

## COMPLEXITÉ ET DÉCISION DANS L'ANALYSE DE L'IMPACT DE RESERVES MARINES EN MILIEU CORALLIEN

Jocelyne Ferraris<sup>1</sup>, Dominique Pelletier<sup>2</sup>, et Michel Kulbicki<sup>1</sup>

Le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie constitue un vaste système corallien dans lequel plusieurs réserves marines ont été instaurées dès le début des années 80. Ces réserves sont destinées à protéger l'écosystème corallien des activités de plaisance (pêche et navigation) nuisibles aux habitats et aux ressources exploitées. Les gestionnaires ont mis en place plusieurs programmes de suivi de l'effet de ces réserves. Dans le cadre du PNEC (Programme National de l'Environnement Côtier), une démarche globale de modélisation de l'effet de ce mode de gestion à l'échelle de l'ensemble de l'écosystème est proposée. Cette communication présente la démarche adoptée et les premiers résultats obtenus à l'échelle locale.

Il est relativement aisé, du moins en théorie, d'évaluer l'impact d'une réserve marine sur l'écosystème si des protocoles d'observation adéquats ont été définis à cet effet. Cependant, nombre d'études empiriques cherchant à mettre en évidence cet impact ne disposent pas d'informations antérieures à la mise en place de la réserve. Dans ce cas, l'impact de la réserve est souvent évalué en référence à des zones similaires ne bénéficiant pas de la protection de la réserve. Par ailleurs, les travaux en mesure d'évaluer cet impact grâce à des données appropriées s'intéressent à la réhabilitation des espèces exploitées et non à celle de l'écosystème ou du peuplement. En conséquence, ils proposent une évaluation monospécifique de l'impact et non une approche globale.

Dans ce travail, nous présentons une démarche multivariée permettant de prendre en compte les dimensions environnementale, spatiale et multispécifique des effets d'une réserve. Cette démarche est structurée en deux étapes. La première étape, exploratoire, est nécessaire à la prise en compte de la complexité des systèmes coralliens (milieux hyperdiversifiés); elle permet la post-stratification des unités d'observation et la construction de variables synthétiques décrivant le peuplement. La deuxième étape, inférentielle, fournit un outil d'aide à la décision pour tester l'impact de la réserve, grâce aux unités et variables définies à l'étape précédente.

---

<sup>1</sup> UR-CoRéUs (projet), IRD, BP A5 - 98848 NOUMEA - Nouvelle Calédonie

<sup>2</sup> Laboratoire MAERHA, IFREMER BP 21105 - 44311 Nantes Cedex 03

*Le texte détaillé ci-dessous est adapté du bilan 2000 de l'Action de Recherche Thématique « Méthodes et Outils pour l'Etude de l'Influence des Facteurs Hydroclimatiques et Anthropiques sur la Variabilité Spatio-Temporelle des Populations et Ecosystèmes Marins » du Programme National Environnement Côtier. Ce travail fait actuellement l'objet d'un article en préparation et ne doit pas être cité sans autorisation des auteurs.*

## **METHODES D'ETUDE DE L'IMPACT DE ZONES MARINES PROTEGEES SUR LES PEUPELEMENTS DEMERSO-BENTHIQUES DU LAGON DE NOUMEA (NOUVELLE-CALEDONIE)**

### **1. QUESTIONS ET OBJECTIFS GENERAUX**

Comment évaluer a) l'impact de zones marines protégées (ZMP) sur les populations, la biodiversité et la structuration spatiale de peuplement de poissons démerso-benthiques ; b) les conséquences en terme de réhabilitation de l'écosystème correspondant, et c) la pertinence des ZMP comme outil pour une gestion durable des ressources ?

On s'intéresse à l'ensemble des réserves marines établies dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie afin d'évaluer cet impact au niveau de l'écosystème régional. La première étape de cette action consiste en l'évaluation et l'exploration des données au niveau local (comparaison dans le temps d'un même site ayant changé de statut, comparaison de deux sites ayant un statut différent). Dans un deuxième temps, on analysera conjointement au niveau régional les informations issues de l'ensemble des sites bénéficiant du statut de réserves dans le lagon de Nouméa.

### **2. RAPPEL DES OBJECTIFS 2000**

- exploration des différents jeux de données, notamment des protocoles d'échantillonnage ;
- mise en évidence des facteurs structurants des peuplements de poissons par analyses statistiques
- analyse locale de l'effet réserve sur un petit nombre de sites avec des données détaillées : étude comparative avant/après instauration de la réserve ou avec/sans réserve, construction d'indicateurs appropriés.

### **3. LES DONNEES**

L'analyse locale a été réalisée sur la réserve du récif Aboré, protégée en totalité dès 1990. En août 1993, une partie de ce site a été ouverte à la pêche, pour être refermée définitivement en 1995. La question se pose donc de l'évaluation empirique de l'effet de la pêche sur le peuplement de ce récif.

Deux séries de données ont été respectivement collectées en juillet 93 et en juillet 95, soit juste avant et juste après l'ouverture à la pêche, et ce lors de missions menées conjointement par l'Université de Nouvelle-Calédonie, l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, le Centre Océanologique de Marseille, et l'ORSTOM. Chaque série comprend des observations de la nature du substrat et des comptages visuels, tous effectués sur des transects de 50 m. Le récif est naturellement stratifié en trois biotopes : platier, tombant et arrière-lagon. La longueur du récif est découpée en 6 zones, dont 4 sont restées en réserve entre 1993 et 1995 (Figure 1). Le protocole, identique pour les deux séries, prévoit 2 transects par zone et par biotope.

Au total, 69 stations ont été échantillonnées (33 en 1993, 36 en 1995). A chaque transect sont relevés le nombre d'individus et leur taille par espèce, afin d'estimer des densités et des biomasses par m<sup>2</sup>. Le substrat est évalué en pourcentage de surface couverte, ainsi que les organismes vivants qui le recouvrent. Ces données ainsi que la carte du lagon ont été intégrées dans un Système d'Information Géographique développé à l'IRD (SAVANE). Des données de régime alimentaire portant sur 1393 espèces du Pacifique Sud ont été également utilisées pour l'analyse ; elles proviennent d'une synthèse bibliographique, d'analyse de contenus stomacaux, et de données de la base de connaissance FISHBASE (Kulbicki [non publié]).

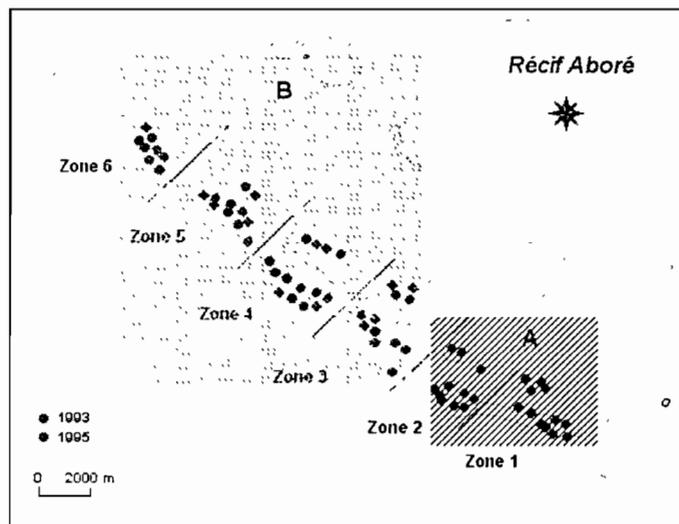


Figure 1. Protocole expérimental des observations visuelles sur le Récif Aboré. Seule la zone A a été ouverte à la pêche de 1993 à 1995.

#### 4. RESULTATS

*Analyses exploratoires.* Les localisations des stations ne coïncidant pas entre 1993 et 1995, il est impossible de comparer directement les variations d'abondance. Cependant, il est souhaitable de tenir compte de l'emplacement des stations pour évaluer l'effet de la réserve. Au delà de l'appartenance à une zone et un biotope donnés, les informations sur le substrat permettent de rapprocher les stations sous l'hypothèse que la composition locale du peuplement démerso-benthique dépend essentiellement de son environnement abiotique. Une première étape de l'analyse consiste donc à construire des groupes de stations homogènes du point de vue du peuplement sous-jacent (figure 2).

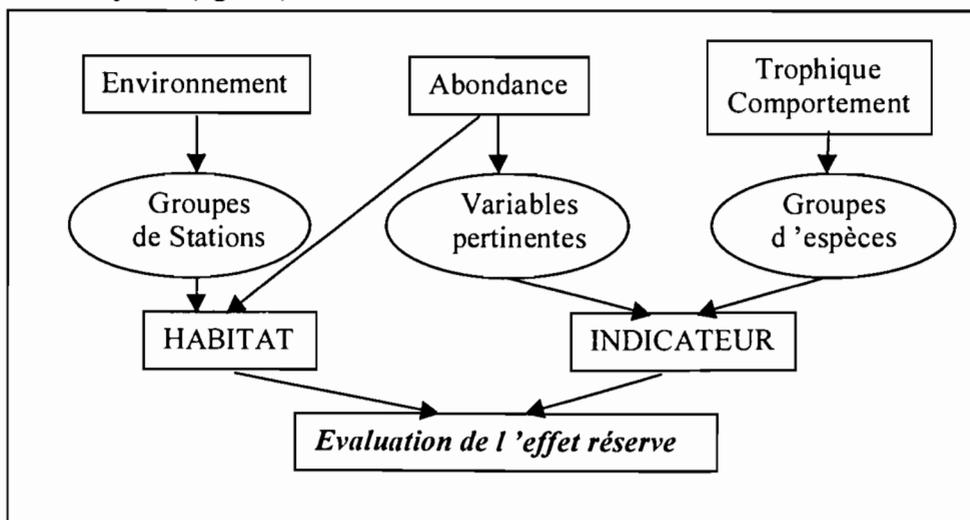


Figure 2. Chaînes de traitement de données pour la constitution des groupes d'espèces et de stations.

Cette typologie est une première approche de l'habitat des peuplements et elle doit être confirmée par des recoupements avec la présence effective des espèces aux stations, grâce aux données d'abondance. Par ailleurs, les données d'abondance se caractérisent par un nombre très élevé d'espèces (374 sur les deux années), dont la plupart sont rencontrées à une (63 espèces) ou deux, voire trois stations. Il est donc impossible d'évaluer l'effet de la réserve pour chaque espèce. Là encore, on propose de grouper les espèces sur des critères pertinents avec l'objet de l'étude, comme la mobilité, ou le positionnement dans la chaîne trophique. Par exemple, les variations de densité par groupe trophique peuvent conduire à mettre en évidence un effet de l'ouverture à la pêche sur la structure trophique du peuplement. En effet, les espèces carnivores sont plus recherchées par les pêcheurs de la région de Nouméa, et en corollaire, certaines proies de ces prédateurs pourraient être positivement affectées par l'ouverture à la pêche. Les groupes trophiques sont construits sur la base des données de régime alimentaire (figure 2). Les typologies sont réalisées grâce à des analyses factorielles suivies de classifications hiérarchiques ascendantes (Pelletier et Ferraris, 2000). Plusieurs codages (variables qualitative/quantitative) et sélection de variables et individus sont explorés. Les groupes de mobilité sont au nombre de 4 : territorial, sédentaire, mobile, très mobile, tels que définis dans (Kulbicki *et al.*, 1996).

Ces analyses multivariées permettent de dégager les facteurs structurants des jeux de données, et d'établir des variables synthétiques qui faciliteront la modélisation statistique destinée à mettre en évidence l'effet de la réserve.

*Modélisation statistique.* Dans un deuxième temps, on s'appuie sur les groupes de stations et d'espèce retenus pour évaluer l'effet de la réserve (Figure 2). Différents modèles sont construits en fonction des typologies et des variables retenues. En effet, l'effet de la réserve peut se traduire de différentes manières : abondance ou taille des individus par espèce ou groupe d'espèces, richesse spécifique, éventuellement par groupe d'espèces, disparition ou apparition d'espèces. On peut aussi envisager de mettre en évidence certaines espèces plus sensibles à cet effet. Il s'agit donc d'identifier des indicateurs de l'effet réserve à l'échelle du peuplement. Dans le cadre de cette première année, on a seulement exploré la variable abondance par groupe d'espèce. Compte tenu de la distribution empirique des données, des modèles linéaires généraux sur les données transformées en log ont donné des résultats satisfaisants.

*Application.* La typologie des stations suivant la nature du substrat et des organismes vivants présents conduit à un groupement qui ne recoupe pas complètement la zonation en biotopes (Figure 3), ce qui met en évidence l'utilité de considérer ce type d'information pour rapprocher des stations.

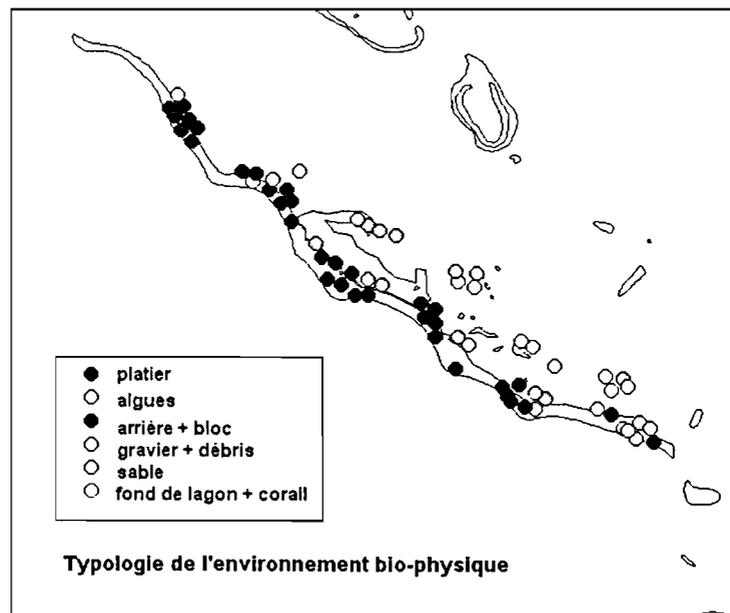


Figure 3. Typologie des stations en fonction de l'environnement bio-physique.

La typologie des espèces sur la base des régimes alimentaires conduit à 8 groupes stables : macro-carnivores, piscivores, corallivores, micro-carnivores/détritivores, herbivores, brouteurs, planctonophages (figure 4). Les mêmes groupes sont identifiés, que ce soit à partir des seules espèces trouvées à Aboré, ou en considérant l'ensemble des espèces présentes dans la base bibliographique. Cette typologie pourra donc a priori être utilisée pour d'autres sites que le récif Aboré.

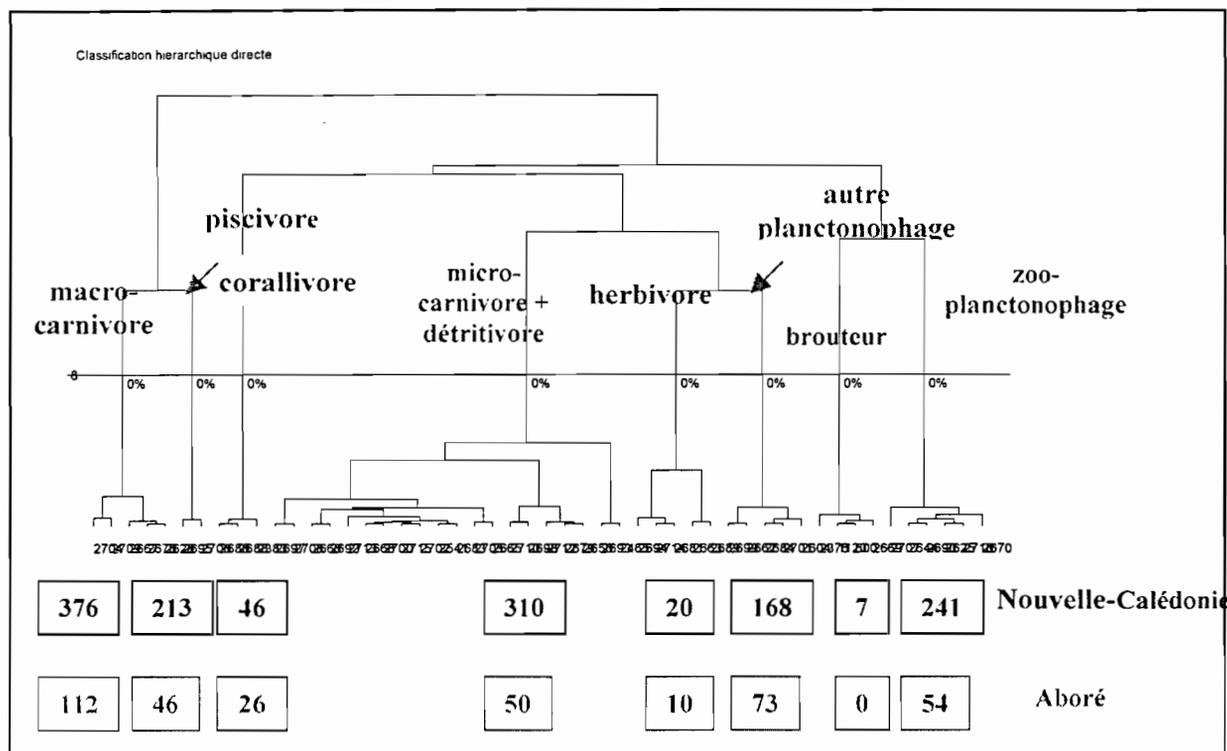


Figure 4. Résultats de la classification sur les régimes alimentaires.

En ce qui concerne la modélisation statistique, les groupes de mobilité ne conduisent pas à un ajustement correct. Par contre, le modèle linéaire à 4 facteurs habitat\*groupe trophique\*zone réserve\*année donne les résultats les plus satisfaisants, les habitats correspondant aux groupes de stations définis sur la Figure 3. L'effet réserve est clairement mis en évidence en tant qu'interaction entre les facteurs « année » et « zoneréserve », qui distinguent les zones A et B de la Figure 1 (Tableau 1). Le modèle sélectionné ne comprend que des effets d'ordre deux.

Tableau 1. Table d'analyse de la variance du modèle sélectionné à partir du modèle à 4 facteurs log(densité)-habitat\*groupe trophique\*zone réserve\*année.

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F	Pr > F
Modèle	48	981.7	20.45	27.44	0.0001
Erreur	424	316.0	0.75		
R <sup>2</sup>	0.76				
Source	ddl	Somme des Carrés de type IV	Carré moyen	F	Pr > F
zone réserve	1	9.23	9.23	12.38	0.0005
année	1	28.31	28.31	37.98	0.0001
habitat	5	11.90	2.38	3.19	0.0077
groupe trophique		593.45	98.91	132.7	0.0001
année*zone réserve		4.24	4.24	5.68	0.0176
zone réserve*habitat		6.69	1.67	2.24	0.0635
habitat*groupe trophique		66.90	2.23	2.99	0.0001

L'examen des moyennes ajustées montrent qu'il y a eu entre 1993 et 1995 une diminution des abondances à l'intérieur de la zone A, donc non imputable à l'effet de la réserve, mais que cette variation ne suffit pas à expliquer la diminution d'abondance plus marquée dans la zone B. Cet effet de la réserve apparaît indépendant des groupes trophiques et de l'habitat, bien que les effets principaux et croisés de ces deux facteurs soient très significatifs.

## 5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ces premières analyses de données confirment la possibilité d'évaluer un effet réserve à partir des données d'abondance du Récif Aboré. Cet effet semble se traduire en premier lieu par une diminution d'abondance de tous les groupes trophiques dans la zone ouverte à la pêche. Cependant, l'analyse locale doit être continuée pour évaluer les incidences sur la richesse spécifique, sur les apparitions/disparitions d'espèces, et des paramètres des populations comme la taille individuelle. De plus, il est nécessaire de trouver une procédure pour identifier d'éventuelles espèces indicatrices de l'effet réserve. Par ailleurs, la définition des habitats doit être validée par rapport aux abondances observées, car l'utilisation de la typologie actuelle présume que l'environnement bio-physique suffit à lui seul à distinguer les compositions spécifiques de chaque station. A l'échelle locale, la réflexion sur les notions d'habitat et d'indicateurs doit donc être poursuivie.

## 6. REFERENCE

- Kulbicki, M., Galzin R., Le Tourneur Y., Mou-Tham G., Sarraména S., Thollot., ., Wantiez L., & Thollot P., 1996. Les peuplements de poissons de la réserve marine du récif Aboré (Nouvelle-Calédonie) : composition spécifique, structures trophique et démographique avant l'ouverture à la pêche., Rapports scientifiques et techniques de l'ORSTOM.
- Pelletier D., & J. Ferraris, 2000. Defining fishermen exploitation tactics from the analysis of logbooks and commercial sampling data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **57**, 1-15.

<p>Cette action de recherche est cofinancée par le PNEC, l'IRD et l'IFREMER. Les données analysées ont été collectées dans le cadre d'un programme mené par le LERVEM de l'Université de la Nouvelle-Calédonie, financé par la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud de Nouvelle-Calédonie..</p>
---

Ferraris Jocelyne, Pelletier D., Kulbicki Michel (2001)

Complexité et décision dans l'analyse de l'impact de réserves marines en milieu corallien

In : Biseau A. (ed.), Blanchet Gilles (ed.), Forest A. (ed.), Gascuel D. (ed.), Laloë Francis (ed.). *Halieutique : complexité et décision*

Rennes : Association Française d'Halieumétrie, p. 117-122

Forum Halieumétrique, 5., Lorient (FRA), 2001/06/26-28.