pas présentés dans ce rapport, dans la mesure où ils n'ont pas pu être rapportés à une question abordée dans le projet sur ce cas d'étude. Néanmoins, cette base de données peut s'avérer utile pour de futures questions relatives à la pêche dans le cas du Parc Naturel Marin d'Iroise ou dans l'Ouest de la Bretagne.

5.5. Evaluation de l'impact de la pêche sur le sar commun dans et autour de la Réserve Naturelle de Cerbère-Banyuls (RMCB).

5.5.1. Contexte et objectifs

Cette étude vise à évaluer l'impact de différentes mesures de gestion sur la population de sar commun de la côte catalane française, *Diplodus Sargus sargus* dans et autour de la réserve. Cette espèce a été choisie pour deux raisons : a) une connaissance assez complète sur la biologie de cette population, et b) une forte diminution des captures des pêcheurs artisanaux et des chalutiers du Golfe de Lion ces dernières années. Bien que relativement peu ciblé par les pêcheurs, le sar possède une assez forte valeur économique. La diminution des captures des chalutiers, est probablement due à la dégradation des habitats et à l'augmentation de la pression de pêche qui est notamment maximale durant la période de reproduction. Le sar est également soumis à une pression croissante de la pêche plaisancière. Les pêcheurs professionnels utilisent filets et chaluts tandis que les amateurs pêchent soit à la ligne, du bord ou d'une embarcation, soit en chasse sous marine. Les gestionnaires de la réserve souhaitent principalement évaluer l'impact de chaque métier et la pertinence de modifier la réglementation de la pêche à l'intérieur et autour de la réserve.

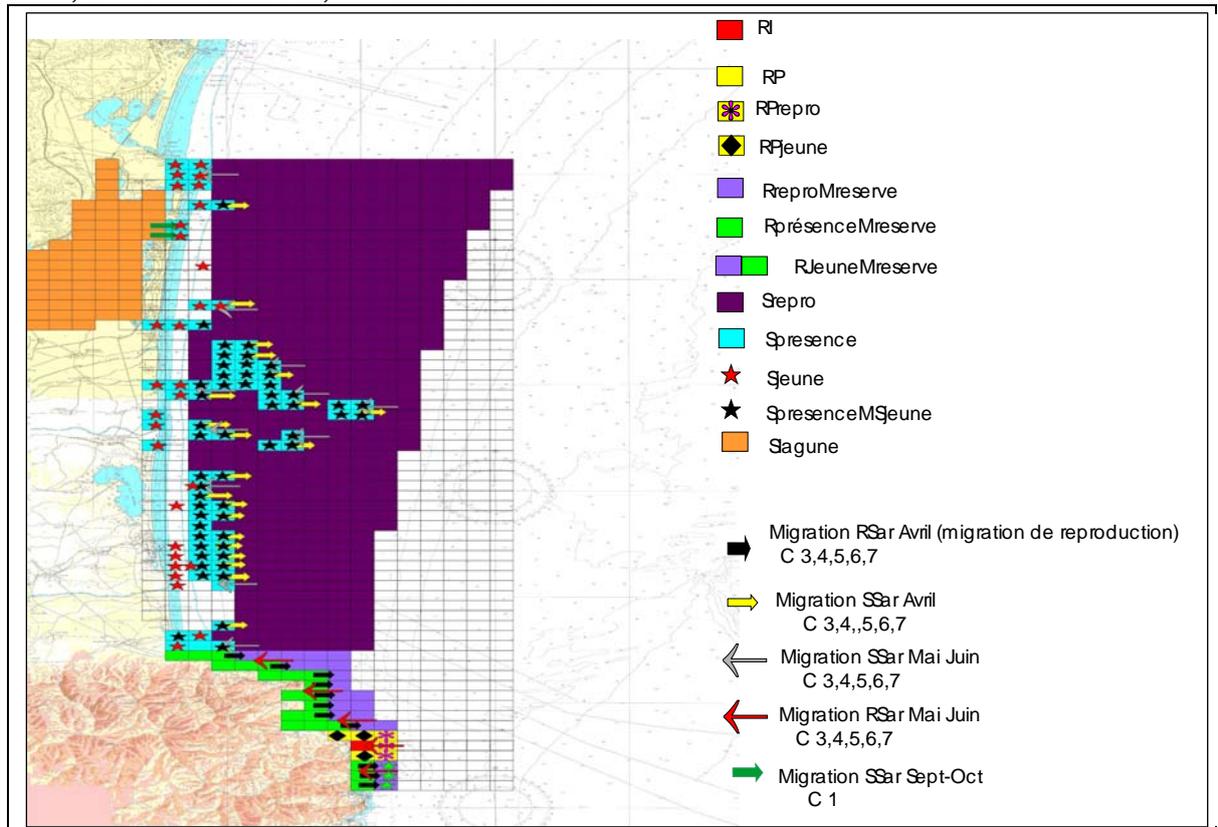
5.5.2. Modèle

Choix et paramétrage de la zone d'étude. Les limites de la zone d'étude sont la frontière franco-espagnole au sud, et l'étang de Salses-Leucate au nord (Figure 12). Les sars de la côte sableuse sont connus pour passer en partie leur première année dans les lagunes côtières pour ensuite coloniser un habitat strictement marin. La zone est délimitée à l'ouest par la présence de l'étang et à l'est par la tranche bathymétrique des 60 m qui est la limite d'extension du stock. La résolution des mailles est basée sur la taille de la réserve intégrale de la RNCB (64 ha).

Dynamique de population. Huit classes ont été définies. La première classe (C0) correspond à la période d'installation et dure 3 mois de début juin à fin août. Les individus de C0 sont localisés dans la zone S_{jeunes} (Figure 12). La seconde classe du modèle (C1) dure 7 mois, de septembre à fin mars. Ensuite, C2, C3, C4, C5 et C6 correspondent respectivement aux individus de 1, 2, 3, 4 et 5 ans. C7 est un groupe d'âge "plus", correspondant aux individus de plus de 6 ans. La maturité sexuelle intervient à 3 ans (C4).

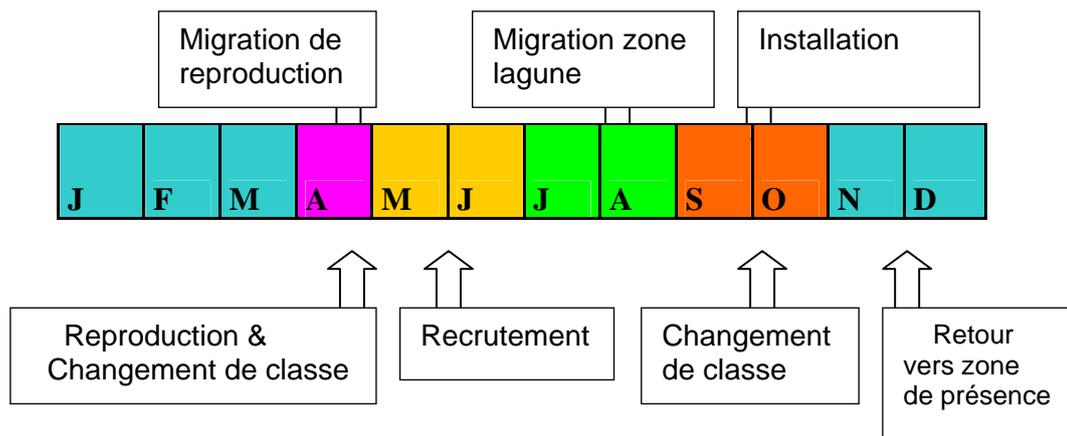
Définition des zones de la métapopulation. Le sar se rencontre dans la zone infralittorale, dans les lagunes et les étangs. Les juvéniles vivent sur des petits fonds de 5 m et les adultes sont présents jusqu'à 50 m de profondeur. *D. sargus* vit sur des fonds rocheux ou sableux mais toujours à proximité des rochers. Des études de marquage sont en cours pour tenter de comprendre les déplacements de *D. sargus* sur la zone d'étude et au delà (thèse de J. Pastor à l'EPHE). Les échanges supposés entre la zone sableuse et la zone rocheuse sont représentés en fonction des saisons : a) une migration hivernale de novembre à février de la côte sableuse vers la côte rocheuse ou les eaux plus tempérées sont plus propices à un séjour hivernal ; et b) le retour vers la zone sableuse en mai-juin suit une période de recrutement généralement plus significative que sur la côte rocheuse. Ceci peut être dû à l'apport de sédiments des rivières le long de la zone sableuse.

Figure 12. Distribution spatiale et migrations de la population de sar commun sur la zone d'étude. RI réserve intégrale, RP réserve partielle, repro : zone de reproduction du sar, jeune : zone de présence des immatures, présence : zone de répartition du sar, M = dans la zone, S = côte sableuse, R = côte rocheuse.



Définition des saisons. Les données sur le cycle biologique du sar (voir Capoulade 2005, annexe A.9), permettent de définir cinq saisons (Figure 13).

Figure 13. Chronologie des événements biologiques et migratoires de *D. sargus*.



Les autres principaux paramètres de la population sont l'équation de croissance et les mouvements des individus des différents stades démographiques dans différentes zones à diverses saisons. Tous les paramètres de la dynamique de population sont décrits dans Capoulade (2005)(A.9).

Dynamique de l'exploitation. On considère 4 flottilles: les pêcheurs amateurs (374 pêcheurs dont 310 du bord et 64 embarqués), les chalutiers, les petits métiers en mer et les

petits métiers en étang. En 2001, 1105 autorisations ont été délivrées pour la pêche dans la réserve. Environ 35% de la pêche amateur s'effectue de la côte et 65% d'une embarcation (§ 5.2). En 2004, 796 autorisations pour la pêche au fusil ont été délivrées pour le quartier maritime de Port-Vendres, dans lequel on dénombre par ailleurs 33 chalutiers dont ceux de Port-la-Nouvelle qui viennent pêcher dans la zone d'étude. Leur rayon d'action se situe dans la bande des 30 milles avec une interdiction de pêche plus ou moins bien respectée dans la bande côtière des 3 milles. Pour les petits métiers, on recense 69 embarcations dont 11 autorisés à pêcher dans la réserve (le maximum autorisé est de 15). Six engins ont été considérés : le filet en mer et en étang, le chalut, les lignes (pêche du bord et d'une embarcation) et le fusil (pour la chasse sous-marine). Des courbes de sélectivité pour chaque engin ont été déterminées par Capoulade (2005)(A.9) à partir de diverses études. Neuf métiers exploitent la zone d'étude: filet en mer, dans la réserve ou en étang, chalut, ligne de la côte (dans la réserve), embarquée et embarquée dans la réserve, chasse sous-marine) et quatre stratégies associées à ces métiers ont été décrites. Les paramètres et les différentes zones de pêche sont décrits dans Capoulade (2005)(A.9).

Scénarios de gestion. Dans un premier temps, on cherche à évaluer l'impact de chaque activité de pêche décrite ci-dessus et à établir un diagnostic préliminaire sur le sar commun. La réserve partielle étant identifiée comme une zone de recrutement, une zone de présence d'adultes, une zone de reproduction et une zone de pêche pour plusieurs métiers, il est ensuite pertinent d'évaluer l'impact de modifications de la réglementation des pêches sur cette zone. Nous avons donc envisagé la fermeture de la réserve partielle à chaque activité de pêche tour à tour, et sa fermeture totale. Dans chaque cas de figure, les pêcheurs réallouent leur effort de pêche sur le reste de leur zone d'exploitation, donc en dehors de la réserve.

5.5.3. Résultats préliminaires.

Sous la réglementation et le régime d'exploitation actuels, le sar commun apparaît surexploité (Figure 14). L'exclusion de certains métiers de la réserve partielle (chalutiers, chasse, ligne côte) ne permet pas de restaurer le stock et produit même des effets négatifs du fait du report d'effort en dehors de la zone, par contre l'interdiction de la ligne embarquée est efficace. Ces résultats sont fournis à but illustratif, car le paramétrage doit être validé et des plans de simulation exécutés pour évaluer la sensibilité du modèle.

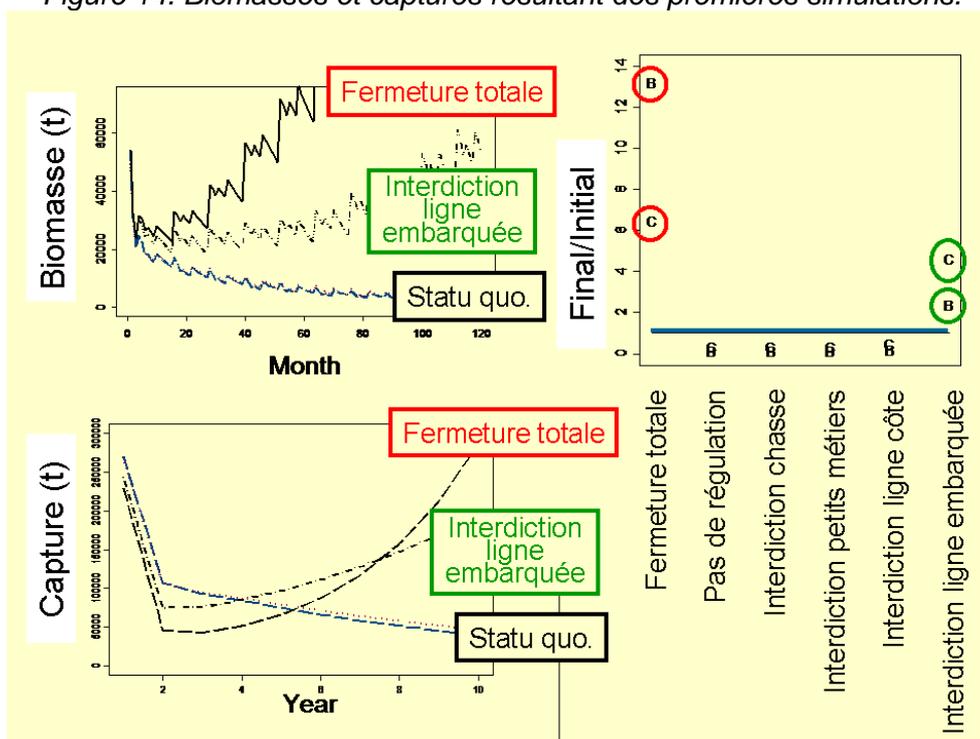
5.5.4. Discussion - Perspectives

Cette étude a permis d'intégrer dans une même base de données un grand nombre d'informations concernant la biologie et l'écologie du sar et sur les flottilles pêchant autour de la RNCB. Le manque de connaissance sur les migrations du sar a rendu difficile la paramétrisation des mouvements entre les régions côte rocheuse et côte sableuse. Les études en cours de marquage du sar commun devraient permettre d'améliorer l'estimation de ces paramètres de mouvement, ainsi que celle de la mortalité naturelle et de la croissance.

Dans le futur, il conviendra de confirmer la paramétrisation du modèle et de prendre en compte les incertitudes afférentes par des plans de simulation.

D'autres scénarios seront explorés: fermeture totale de la réserve partielle l'année suivant un fort recrutement (protection des juvéniles), fermeture de zones durant la période de reproduction (protection du stock reproducteur). Le projet de création d'un parc transfrontalier suggère aussi d'explorer des changements de zonage de la Réserve.

Figure 14. Biomasses et captures résultant des premières simulations.



5.6. Evaluation de l'impact de la pêche sur le sar commun dans et autour de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio.

5.6.1. Contexte et objectifs.

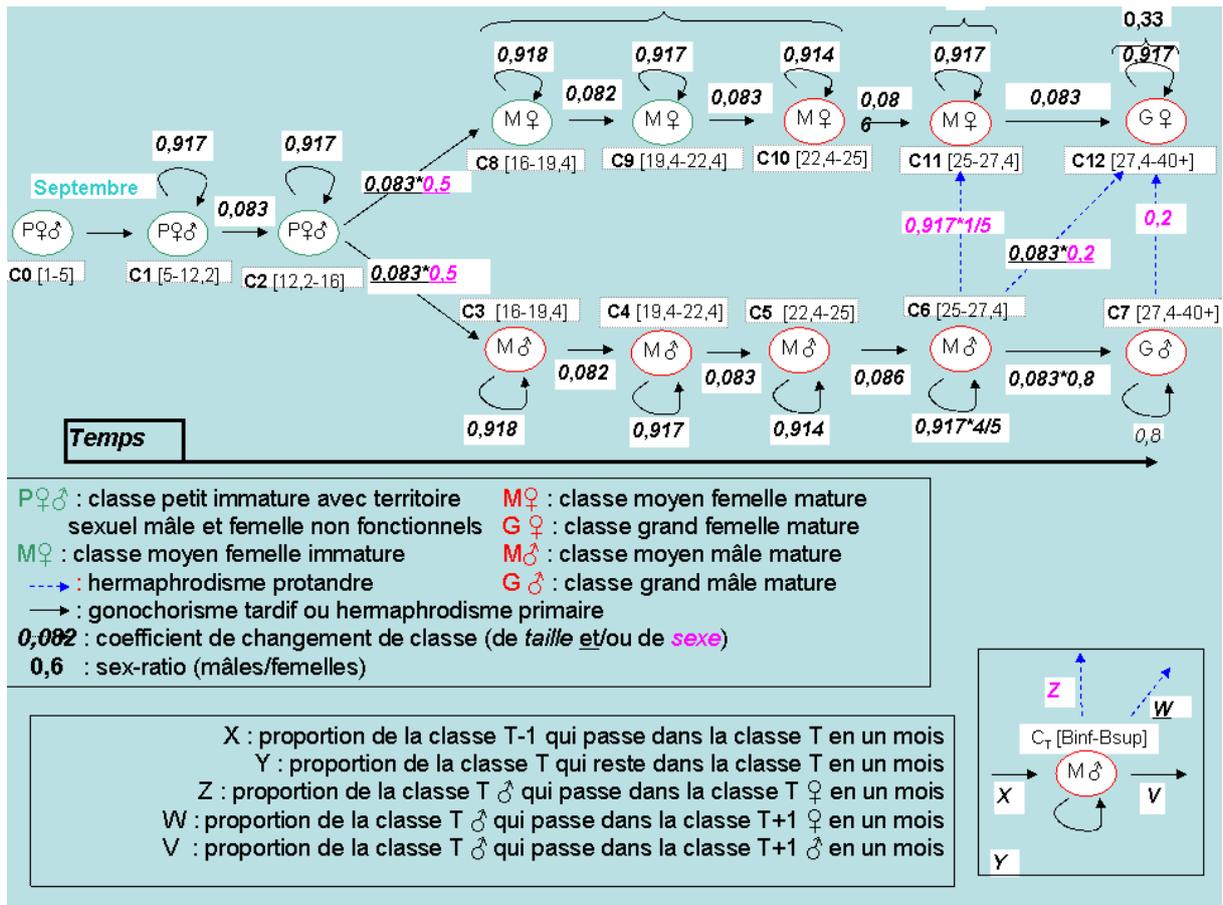
En Corse du Sud, la pêche professionnelle est artisanale et côtière, et la pêche récréative a une importance croissante. Le sar commun possède une forte valeur commerciale, même s'il n'est pas explicitement ciblé par les professionnels. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des différents types de pêche sur la dynamique du sar commun, de tester les conséquences de plusieurs scénarios de gestion ou d'évolution de la pêche, et d'identifier les besoins afférents en données complémentaires.

5.6.2. Spécificités du modèle.

L'extension de la région modélisée correspond à l'emprise du Parc Marin International. La résolution correspond à une maille de 84 ha, c'est-à-dire la taille de la zone de non-prélèvement des Iles Lavezzi. Les zones de présence du sar comprennent l'habitat favorable au sar (substrats rocheux) sur l'ensemble du linéaire côtier entre 0 et 50 m (Figure 10 de Fargier 2006, annexe A.10).

Pour décrire la dynamique du sar, espèce euryhaline, sédentaire, diurne et hermaphrodite protandre, nous avons choisi un modèle structuré en longueur et à deux sexes (Figure 15). Les paramètres du modèle sont dans l'annexe A.10. Les effectifs initiaux de la population ont été paramétrés à partir des données de suivis écologiques pratiqués dans la RNBB.

Figure 15. Modèle du cycle de vie du sar commun dans l'application ISIS-Fish.



Cinq engins de pêche sont utilisés : le filet trémail, la palangre professionnelle, la palangre amateur, la canne depuis la côte, et la ligne embarquée. Deux métiers ont été définis pour chaque engin, un corse et un sarde, avec les mêmes caractéristiques (ciblage du sar, nombres d'engins utilisés sauf pour la palangre) mis à part les zones qui sont spécifiques. Quatre stratégies ont été définies : petit métier corse (40 navires), petit métier sarde (70 navires), amateur corse (240 pêcheurs dont 10 utilisent la palangre, 180 la ligne à la côte, 15 la ligne embarquée et 35 chassent), et amateur sarde (3350 pêcheurs dont 100 utilisent la palangre, 1500 la ligne à la côte, 1450 la ligne embarquée et 300 chassent). La paramétrisation de ces activités est décrite dans l'annexe A.10.

Scénarios de gestion et d'évolution. Nous avons d'abord cherché à établir un diagnostic des conséquences du zonage actuel. Nous avons comparé ce zonage à deux autres scénarios : a) aucune protection, et b) uniquement des zones de non-prélèvement (ZNP). Ceci permet d'évaluer l'apport des zones de protection renforcée (ZPR) pour la gestion des ressources halieutiques. Dans un deuxième temps, nous avons envisagé deux scénarios d'évolution de la pression de pêche : a) un report d'effort du filet trémail corse vers la palangre qui permettrait d'accroître la valeur commerciale des captures (poissons plus grands) et d'éviter la prédation par les dauphins, et b) une augmentation de la pêche plaisancière en lien avec l'augmentation du tourisme.

5.6.3. Résultats préliminaires.

La calibration du modèle n'a pu être réalisée au cours du stage, c'est pourquoi aucun résultat n'est représenté graphiquement et les résultats doivent être interprétés avec prudence. Le premier diagnostic fait état d'une sous-exploitation de la ressource en sar commun sous les trois zonages explorés. La comparaison des conséquences de différents zonages montre néanmoins que les ZPR et les ZNP procurent chacune une réelle protection

du sar commun. Il semble que si le diagnostic de sous-exploitation reste à confirmer, les résultats des différents scénarios peuvent être comparés en valeur relative, avec les précautions d'usage.

Sous les hypothèses du modèle, l'essentiel des captures est réalisé par les pêcheurs amateurs dont 85% par la seule flottille amateur Sarde et 63% par le métier «ligne embarquée sarde» (les 10% de pêcheurs sardes qui pêchent dans la ZPR des Lavezzi). 95% des captures sont des poissons de 12 à 16 cm et 77% des captures de sar ont lieu dans la ZPR des Lavezzi.

Concernant les scénarios d'évolution, on observe peu d'effet du report sur la ressource vers la palangre, et un effet logiquement négatif de l'augmentation estivale de l'effort amateur.

5.6.4. Discussion-Perspectives.

La synthèse de l'information sur le sar commun et les pêches qui l'exploitent autour de la RNBB a permis de construire une base de données ISIS-Fish. Une première évaluation de l'impact de chaque activité de pêche a été réalisée sur la base de cette connaissance.

Le travail a permis d'identifier les lacunes à combler pour mieux asseoir la paramétrisation du modèle (étant entendu qu'il subsistera toujours des incertitudes). Côté dynamique de population, ces lacunes concernent la quantification de la reproduction et les mouvements du sar commun. Mais, les lacunes les plus importantes concernent la pêche récréative: il apparaît nécessaire d'acquérir des données pour mieux cerner cette activité multiforme et qui concerne à la fois la Corse et la Sardaigne.

Des analyses de sensibilité des paramètres du modèle pourront être réalisées, notamment pour tester l'impact de paramètres biologiques comme la définition des classes, la relation œufs-géniteurs, la proportions d'adultes se reproduisant, les mortalités des jeunes classes, le taux de fécondité et les mouvements.

5.7. Restauration de la population de langouste en mer d'Iroise.

5.7.1. Contexte et objectifs.

La pêcherie de langouste en mer d'Iroise est en fort déclin : les débarquements plafonnent autour de 100 t (50 t selon les données officielles). La ressource montre des indices clairs d'effondrement. La langouste était historiquement capturée au casier, maintenant au filet. Les pêcheurs professionnels qui exploitaient traditionnellement cette ressource (Comité des pêches d'Audierne) sont désireux de trouver une solution, par exemple sous la forme d'un cantonnement à préciser dans son extension et ses modalités, et ce en vue de promouvoir l'usage du casier après restauration de la ressource. Ce travail fait suite à une action de préfiguration du Parc Marin d'Iroise qui portait sur les possibles scénarios de restauration du stock². L'objectif de ce travail est de tester des scénarios de restauration du stock, notamment avec des cantonnements en tenant compte des spécificités de la dynamique de la population et notamment de sa dispersion larvaire (Save 2006, annexe A.11).

5.7.2. Description du modèle.

Dynamique de population. La langouste rouge (*Palinurus elephas*) est une espèce caractéristique des côtes rocheuses et récifales, trouvée dans les eaux tempérées entre la côte et 200 m de profondeur. Elle a une large répartition géographique en Atlantique et Méditerranée occidentale. Elle grandit par une mue annuelle en été, se nourrit la nuit d'organismes benthiques (ex: petits mollusques et crustacés). On a représenté la dynamique de population par un cycle de vie à 5 phases : œufs (femelles ovigères), larves, puerulus, post-puerulus, juvéniles, adultes matures (Figure 1, annexe A.11). La langouste se caractérise par une phase larvaire pélagique longue au cours de laquelle elle est dispersée

²Latrouite, D., & P. Lazure. 2005. Etude préparatoire à une reconquête des niveaux de ressources en langouste royale (*Palinurus elephas*) en mer d'Iroise. Rapport Ifremer. 32 p.

par les courants et subit une forte mortalité par prédation. Cette dispersion occasionne des échanges entre les zones de présence et joue un rôle primordial dans la dynamique de la population. Elle a été prise en compte en s'appuyant sur un modèle hydrodynamique en trois dimensions du Golfe de Gascogne. Sur la base de la bibliographie, les dates d'éclosion pour chaque zone de présence et le comportement vertical des larves ont été considérés dans des simulations de ce modèle, et ce pour plusieurs scénarios climatiques. On a ainsi évalué les coefficients de dispersion des larves et des pueruli entre zones, et la mortalité due à la dispersion. La paramétrisation des modèles de dispersion et de dynamique de population est dans les annexes 1 et 2 de A.11).

Dynamique de l'exploitation. Suite à une typologie de l'activité des navires dans la zone d'étude (A.11), trois types de navires ont été considérés : petit (341 navires de 11 m), moyen (279 navires de 16 m) et grand (47 navires de 24 m). Ils proviennent des ports du Conquet, d'Audierne, du Guilvinec, de Lorient, du Croisic et des Sables d'Olonne. Les engins utilisés sont le filet trémail, le chalut de fond, le chalut jumeau, le casier et le filet maillant. La langouste est une espèce accessoire pour la plupart des métiers. Un métier est défini par engin: casier à crustacés, chalut de fond à langoustine, chalut jumeau à langoustine, filet maillant à grand crustacés et trémail à lottes) et est pratiqué toute l'année.

Pour les ports du Conquet, d'Audierne et du Guilvinec, les petits navires pratiquent le casier et le filet seulement lors des marées de mortes eaux. Nous avons donc défini 16 stratégies selon les possibles combinaisons de taille de navire et de port d'origine, mais aussi trois de plus pour les petits navires pratiquant la pêche lors des marées de mortes eaux. La paramétrisation du modèle d'exploitation est dans l'annexe 3 de A.11.

Scénarios envisagés. Le premier scénario correspond à une zone de cantonnement au niveau de la Chaussée de Sein avec interdiction des chaluts et des filets trémail. Ce cantonnement peut être saisonnier. On peut aussi envisager de limiter la longueur des filets. Le deuxième scénario correspond à l'interdiction de débarquer des femelles grainées et le troisième à l'augmentation de la taille de débarquement de 95 à 110 mm de longueur céphalothoracique.

5.7.3. Résultats préliminaires.

Dispersion larvaire. Les résultats des simulations hydrodynamiques montrent une exportation de 77% environ. La majorité des larves se concentre dans les zones de Ouessant, Sein et Belle-Ile, en provenance du sud essentiellement.

Simulations avec ISIS-Fish. Cette partie n'a pu être explorée suffisamment, d'une part par manque de temps durant le stage, et d'autre part, par manque de données concernant l'exploitation. Ainsi, les premières simulations montrent que si la paramétrisation du modèle de dynamique de population est raisonnable compte tenu de l'exhaustivité de la synthèse bibliographique qui a été faite, le caractère parcellaire des données sur la pêche pose problème. Il s'agit ici d'une ressource dont l'exploitation est pour l'essentiel officieuse, et les données de capture et d'effort manquent.

5.7.4. Discussion-Perspectives.

Cette étude a conduit à construire un modèle de population tout à fait plausible et qui valorise la connaissance, dispersée, sur cette espèce, tout en faisant appel de manière novatrice à un modèle hydrodynamique pour suppléer au manque de données réelles sur la dispersion larvaire. Cependant l'ampleur des incertitudes sur les paramètres de la pêche professionnelle (effort de pêche par navire/flottille, captures, sélectivité des engins) et l'inconnue sur le prélèvement par la pêche récréative (chasse sous-marine et casiers) ont empêché de réaliser des simulations réalistes. Les incertitudes peuvent être traitées par ISIS-Fish, mais dans la mesure où un ordre de grandeur de l'effort de pêche et des captures est disponible.

Pour aller plus loin, il est donc nécessaire de disposer d'informations complémentaires sur l'activité de pêche. Le rapprochement avec des pêcheurs de la zone, en vue de partager des informations sur la ressource et son exploitation pourrait être très profitable.

L'intérêt du cas est la motivation des pêcheurs à mettre en place ces scénarios. Il pourrait donc être possible de discuter des scénarios, et des résultats avec les pêcheurs, voire d'accompagner la mise en place de la réglementation grâce à un suivi-évaluation en partenariat avec les pêcheurs.

5.8. Bilan et Perspectives : Evaluer la performance des AMP pour la gestion des pêcheries.

Deux types d'outils complémentaires ont été utilisés dans ce projet : des enquêtes auprès des pêcheurs permettant de cerner la population de pêcheurs récréatifs et de la caractériser; et b) des modèles de dynamique des ressources et de la pêche pour quantifier l'impact des différentes activités de pêche et de scénarios de gestion.

Outils de modélisation. L'outil de simulation ISIS-Fish a pu être utilisé dans 4 applications, relevant de chacun des cas d'étude à l'exception de la Nouvelle-Calédonie en raison de la connaissance très limitée sur les principales ressources et les différentes pêches qui les exploitent. ISIS-Fish est d'abord un outil d'intégration de la connaissance et bien que la complexité du modèle puisse être adaptée au niveau de détail de la connaissance existante, un paramétrage minimal de la dynamique des populations et de l'exploitation est nécessaire pour faire tourner le modèle. Dans les autres applications, ISIS-Fish a permis de faire des synthèses intéressantes sur la biologie et l'écologie des ressources et sur les composantes de l'exploitation. Des informations sur les paramètres biologiques usuels, mais aussi sur les distributions spatiales et saisonnières ont permis de construire des modèles assez avancés pour le sar et la langouste. Pour cette dernière, l'utilisation d'un modèle hydrodynamique pour évaluer la dispersion larvaire et la paramétrer dans ISIS-Fish est une contribution scientifique originale correspondant à une préoccupation forte en matière d'évaluation de la performance des AMP (impact de la dispersion larvaire).

La principale limitation rencontrée dans les applications réside dans la disponibilité des données de pêche, professionnelles et récréatives. Pour la pêche professionnelle, la couverture limitée de la pêche artisanale en Méditerranée et le niveau de définition des métiers dans les statistiques de pêche n'a pas permis de bien paramétrer la pêche du sar par les petits métiers de Banyuls. A contrario, l'existence de contrats entre la prud'homme de Bonifacio et la RNBB a permis de disposer de données assez détaillées. En Atlantique, la pêcherie de mer Celtique aurait pu être paramétrée grâce au système déclaratif de statistiques de pêche, mais pour ce qui est de la langouste, les lacunes dans les données de capture et d'effort ont constitué une limitation pour la modélisation. Pour tous les cas d'étude, le manque de données sur la pêche plaisancière a posé problème.

Enquêtes auprès des pêcheurs. La pêche plaisancière représente une pression forte dans les cas d'étude du projet. De manière générale, elle est mal connue et son impact reste à évaluer. Nous avons ici mis en œuvre plusieurs techniques d'investigation de cette activité, par définition diffuse et informelle, mais ce sujet demande à être plus développé pour bien identifier les populations à enquêter et mettre en place des suivis compatibles avec les moyens logistiques.

Enquêtes et modélisation ont vocation à être menées conjointement afin de collecter dans les premières des informations qui soient pertinentes (entre autres) pour la seconde.

6. ETUDE DES RELATIONS ENTRE AMP ET USAGES.

Les priorités exprimées par les gestionnaires lors des ateliers ont montré l'importance des usages récréatifs dans les cas d'étude (Nouméa, Banyuls et Bonifacio). Dans l'optique de commencer à évaluer l'impact économique des AMP, il a été décidé de se concentrer sur les flux économiques liés aux activités récréatives pratiquées dans les AMP et en lien direct avec la qualité de l'écosystème. Nous avons choisi d'étudier la plongée sous-marine, dont l'importance est grandissante et qui a probablement un impact environnemental en cas de surfréquentation.

Des enquêtes ont été menées sur les trois cas d'étude ci-dessus pour caractériser l'activité de plongée (§ 6.1). Ensuite, un modèle économique de la demande de plongée a été développé (§ 6.2). Enfin, ne disposant pas de ressources dans le projet pour collecter des données sur l'impact potentiel de la plongée sur les habitats et les peuplements, il a été décidé de procéder d'abord à une étude bibliographique sur le sujet (Bardeletti 2005, § 6.3).

6.1. Enquêtes socio-économiques sur la plongée dans et autour des AMP.

6.1.1. Objectifs

En ce qui concerne la plongée, l'impact de la création des AMP est abordé à deux niveaux : a) effet de l'AMP sur la fréquentation par les plongeurs; et b) étude du comportement des plongeurs. Il s'agit également d'estimer les retombées économiques de ces usages (en termes de valeur ajoutée et d'emploi). En raison de l'absence de données disponibles concernant ces aspects³, des enquêtes socio-économiques sur les activités de plongée et de découverte du milieu ont été conduites.

6.1.2. Matériels et Méthode : Description des protocoles d'enquête

Pour mener à bien cette étude, deux enquêtes ont été réalisées. La première enquête concerne les activités de plongée subaquatique. Le protocole d'enquête a été mis au point pour le lagon de Nouméa, avant d'être étendu à Bonifacio et à Banyuls (après adaptation des questionnaires). Les enquêtes ont été initiées en 2005 et prolongées en 2006 pour les deux cas d'étude méditerranéens. Parallèlement à l'enquête plongée, une enquête « sentier sous-marin » a été développée à Banyuls et Bonifacio (été 2006).

Protocole de l'enquête « plongée »

L'enquête « plongée » comprend deux volets: a) enquête auprès des « opérateurs » (entreprises et associations) ; et b) enquête auprès des « usagers » (touristes et résidents), clients et adhérents des structures couvertes par l'enquête « opérateur ». Cette enquête est réalisée à l'issue de l'enquête « opérateurs », et par l'intermédiaire de ces derniers.

Volet « opérateurs » de l'enquête plongée. Il s'agit d'une enquête effectuée auprès des opérateurs de plongée, à partir d'un questionnaire semi-directif, avec un objectif de quasi-exhaustivité. Le questionnaire utilisé en 2005 à Nouméa a ensuite bénéficié des apports du projet européen EMPAFISH⁴ pour les deux cas méditerranéens, avec notamment des questions plus précises sur les coûts de production. Les entretiens se sont déroulés en février 2005 à Nouméa et en août-septembre 2006 à Bonifacio et Banyuls.

³Les études disponibles étaient incomplètes par rapport au sujet de notre étude : Hardouin, P. 2002. La plongée subaquatique en Nouvelle-Calédonie. Etat des lieux de la réalité de la pratique commerciale. Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, DJSNC, Nouméa: 40 p, et Musard, O. 2001. La plongée sous-marine au sein de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio: l'offre, la demande, les problématiques - Eté 2001. Contrat A.P.U.R.E / Office de l'Environnement de la Corse, Service Parc Marin International, Ajaccio: 171 p.

⁴Parallèlement au projet LITEAU, le CEDEM coordonne l'évaluation socio-économique des impacts des AMP dans le projet européen EMPAFISH « European Marine Protected Areas as Tools for Fisheries Management and Conservation ». Banyuls et Bonifacio sont des cas d'étude communs à ces deux projets.

Questionnaire « opérateurs »

- Description de l'opérateur (statut juridique, nombre d'emplois, de bateaux, de compresseurs...)
- Description des activités proposées et tarifs (plongée, randonnées palmées, bateau à fond de verre...)
- Description de la clientèle (origine, nombre, activités...)
- Saisonnalité et localisation de l'activité
- Détails des coûts (sauf à Nouméa)
- Critères déterminants dans le choix d'un site
- Perceptions sur l'efficacité des AMP, sur la cohabitation avec les autres opérateurs/usagers, et sur la nécessité de mieux gérer...

Volet « usagers » de l'enquête plongée. Il s'agit d'une enquête indirecte réalisée auprès des plongeurs à partir d'un questionnaire fermé, et diffusé par l'intermédiaire des opérateurs de plongée. En raison de la faible saisonnalité du tourisme en Nouvelle Calédonie, l'enquête « usagers » menée à Nouméa devait se dérouler sur un an (mars 2005-février 2006), mais il a été difficile de motiver les opérateurs tout au long de l'année faute de moyens humains sur place. A Bonifacio et Banyuls, l'enquête a été lancée début juin 2005 par l'intermédiaire des gestionnaires des réserves. Elle s'est poursuivie jusqu'en septembre 2005. L'enquête a été reconduite pendant l'été 2006 (conjointement avec EMPAFISH). Il s'agit d'un questionnaire fermé, construit à partir d'une revue de la littérature. Le questionnaire a été soumis pour avis aux différents clubs de plongée rencontrés lors de l'enquête « opérateurs » à Nouméa, puis testé auprès des clients d'un des clubs (début mars 2005). Au moment d'étendre cette enquête aux deux cas méditerranéens (Banyuls et Bonifacio), plusieurs améliorations ont été apportées à ce questionnaire « usager », en accord avec les gestionnaires des deux réserves. Une version a été développée en juin 2005 (suite à une réunion à Bonifacio), afin de préciser certaines questions (importance du statut d'AMP dans le choix de venir plonger, motivations du déplacement, perception des plongeurs concernant l'impact de la plongée sur l'écosystème) et d'adapter l'enquête au contexte local. Enfin, une troisième version a été utilisée au cours de l'été 2006 (questionnaire commun avec le projet EMPAFISH) suite au retour d'expérience des enquêtes 2005. Les questionnaires ont été traduits en anglais et japonais (pour Nouméa) et en italien (pour Bonifacio).

Questionnaire « usagers »

- Pratique de la plongée (expérience, budget...)
- Critères de choix d'un site de plongée
- Connaissance des réserves marines
- Caractéristiques et motivations du séjour (pour les non-résidents)
- Caractéristiques individuelles (sexe, âge, catégorie socio-professionnelle (CSP), revenu)

Protocole de l'enquête « sentier sous-marin »

La randonnée aquatique avec palmes, masque et tuba est une activité alternative à la plongée subaquatique pour tous ceux qui souhaitent découvrir les écosystèmes marins. Il a donc été décidé de mettre en œuvre une deuxième enquête afin de mieux connaître le comportement et les motivations de ces usagers en enquêtant les visiteurs des sentiers sous marins mis en place par les réserves de Banyuls et de Bonifacio.

Les enquêtes se sont déroulées au cours de l'été 2006 (conjointement avec le programme EMPAFISH), à partir d'un questionnaire construit sur la même base que le questionnaire « usagers » de l'enquête plongée.

Tableau 12. Récapitulatif des enquêtes socio-économiques et taille des échantillons

	Nouméa	Banyuls	Bonifacio
Opérateurs de plongée	Février 2005* (27 opérateurs)	Septembre 2006*** (11 opérateurs)	Août 2006** (7 opérateurs)
Clients de la plongée	Mars à décembre 2005* (147 personnes)	Été 2005 /Été 2006** (138 personnes)	Été 2005 /Été 2006** (244 personnes)
Visiteurs du sentier sous-marin	-	Été 2006** (164 personnes)	Été 2006** (17 personnes)

* Logistique assurée par l'UR CoRéUS (financement du présent projet)

** Logistique assurée par les gestionnaires des réserves (dans le cadre du présent projet)

*** Enquête réalisée par l'EPHE dans le cadre du projet EMPAFISH

6.1.3. Principaux résultats.

Volet « opérateurs » de l'enquête plongée réalisée à Nouméa (février 2005).

La liste des opérateurs à enquêter (plongée et transport maritime touristique vers les îlots) comprenait 27 personnes dont 7 sont des opérateurs de plongée. Le secteur comprend quatorze entreprises employant 64.5 salariés équivalent temps plein (moyenne de 3 emplois par entreprise) et 14 emplois non salariés. Le nombre de plongées en bouteille est estimé à 33800 soit 17000 personnes/jour sur le lagon sud-ouest en 2004. Les randonnées palmées organisées se chiffrent à 6000 personnes/jour, tandis que les excursions en mer par taxi-boat représentent 77400 personnes/jour. Les clubs de plongée se spécialisent dans certaines clientèles (résidents, touristes, japonais...).

Les perceptions de l'impact des AMP par les opérateurs sont les suivantes :

Impact sur :	Positif	Négatif	Ne se prononce pas
protection	86%	0	14%
tourisme	71%	10	19%
pêche	52%	14%	33%

Les opérateurs n'identifient pas de problème de surfréquentation. Les préférences des plongeurs en termes de faune et de flore entrent dans les critères de choix d'un site de plongée, au même titre que la sécurité. L'impact du nourrissage fait débat. L'idée est évoquée de zoner l'activité ou d'exiger des droits d'entrée. Mais la préoccupation de la sécurité et du respect de la réglementation afférente prime avant tout.

Volet « usagers » de l'enquête plongée (2005 et 2006)

Des difficultés logistiques concernant la réalisation des enquêtes expliquent la variabilité du nombre de personnes enquêtées (Tableau 13).

Tableau 13. Taille de l'échantillon

Année		Nouméa	Banyuls	Bonifacio	TOTAL
2005	Nb. cit	147	56	136	339
	Fréquence	43,7%	16,2%	40,1%	100%
2006	Nb. cit	-	82	108	190
	Fréquence	-	43,2%	56,8%	100%

Les personnes enquêtées pratiquent la plongée depuis moins de 10 ans (en moyenne). Par contre, leur niveau de plongée est très variable en fonction du brevet détenu et du nombre moyen de plongées par an (Tableau 14).

Tableau 14. Niveaux de plongée et nombre moyen de plongées par an (avec écart-type).

	Nouméa		Banyuls		Bonifacio	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Baptême et niveau 1	55%	-	28%	28%	50%	28%
Niveaux 2 et 3	35%	-	43%	44%	38%	59%
Niveau 4 et plus	10%	-	29%	24%	12%	13%
Nb plongées / an	24 (32)	-	38 (49)	38 (41)	15 (19)	17 (11)

On peut ainsi observer que le niveau des plongeurs de la réserve de Banyuls est en général supérieur tant du point de vue du brevet que du nombre de plongées réalisées par an. Il s'agit en effet d'une population de plongeurs de la région que l'on peut qualifier de « réguliers » et qui plongent toute l'année par l'intermédiaire d'une structure associative. La variabilité des budgets annuels de plongée (Tableau 15) ne s'explique pas seulement par le niveau de plongée, mais aussi par le type de structure privilégiée pour plonger (club associatif ou commercial) et par le choix des sites de plongée.

Tableau 15. Budget annuel de plongée.

Budget (€/an)	Nouméa		Banyuls		Bonifacio	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Moyenne	1166	-	612	669	774	1000
<i>Ecart-type</i>	1011	-	491	693	731	668
Taux de réponse	64%	-	80%	76%	61%	94%

Une grande majorité des plongeurs de l'échantillon 2005⁵ connaît l'existence des réserves et pense que ces dernières ont un impact positif sur l'écosystème (respectivement 80% et 90% de l'échantillon total de 2005). La présence d'espèces emblématiques (raies, mérours...), ainsi que l'abondance et la diversité de la faune sont des critères importants voire très importants dans le choix d'un site de plongée (Tableau 16). Toutefois, il convient de constater que les plongeurs sont aussi sensibles, bien qu'à un degré moindre, à la congestion du site de plongée. Ainsi, près de 50% de l'échantillon considère le faible nombre de plongeurs présents sur le site (i.e. l'absence de congestion) comme un critère de choix important voire très important (Tableau 16).

Tableau 16. Critères de choix d'un site de plongée selon les données 2005.

Critères	Pas important	Peu important	Important	Très important	Non réponse	TOTAL
Abondance et diversité des poissons	1.8%	3.5%	41.3%	48.1%	5.3%	100%
Présence d'espèces emblématiques	2.4%	12.7%	41.0%	39.5%	4.4%	100%
Peu de plongeurs sur le site	10.3%	33.6%	36.9%	12.1%	7.1%	100%

Les entretiens menés auprès des opérateurs permettent aussi de confirmer l'attractivité des AMP auprès des plongeurs, au regard des bénéfices escomptés en termes d'abondance et de diversité des poissons.

⁵En raison des diverses versions du questionnaire « usagers » concernant les critères de choix d'un site de plongée et l'influence des AMP, seuls les résultats de 2005 seront présentés.

6.1.4. Discussions-Perspectives.

Les enquêtes réalisées dans le cadre du projet ont permis de mettre en évidence l'influence exercée sur la demande de plongée par certains attributs des écosystèmes marins susceptibles d'être améliorés par la création d'AMP. Toutefois, l'impact positif de l'AMP peut aussi générer des effets externes négatifs. Premièrement, l'accroissement de la fréquentation d'un site par les plongeurs est susceptible de dégrader l'écosystème (e.g. bris de coraux par les ancres ou les plongeurs). À terme, ces nuisances environnementales risquent de diminuer voire d'annuler les bénéfices escomptés des AMP en termes de conservation de l'écosystème, générant ainsi une perte de bien-être pour les plongeurs. Un accroissement de la fréquentation risque aussi d'engendrer des pertes d'aménités pour les plongeurs sensibles au phénomène de congestion. Cette sensibilité de la demande de plongée à la congestion génère des externalités croisées négatives (entre plongeurs), même si aucun dommage n'est fait à l'écosystème. La présence de ces deux externalités négatives est problématique si des outils de gestion appropriés ne sont pas mis en place.

L'analyse des enquêtes sera poursuivie, notamment en termes de typologie de plongeurs et d'impact potentiel sur le milieu, ainsi que pour analyser les données sur les sentiers sous-marins.

6.2. Modélisation économique de la demande de plongée dans une AMP

Les enquêtes menées dans le cadre du projet ont suscité le développement d'un modèle théorique de demande de plongée dans une AMP (Alban et Boncoeur, 2006, annexe A.12). Le modèle décrit l'évolution de la demande de plongée en fonction de la qualité de l'écosystème (reliée par ex. à la présence de l'AMP) et de la congestion, c'est-à-dire la perception de surfréquentation par les plongeurs. L'existence de cette perception traduit une perte d'aménité (de bien-être) par le plongeur, qui vient diminuer la demande et donc la fréquentation. Le modèle permet donc d'étudier les conséquences de ces deux effets antagonistes de l'AMP : augmentation de la qualité de l'écosystème et augmentation de la fréquentation. Les résultats dépendent des valeurs des paramètres et donc il conviendra d'utiliser les enquêtes et de les compléter pour être à même d'estimer les paramètres du modèle. Ceci peut se faire via la méthode des coûts de transport (utilisée initialement pour les parcs nationaux aux USA), qui utilise ces coûts qu'acceptent de supporter les usagers comme indicateurs du consentement à payer (CAP) pour participer à l'activité étudiée. La mise en œuvre de cette méthode n'est cependant pas simple (motivations multiples pour les déplacements, nécessité d'un échantillon important). De plus, dans le cas des AMP, la mise en évidence de l'effet de l'AMP sur le CAP suppose de comparer deux courbes de demande (avec et sans AMP).

6.3. Rapport bibliographique sur l'effet de la plongée sur les habitats.

Introduction

La pratique de la plongée sous-marine en scaphandre autonome est en forte progression depuis une dizaine d'années et dans le monde entier. Les destinations les plus prisées correspondent souvent à des sites écologiquement riches ou attractifs. Il est nécessaire d'estimer l'impact de la plongée sur le milieu marin, de manière à pouvoir gérer la fréquentation des plongeurs, notamment dans les AMP. Les gestionnaires de la RNCB s'intéressant de près à cette question, sont à l'origine de cette étude car la réserve présente une importante diversité de faune et de flore (présence d'espèces méditerranéennes emblématiques telles que les herbiers de Posidonies, le corail rouge, le mérrou, bénéficiant d'une protection réglementée à l'échelle nationale ou internationale). Une telle richesse suscite l'intérêt des plongeurs qui sont autorisés à plonger dans la zone de protection partielle. Le but de ce rapport (annexe A.13) est de déterminer les effets de la plongée sur le milieu, et les solutions envisageables pour pallier ou anticiper certains effets néfastes.

Résumé des résultats de l'étude bibliographique.

Parmi les études relatives à l'impact de la plongée sur le milieu, on distingue différentes méthodes d'analyse: (i) par observation du comportement des plongeurs, (ii) par évaluation des dégâts causés sur le milieu et (iii) à travers les caractéristiques du site de plongée.

Observation des plongeurs. Une sélection de plongeurs sont observés à leur insu afin de relever le type et le nombre de contacts avec le substrat et le relier à différents facteurs dont les caractéristiques du plongeur. Il apparaît que les facteurs déterminants du nombre de contacts avec le substrat sont la topographie, le briefing et l'intervention du moniteur (entraînant une diminution du nombre de contacts), le sexe (les femmes seraient à la source de moins de dommages que les hommes), le niveau du plongeur (influence divergente selon les auteurs), l'utilisation d'un appareil photographique (occasionne plus de dégâts) ou encore la période d'observation (jour/nuit, début/fin de plongée).

Evaluation des dégâts causés à l'écosystème. Les conséquences de la plongée sur l'habitat, sont le plus souvent étudiées par observation directe ou photographie, et suivi de l'évolution de stations fixées. Trois types d'impact ont été étudiés :

-Impact sur les récifs coralliens. On observe plus de coraux morts ou cassés sur les sites très fréquentés. Les dégâts diffèrent selon la forme des coraux, les coraux branchus subissant le plus de dommages. Les colonies cassées ou abimées seraient plus sensibles à l'infection par des pathogènes ce qui pourraient augmenter leur mortalité.

-Impact sur le coralligène. Le coralligène constitue un des milieux parmi les plus appréciés par les plongeurs sous-marins en Méditerranée. Les études montrent que la fréquentation élevée de certains sites conditionne la structure des communautés coralligènes et qu'elle engendre une diminution conséquente à la fois de la densité et de la taille des colonies sur les sites fréquentés ainsi qu'une augmentation de la mortalité des espèces.

-Impact sur les communautés de poissons. En général, l'impact direct sur les communautés de poissons semble limité. Les différences observées correspondent plutôt à des différences d'habitat. Du point de vue du comportement, le nourrissage des poissons pourrait avoir un impact plus important sur les coraux que les contacts directs ou indirects car cette activité attirerait de gros prédateurs comme les requins qui endommageraient le récif en tournant autour en quête de proies.

Influence des caractéristiques du site de plongée. Des études ont tenté de déterminer l'influence de la répartition de l'impact en différentes zones du site et des paramètres physiques sur le site (notamment action des vagues et du courant). Les sites à fort courant sont vulnérables car les plongeurs essaient de s'agripper aux coraux ; l'accès au site (dommages plus importants quand les plongées ont lieu depuis le rivage plutôt qu'à partir d'un bateau) et la résistance des coraux (les coraux mous supporteraient un plus grand nombre de plongeurs) sont aussi des facteurs importants.

Certains auteurs estiment que l'impact direct des plongeurs est largement inférieur à celui de l'ancrage des bateaux qui les transporte, et que l'installation de bouées d'amarrage doit être une priorité sur les sites très fréquentés.

Des études se sont intéressées à définir la capacité de charge d'un site de plongée, c'est-à-dire le seuil critique au-delà duquel les fonctions écologiques du site, mais également sa valeur touristique sont affectées. Mais aucune règle générale n'a été établie en la matière.

Propositions de mesures de protection spécifiques à la plongée dans les AMP. Parmi les mesures proposées par divers auteurs, on peut citer :

- la rotation des sites de plongée, l'espacement des plongeurs, la régulation de la photographie sous-marine, l'amélioration de l'éducation des plongeurs;
- le transfert des formations et des baptêmes sur des sites moins fragiles;
- l'installation de sentiers sous-marins pour canaliser les plongeurs et de réduire l'utilisation de zones plus vulnérables ;
- un contrôle plus strict des lieux où la plongée est intensive (taille des groupes par ex.) ;
- l'utilisation de récifs artificiels;
- la réhabilitation et la restauration des récifs coralliens.

Au final, peu d'études existent sur le sujet et l'impact de la plongée sur le milieu marin n'est pas encore quantifié. La majorité des études portent sur les récifs coralliens des mers tropicales, les seules études en Méditerranée ont eu lieu aux alentours des îles Mèdes en Espagne.

6.4. Territorialité et Aires Marines Protégées.

Cette contribution permet de resituer la problématique des AMP dans le cadre plus général de la recomposition de territoires et des conséquences pour les différents usagers. Le texte intégral est en annexe A.14 (David 2007) et nous en reprenons ici les principaux points.

Beaucoup de chercheurs et de gestionnaires d'AMP considèrent que les AMP relèvent de la gestion environnementale, i.e. la régulation des rapports entre les hommes et les ressources naturelles qu'ils exploitent. Les sciences humaines considèrent que ce ne sont pas les rapports entre les hommes et la nature qui doivent être pris en compte mais les rapports entre les hommes à propos de la nature. En fait, les AMP se rattachent à une forme spécifique de gestion environnementale : la gestion environnementale territorialisée qui s'appuie sur la création de territoires pour résoudre les conflits d'usage ou mieux gérer les ressources naturelles. A travers cette gestion, on apporte des solutions pour réguler les rapports homme/nature mais on crée de nouveaux problèmes entre les hommes, car la création de nouveaux territoires (via la création d'une AMP) suscite un risque de conflits de territorialité. Ce faisant, il convient de prendre en compte les différentes notions de territoire. D'une manière générale, toute AMP est la conjonction de quatre types d'espace : l'habitat des espèces à préserver, le territoire des usages, le territoire de la réglementation, le territoire des représentations (David *et al.*, 2006). La création d'une AMP engendre une recomposition des territoires qui se traduit par une profonde perturbation des usages. Certains usagers sont gagnants car leurs usages se sont accrus, d'autres sont perdants car leurs usages ont disparu, tandis que pour d'autres, le caractère perdant ou gagnant va s'affirmer avec le temps selon l'usage pratiqué et l'intensité de cette pratique. Les pêcheurs sont typiques de cette catégorie, généralement perdants à la mise en place de l'AMP, à moins de mesures compensatoires, mais il est espéré qu'ils deviennent gagnants à mesure que les ressources bénéficient de l'AMP. En annexe, on trouvera une discussion des conséquences de ces changements sur les représentations des acteurs et les conflits qui peuvent en découler, en s'appuyant sur deux des cas d'étude du projet : l'Iroise et l'Océanie.

6.5. Bilan et Perspectives.

En ce qui concerne la plongée, le projet a permis de mener des enquêtes avec un protocole quasi-similaire, à la fois auprès des opérateurs et des plongeurs. L'intérêt de croiser les résultats obtenus sur les trois cas d'étude est manifeste, bien que l'analyse des données ne soit pas terminée. La caractérisation des plongeurs est en effet l'étape suivante, ainsi que l'analyse des données pour les sentiers sous-marins.

Par la suite, trois axes d'analyse nécessiteraient d'être plus approfondis afin d'évaluer l'impact des AMP sur les activités de plongée: a) mesurer le lien entre fréquentation et qualité de l'écosystème, afin d'évaluer le surplus de fréquentation généré par les AMP ; b) analyser les phénomènes de congestion et les nuisances environnementales provoqués par ces usages (impacts sur les peuplements de poisson, ressources et biodiversité...), notamment en reliant l'évolution de la fréquentation à celle d'indicateurs écologiques ; et c) construire un modèle bioéconomique de la plongée dans les AMP intégrant différentes externalités négatives (nuisances environnementales et perte d'aménités du fait de la congestion), en paramétrant ce modèle à partir des points précédents.

Plus généralement, il serait également nécessaire dans de futures approches de prendre en considération les perceptions des différents usagers et les différents systèmes de gestion afin de mettre en relation la performance des AMP avec leur gouvernance.

7. INDICATEURS D'AIDE A LA GESTION DES AMP

7.1. Eléments pour une démarche indicateurs

En préambule à une démarche indicateurs, il convient de reposer certaines définitions. Premièrement, il faut distinguer la métrique, qui est une fonction des observations (issue de données via des modèles statistiques ou mathématiques) et l'indicateur, qui est une métrique indiquant un effet à partir duquel une action peut être décidée. Définir un indicateur, c'est donc définir un référentiel (seuils, points de référence) pour jauger la valeur de l'indicateur, et une stratégie d'échantillonnage adaptée pour garantir précision et justesse de l'indicateur et si possible calculer les risques associés à la prise de décision. Le suivi est le protocole d'échantillonnage qui permet de collecter les informations nécessaires au calcul de l'indicateur. La notion de suivi implique celle de durabilité dans le temps du système d'observation.

Une métrique peut revendiquer le statut d'indicateur quand elle permet de répondre à une question de gestion des ressources ou de l'environnement en général par exemple dans le contexte des AMP.

Les critères de performance des indicateurs ont été étudiés dans nombre de publications ; deux critères simples sont proposés par Nicholson & Fryer (2003) et repris par Pelletier et al. (2005)(annexe A.16) dans le cas des AMP : la pertinence et l'efficacité. On parle d'un indicateur pertinent dès lors qu'il existe un lien fort, direct ou indirect, entre l'état réel du processus observé (par exemple l'impact d'une AMP sur la biodiversité du milieu) et la réponse de l'indicateur préconisé (par exemple un indice de richesse spécifique). Un indicateur pertinent autorise la construction d'une échelle de réponse. Un bon indicateur doit aussi être efficace, c'est-à-dire minimiser les risques d'erreur de caractérisation des états, dont peuvent découler des décisions inappropriées à la situation. Ainsi une stratégie d'échantillonnage *ad hoc* doit permettre d'atteindre une puissance statistique idéalement fixée *a priori*, conditionnellement à la faisabilité technique et logistique de l'opération.

7.2. Bilan de l'atelier indicateurs d'aide à la gestion des AMP

Un atelier intitulé « Quels indicateurs pour l'aide à la gestion des AMP ? » et réunissant scientifiques et gestionnaires a été organisé au Parc Marin de la Côte Bleue, à Carry-le-Rouet, du 15 au 17 mars 2006. Outre des scientifiques des disciplines représentées dans le projet, 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 (§ 3.3) et de l'expérience du projet.

7.3.1. Méthode.

Nous avons d'abord présenté des généralités sur les indicateurs dont celles présentées au § 7.1. afin de construire une sémantique commune à l'ensemble des partenaires. Nous avons ensuite proposé un cadre général pour construire ces indicateurs dans le contexte de la gestion des AMP (Tableau 17, Beliaeff et Pelletier, Pelletier et al., en prép.). L'originalité de cette démarche tient au fait que la sélection de l'indicateur idoine 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 à partir des informations collectées 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. En fonction de la valeur de ce signal, le plan de gestion devra préciser les actions à mettre en œuvre.

Tableau 17. Démarche pour la construction d'indicateurs d'aide à la gestion des AMP. G gestionnaire, S scientifique.

Objectif global	Objectif détaillé	Actions de gestion	Grille de lecture	Indicateurs	Stratégies d'échantillonnage	Moyens
Question générale	Distinction entre états : quantification d'un impact ou du retour à une situation de référence	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 dans le temps et l'espace maximisant la puissance statistique ($1-\beta$)	Faisabilité : logistique, coûts, moyens humains

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 ex., 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 n'est 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 précisément définis à ce stade, mais les systèmes d'observation à mettre en face de chaque objectif détaillé ont été précisés. A chaque étape, on a cherché à obtenir un consensus de la part des participants.

7.3.2. Résultats.

La démarche est illustrée dans le Tableau 18 par un exemple a priori pour ce qui est la gestion de la plongée et des ressources halieutiques.

Tableau 18. Exemple de tableau de travail a priori dans le cadre du projet.

Objectif global	Objectif détaillé	Actions de gestion	Grille de lecture	Indicateurs	Stratégies d'échantillonnage
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
Conservation des ressources halieutiques	Etat de la ressource halieutique	RAS Interdiction chasse sous-marine Moratoire toute pêche	Proche état de référence surexploitation modérément Situation très impactée	-Espèces indicatrices (sar, mérrou, ...) -Captures pêches professionnelles/ pêche de loisir	-Observation des espèces et des habitats -Recensement captures et effort (enquêtes)

Sur la base de cet exemple fictif, 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 réglementaires, mais comportent aussi des actions contractuelles (par ex. des chartes avec des catégories d'utilisateurs), 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.

7.3.3. Discussion-Perspectives

La démarche de construction d'indicateurs entamée au cours du projet et notamment au cours de cet atelier n'est pas 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.

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 qui est 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 plutôt un point de départ à partir duquel on peut envisager de développer la démarche décrite plus haut.

8. BILAN ET PERSPECTIVES

8.1. Formalisation des objectifs, 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 de chaque cas d'étude. Ces résultats sont exprimés dans la synthèse de l'atelier de Perpignan (A.1) sous forme de tableaux permettant a) de comparer les AMP ; et b) de résumer les questions par objectif de gestion.

8.2. 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 ichtyologiques par vidéo ;

-par analyse de données existantes : comptages visuels en Méditerranée (Claudet 2006) 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 en Bretagne Ouest. 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.

8.3. 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. Au-delà du projet Liteau, ces réflexions ont bénéficié au projet EMPAFISH qui a pu aussi poursuivre et enrichir cette démarche sur un nombre de cas plus étendu à l'échelle européenne. 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 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. 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.

8.4. 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 avons produit des synthèses méthodologiques à ce sujet (A.7, A.15 et A.16).

Les modèles statistiques (§ 4), les enquêtes (§ 5 et 6), et les modèles exploratoires (§ 5) utilisés 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 nombre des inconvénients et limitations des modèles d'évaluation traditionnellement utilisés (§ 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 et les ressources.

Les outils ont été développés dans un souci de parcimonie, soit a) en essayant de valoriser au mieux l'information existante dans les modèles statistiques ; b) pour les applications ISIS-Fish avec un niveau de détail du modèle nécessaire et suffisant pour aborder les questions posées, et ce afin de minimiser 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 construits (par ex. annexes de Laasri 2005 et annexe 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 contextuelles bilingues, 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 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 (voir A.2, A.4, A.16). 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 (§ 8.5), et non de partir de leur intérêt scientifique. Ces deux derniers points font partie des perspectives du projet.

8.5. Indicateurs d'aide à la gestion.

Ainsi qu'indiqué au § 7.3, la démarche a été conçue et mise en œuvre au cours de plusieurs réunions du projet et surtout lors de l'atelier indicateurs. Son application n'est pas suffisamment avancée pour en présenter les résultats. Cependant, 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. La formalisation de la démarche est en elle-même un produit que nous développerons dans les mois qui viennent.

8.6. 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 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 les bienvenues.

8.7. Une dynamique de groupe.

Il convient de conclure ce bilan par un point très positif qui ressort de ce projet, à savoir la création d'un groupe de scientifiques et de gestionnaires désireux de poursuivre la dynamique de recherche-action engagée dans ce 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 places 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.

En termes de perspectives, les actions entreprises (collectes de données, méthodologies d'évaluation, démarche indicateurs d'aide à la gestion) se prolongeront et seront complétées dans des projets en cours d'évaluation ou de montage. Le 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 (Blanc)). Ainsi, une proposition ANR portant sur l'analyse de la gouvernance des AMP (GAIUS) est en cours d'évaluation (ANR Blanc). 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 entreprise dans ce projet et de la valider par application des indicateurs à plusieurs cas d'étude.