

**REFLEXIONS DE BIOLOGISTES SUR LES « EFFETS RESERVE »  
EN PARTANT DU CAS D'ETUDE DE LA POLYNESIE FRANCAISE**

**par**

**René GALZIN <sup>1</sup>, Michel KULBICKI <sup>2</sup>, Julie PETIT <sup>1</sup> et J.WICKEL <sup>3</sup>.**

- 1- USR 2978- CNRS-EPHE, CRIOBE-Université de Perpignan, 66860 Perpignan Cedex.
- 2- IRD, UR128, Université de Perpignan, 66860 Perpignan Cedex.
- 3- Lagunia, BP526 Kaweni, 97600 Mamoud zou, Mayotte.

## AVANT PROPOS

Dans le cadre du projet GAIUS et de sa composante WP3, il avait été demandé aux biologistes de réaliser une synthèse des connaissances acquises sur ce qui est appelé « les effets réserves » et de définir les grands axes de recherche sur lesquels il conviendrait de se focaliser au sein des programmes dans les années qui viennent. Le présent rapport vise à faire un rapide tour d'horizon sur certaines des connaissances acquises dans l'Indo-Pacifique, une attention plus particulière étant portée à la Polynésie française, l'objectif étant de fournir un document de travail aux non biologistes.

Dans le chapitre I, nous aborderons un ensemble de connaissances acquises sur 3 des aires marines protégées sélectionnées dans le programme Gaius. Il s'agira des Aires Marines Protégées de Polynésie française, Nouvelle Calédonie et Réunion qui font partie avec trois autres Aires Marines Protégées localisées en Méditerranée des 6 AMP sélectionnées pour être étudiées par le programme GAIUS. Deux rapports seront à la base de ce travail.

- un rapport qui a été financé par l'IFRECOR dans le cadre de l'objectif 4 « Etudier et évaluer l'effet réserve » du thème d'intérêt transversal « Aires Marines Protégées » et qui est disponible sur le net. *Wickel J., 2008- L'effet réserve en milieu marin tropical. Synthèse des connaissances internationales et bilan des suivis écologiques effectués sur les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Rapport Ifreco : 98 pages.*
- Une synthèse bibliographique qui a été rédigée par Julie Petit, Assistante ingénieur du CRIOBE, dans le cadre d'un travail contractualisé par le World Fish Center pour la composante 2D du programme CRISP ([www.crisponline.com](http://www.crisponline.com)). Elle fournit une vue d'ensemble des études menées sur les Aires Marines Protégées en Polynésie française permettant ainsi d'améliorer l'accès à la littérature réalisée à partir de ces études (150 travaux sont analysés et 150 résumés sont fournis). *Petit J., 2009- Sites, mise en oeuvre et impacts des AMP en Polynésie française. Rapport CRISP : 111 pages*

Le chapitre II s'intéressera au PGEM (Plan de Gestion de l'Environnement Marin) de Moorea, car cet exemple illustre la genèse d'un programme d'AMP et les relations entre scientifiques et gouvernance. En particulier nous tenterons de montrer comment les scientifiques sont intervenus dans la construction conceptuelle de ce PGEM.

Enfin, suite à ces trois cas d'études et dans le chapitre III, nous essayerons de mettre en exergue quelques grandes questions qui peuvent, pourraient, auraient pu constituer la trame majeure de nos réflexions biologistes sur ce thème de la gouvernance des AMP.

# SOMMAIRE

Introduction .....	2
Chapitre I : Bilan des connaissances acquises .....	4
A- Généralités sur l'effet réserve en milieu marin .....	4
B- Le suivi de l'effet réserve dans les récifs coralliens protégés de l'OM français .....	7
1- Les AMP de la Réunion .....	7
2- Les AMP de Nouvelle Calédonie.....	9
a- Réalisation d'états initiaux de l'environnement marin dans les AMP	
b- Etude spécifique de l'effet réserve	
c- Etude de l'état de santé des récifs dans les AMP de Nouvelle Calédonie	
d- Observations sur les suivis pratiqués	
d1- Réalisation de ces suivis	
d2- Pertinence des suivis	
d21- Mise en évidence de l'effet réserve par les suivis spécifiques	
d22- Mise en évidence de l'effet réserve par les suivis récif	
e- Conclusions sur l'étude de l'effet réserve en Nouvelle Calédonie	
3- Les AMP de Polynésie française.....	15
a. Classement des AMP	
b. Objectifs de gestion et catégories des espaces protégés	
c. L'étude de l'effet réserve des AMPs de Polynésie française	
d. Conclusions sur l'étude de l'effet réserve en Polynésie française	
C- Bilan .....	21
1- Les suivis écologiques réalisés.....	21
2- Les paramètres utilisés dans les suivis .....	21
3- Les indicateurs relevés .....	21
4- Conclusions et perspectives .....	22
a. Synthèse bibliographique	
b. Bilan des suivis visant à évaluer l'effet réserve	
c. Lacunes constatées dans l'évaluation de l'effet réserve des AMP	
Chapitre II : Contribution du CRIOBE a la naissance du PGEM.....	24
A- Les connaissances des scientifiques dans les années 1990 .....	24
B- Proposition de la première carte dite des scientifiques .....	25
C- Genèse du PGEM.....	26
D- Le protocole proposé pour le suivi.....	28
1- Principe de surveillance proposé.....	
2- Cahier des charges .....	28
3- Localisation des stations .....	33
4- Méthodes d'échantillonnage .....	29

a- Méthodes	
b- Suivi de la couverture du substrat	
c- Suivi des invertébrés	
d- Suivi des poissons	
5- Organisation du suivi .....	32
Chapitre III : Quelques grandes questions .....	33
Références bibliographiques .....	36

Le concept d'«Aire Marine Protégée » (AMP) s'est développé à partir des années 1970 afin d'ajouter à la protection des espaces et des espèces des réserves marines, un rôle de gestion. L'élaboration des AMP s'est progressivement imposée aux gestionnaires pour la relative simplicité de ce mode de gestion et leurs résultats prometteurs (Roberts et Polunin, 1992; Thollot, 1999). En 2005 on dénombrait 5 127 aires marines protégées à travers le monde (Lefebvre, 2005). Après 40 années de développement dont des travaux surtout condensés dans la dernière décennie, qu'en est-il de leur efficacité (Russ, 2002 ; Halpern, 2003) ?

Pour effectuer ce bilan nous utiliserons deux travaux.

\* un travail financé par l'IFRECOR dans le cadre de l'objectif 4 « Etudier et évaluer l'effet réserve » du thème d'intérêt transversal « Aires Marines Protégées » et qui est disponible sur internet.

*Wickel J. , 2008- L'effet réserve en milieu marin tropical. Synthèse des connaissances internationales et bilan des suivis écologiques effectués sur les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Rapport Ifreco : 98 pages.*

Le travail de Wickel a été organisé en deux étapes :

- Réaliser une synthèse bibliographique de l'effet réserve en milieu marin tropical, avec recensement des différentes modifications d'ordre écologique qui résultent de la mise sous protection d'une aire marine.
- Inventorier les actions réalisées par les partenaires du réseau IFRECOR autour de cette thématique. Dans cet inventaire nous ne garderons que les 3 sites Outre-Mer français retenus dans le programme GAIUS (Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Réunion).

\*\* Une synthèse bibliographique qui a été rédigée par Julie Petit, Assistante ingénieur du CRIOBE, dans le cadre d'un travail contractualisé par le World Fish Center pour la composante 2D du programme CRISP ([www.crisponline.com](http://www.crisponline.com)). Elle fournit une vue d'ensemble des études menées sur les Aires Marines Protégées en Polynésie française permettant ainsi d'améliorer l'accès à la littérature réalisée à partir de ces études (150 travaux sont analysés et 150 résumés sont fournis). *Petit J. ; 2009- Sites, mise en oeuvre et impacts des AMP en Polynésie française. Rapport CRISP : 111 pages*

## **A- L'EFFET RESERVE EN MILIEU MARIN**

L'*effet réserve* en milieu marin peut se définir comme l'ensemble des incidences positives et négatives qu'engendre la mise sous protection réglementaire d'un espace maritime. Ces impacts peuvent être d'ordre écologique (modifications de l'écosystème), économique (effets sur les pêcheries locales, les activités de loisir et de tourisme, coûts de la mise en place et de la gestion de l'AMP ...) ou social (réduction des conflits entre les groupes d'usagers, participation communautaire à la gestion du milieu marin ...).

Les impacts des AMP sur le milieu marin sont complexes et restent source de controverses scientifiques. En effet, si le concept théorique de l'AMP prédit de nombreux bénéfices pour les peuplements marins, la démonstration empirique de ce concept est très délicate, tant les écosystèmes marins et les espèces qui y vivent sont fondamentalement imprévisibles (Gell et Roberts, 2003). L'effet réserve englobe plusieurs modifications des caractéristiques structurelles et fonctionnelles du milieu, qui peuvent être regroupées en trois catégories (Wickel, 2008).

### 1- Les effets bénéfiques provoqués à l'intérieur des AMP

- a- Effets sur les populations et les communautés

a1- Effet refuge

Variation de l'abondance des organismes (effets concentration et bordure)  
Augmentation de la biodiversité  
Réhabilitation des structures d'âge et de taille  
Augmentation de la biomasse  
Amélioration de la reproduction  
Augmentation de l'abondance des adultes reproducteurs  
Rééquilibrage du sex-ratio  
Protection des zones de reproduction

a2- Effet Tampon

a3- Effet Cascade

a4- Effet sur la modification des comportements

b- Effets sur l'habitat

b1- La protection des habitats essentiels

b2- La réoccupation des zones désertées

2- Les effets bénéfiques provoqués à l'extérieur des AMP

a- L'émigration des adultes et juvéniles

b- L'augmentation du recrutement larvaire

3- Les effets négatifs des AMP

a- L'augmentation de la pression de pêche sur les zones voisines de l'AMP

b- Les effets nuisibles dus aux usages de non exploitation

b1- L'impact des ancrs de bateaux sur le substrat

b2- L'effet plongeur

b3- Le piétinement du corail et des herbiers

Une littérature importante est consacrée à ces différents effets, littérature dont quelques références sont données dans le tableau 1, page suivante. Nous reproduisons maintenant la synthèse établie par Wickel, 2008 de cette littérature.

« L'analyse de la littérature scientifique concernant l'évaluation des effets réserves en milieu corallien fait apparaître le décalage important des études réalisées entre les différentes disciplines (Pelletier et al., 2004). L'approche écologique est de loin la plus étudiée, devant l'analyse des impacts économiques puis des impacts sociaux (Talbot, 1994; Hoagland et al., 1995; Farrow, 1996). D'après Pelletier et al. (2004), sur 94 références d'études empiriques listant plus de 20 effets d'ordre écologiques à l'intérieur et à l'extérieur des AMP existantes, il ressort que la plupart des études sur l'effet réserve des AMP se focalisent sur :

- l'effet des AMP à l'échelle des populations (131 références)
- l'effet des AMP à l'échelle des communautés (60 références)
- l'effet des AMP sur les habitats (10 références).

Les avantages procurés par les AMP se retrouveraient dans les zones protégées, mais également à leur périphérie (Russ, 2002):

- A l'intérieur des AMP, l'effet réserve permet un rétablissement et un maintien :
  - des peuplements marins : Augmentation de l'abondance, de la biomasse, de la taille, de la diversité et de la production d'œufs et de larves des organismes marins. Une synthèse d'études (Halpern et al., 2003) portant sur plus d'une centaine de réserves dans le monde entier confirme que l'interdiction de la pêche dans ces zones a pour conséquence une augmentation rapide de la biomasse, de l'abondance et de la taille moyenne des espèces précédemment exploitées et une

augmentation de la richesse spécifique globale. En général, la taille moyenne des espèces exploitées augmente d'environ 30%, la biomasse de 250% et la richesse spécifique de 30% (Roberts and Hawkins, 2000 ; in Hubert and McGregor, SPREP, 2001).

- des fonctions de l'écosystème : protection des stades vulnérables des espèces et des habitats critiques (zones de reproduction, nurseries, aires d'alimentation ...) ; augmentation de la résilience de l'écosystème face aux perturbations tels que cyclones, infestations d'*Acanthaster*, épisodes de blanchissement corallien (Williams et al., 2001 ; Hughes et al., 2001 ; West et Salm, 2003).
- A l'extérieur des AMP, l'effet réserve conduit à une augmentation des organismes marins par exportation d'œufs, larves et adultes vers les zones de pêche, ce qui profite à la pêche en périphérie des AMP (livret WWF « Réserves marines, protégeons l'avenir des océans » et CBD Technical series 13). Nous pouvons également noter (Kulbicki et al., 2005) une modification de la structure des peuplements à l'extérieur des AMP. Cette fonction de source de larves et d'adultes repeuplant les stocks en dehors de l'AMP est toutefois très discutée (Roberts et Polunin, 1991; Bohnsack, 1996; Roberts, 1998; Polunin, 2002; Russ, 2002; Gell et Roberts, 2003; Halpern, 2003).

La mise en place d'AMP provoquerait également quelques effets négatifs, qui interviennent assez rapidement après le classement en AMP et qui sont perceptibles avant les effets positifs : augmentation de la pression de pêche dans les zones restées ouvertes, et augmentation des activités de loisirs dans l'AMP, donc de leurs nuisances (impact des ancrs, piétinement du corail et des herbiers, effet « plongeur »).

En pratique, si les grandes lignes de ces concepts sont souvent vérifiées, les bénéfiques ne peuvent être démontrés de façon systématique car (i) la mise en réserve d'un écosystème marin peut avoir des effets totalement différents selon les espèces (Francour, 1993; Holland, 2000, Ferraris et al., 2003 ; Kulbicki et al., 2006) ou les milieux considérés (Francour, 1993) et (ii) plusieurs auteurs publient des résultats contradictoires à ces effets théoriques (Hatcher et al., 1989; Polunin, 1990; Roberts et Polunin, 1992). L'analyse du SPREP (South Pacific Regional Environment Program) montre que sur 1 000 AMP analysées, seules 28 d'entre elles ont montré des bénéfiques écologiques évalués scientifiquement (Crowder et al., 2000 in Huber et al., 2000).

**Tableau 1** : Quelques références bibliographiques des travaux scientifiques sur l'effet écologique des AMP. Wikel J., 2008- L'effet réserve en milieu marin tropical. Synthèse des connaissances internationales et bilan des suivis écologiques effectués sur les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Rapport Ifreco : 98 pages

EFFETS SUR L'ECOSYSTEME		REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
<b>EFFETS POSITIFS</b>		
<b>EFFET REFUGE</b>	Variations d'abondance des organismes	<i>Goedert, 1982 ; Randall, 1982 ; Bell, 1983 ; Russ, 1985 ; White, 1986 ; Alcalá, 1988 ; Kenchington, 1988 ; McClanahan et Muthiga, 1988 ; Buxton et Smaile, 1989 ; Castilla et Bustamante, 1989 ; Russ et Alcalá, 1989, 1996b, 1998a, 1998b, 1999 ; Cole et al., 1990 ; Garcia-Rubies et Zabala, 1990 ; Yamasaki et Kawahara, 1990 ; Bennett and Atwood, 1991 ; Bohmck, 1996 ; Bohmck et al., 1992 ; Roberts et Polunin, 1991, 1992 ; Armstrong et al., 1993 ; Buxton, 1993 ; Bayle-Sempere et Ramos-espala, 1993 ; Dugan et Davis, 1993 ; Francour, 1993, 1994 ; Holland et al., 1993 ; Polunin et Roberts, 1993 ; McClanahan, 1994 ; Rowley, 1994 ; Dufour et al., 1995 ; Harmelin et al., 1995 ; Jennings et al., 1995 ; Man et al., 1995 ; Jennings et al., 1996 ; Letourneur, 1996 ; McClanahan et Kamilo-Arara, 1996 ; Rakiin et Kramer, 1996 ; Stoner et Ray, 1996 ; Watson et al., 1996 ; Francour et al., 1997 ; Luffinger, 1997 ; Roberts et Hawkins, 1997 ; Shika et al., 1997 ; Smith et al., 1997 ; Watson et al., 1997 ; Wantiez et al., 1997 ; Bohmck, 1998 ; Ciriaso et al., 1998 ; Engel et Krtek, 1998 ; Garcia, 1998 ; Idochong et Graham, 1998 ; Jennings, 1998 ; Robertson, 1998 ; Arias-Gonzalez et al., 1999 ; Babcock et al., 1999 ; Chapman et Kramer, 1999 ; Edgar et Barrett, 1999 ; Epstein et al., 1999 ; Johnson et al., 1999 ; La Mesa et Vercchi, 1999 ; McClanahan et al., 1999, 2001 ; Miller et Willis, 1999 ; Thollot, 1999 ; Wallace, 1999 ; Chiappone et Scaley, 2000 ; Francour, 2000 ; Halpern, 2003 ; Kelly et al., 2000 ; McClanahan, 2000 ; Morquissin et al., 2000 ; Paddock et Estes, 2000 ; Tuya et al., 2000 ; Côté et al., 2001 ; De Meyer et al., 2001 ; Jouvencel et Pollard, 2001 ; Roberts et al., 2001 ; Willis et al., 2001 ; Acosta et Robertson, 2002 ; Dalry et al., 2002 ; Gerber et al., 2002 ; Heinemann et Evans, 2002 ; Marphorion et al., 2002 ; Rowe, 2002 ; Shears et Babcock, 2002, 2003 ; Graham et al., 2003 ; Western et al., 2003 ; Denny et Babcock, 2004 ; Garcia-Charion et al., 2004.</i>
	Augmentation de la biodiversité	<i>Bell, 1983 ; Russ, 1985 ; Russ et Alcalá, 1989, 1998b ; Cole et al., 1999 ; Garcia-Rubies et Zabala, 1990 ; Chevret et al., 1991 ; Roberts et Polunin, 1992 ; McClanahan, 1994 ; Dufour et al., 1995 ; Harmelin et al., 1995 ; Jennings et al., 1995 ; Letourneur, 1996 ; Rakiin et Kramer, 1996 ; Watson et al., 1996 ; Barnabe et Barnabe, 1997 ; Edgar et Barrett, 1997 ; Francour et al., 1997 ; Luffinger, 1997 ; Nowlis et Roberts, 1997 ; Roberts et Hawkins, 1997 ; Wantiez et al., 1997 ; Arias-Gonzalez, 1998 ; Garcia, 1998 ; Jennings, 1998 ; Roberts, 1998 ; Edgar et Barrett, 1999 ; Johnson et al., 1999 ; La Mesa et Vercchi, 1999 ; McClanahan et al., 1999 ; Francour, 2000 ; Côté et al., 2001 ; Lubchenco et Warner, 2001 ; Heinemann et Evans, 2002 ; Marphorion et al., 2002 ; Denny et Babcock, 2004 ; Dufour et al., 2006.</i>
	Réhabilitation des structures d'âge et de taille. Augmentation de la biomasse totale	<i>Davis, 1977 ; Russ, 1985 ; Buxton et Smaile, 1989 ; Russ et Alcalá, 1989, 1996a, 1996b, 1998a, 1998b, 1999 ; Cole et al., 1990 ; PDI, 1990 ; Yamasaki et Kawahara, 1990 ; Bennett et Atwood, 1991 ; Roberts et Polunin, 1991 ; Russ, 1991 ; Russ et al., 1992 ; Armstrong et al., 1993 ; Buxton, 1993 ; Dugan et Davis, 1993 ; Polunin et Roberts, 1993 ; Francour, 1994 ; Rowley, 1994 ; Wantiez et Thollot, 1994 ; Dufour et al., 1995 ; Ferreira et Russ, 1995 ; Garcia-rubies et Zabala, 1995 ; Jennings et al., 1995 ; Harmelin et al., 1995 ; Man et al., 1995 ; Bohmck, 1996 ; Letourneur, 1996 ; McClanahan et Kamilo-Arara, 1996 ; Rakiin et Kramer, 1996 ; Barnabe et Barnabe, 1997 ; Edgar et Barrett, 1997 ; Roberts et Hawkins, 1997 ; Shika et al., 1997 ; Wantiez et al., 1997 ; Watson et al., 1997 ; Jennings, 1998 ; Piet et Rijnsdorp, 1998 ; Roberts, 1998 ; Arias-Gonzalez et al., 1999 ; Babcock et al., 1999 ; Chapman et Kramer, 1999 ; Edgar et Barrett, 1999 ; Epstein et al., 1999 ; Johnson et al., 1999 ; La Mesa et Vercchi, 1999 ; Thollot, 1999 ; Wallace, 1999 ; Chiappone et Scaley, 2000 ; Chiappone et al., 2000 ; Francour, 2000 ; Kelly et al., 2000 ; McClanahan, 2000 ; Paddock et Estes, 2000 ; Roberts et Hawkins, 2000 ; Tuya et al., 2000 ; Côté et al., 2001 ; Jouvencel et Pollard, 2001 ; Willis, 2001 ; Halpern, 2003 ; Acosta et Robertson, 2002 ; Gerber et al., 2002 ; Heinemann et Evans, 2002 ; Béné et Teyfik, 2003 ; Western et al., 2003 ; Willis et al., 2003a ; Denny et Babcock, 2004.</i>
	Amélioration de la reproduction	<i>Buxton, 1993a ; Dugan et Davis, 1993 ; Bohmck et Ault, 1996 ; Stoner et Ray, 1996 ; Barnabe et Barnabe, 1997 ; Wantiez et al., 1997 ; Ciriaso et al., 1998 ; Robert, 1998 ; Edgar et Barrett, 1999 ; Chiappone et Scaley, 2000 ; Kelly et al., 2000 ; Valles et al., 2001 ; Acosta et Robertson, 2002 ; Rowe, 2002 ; Russ et al., 1992 ; Béné et Teyfik, 2003.</i>
<b>EFFET TAMPON</b>	<i>Munro et al., 1987 ; Russ et Alcalá, 1989 ; Francour, 1993 ; Barnabe et Barnabe, 1997 ; Francour et al., 1997 ; Francour, 1992, 1993, 1994, 2000.</i>	
<b>EFFET CASCADE</b>	<i>Russ et Alcalá, 1988a ; McClanahan et Muthiga, 1988 ; Castilla et Bustamante, 1989 ; Cole et al., 1990 ; Letourneur, 1996 ; Barnabe et Barnabe, 1997 ; Engel et Krtek, 1998 ; Babcock et al., 1999 ; Edgar et Barrett, 1997, 1999 ; Epstein et al., 1999 ; McClanahan, 2000 ; McClanahan et al., 1999, 2001 ; Pinnegar et al., 2000 ; Paddock et Estes, 2000 ; Tuya et al., 2000 ; Côté et al., 2001 ; Dalry et al., 2002 ; Shears et Babcock, 2002 ; Western et al., 2003.</i>	
<b>MODIFICATION COMPORTEMENT</b>	<i>Russ, 1991 ; Wantiez et al., 1997 ; Walls, 1998.</i>	
<b>EFFETS SUR L'HABITAT</b>	<i>Barnabe et Barnabe, 1997 ; Robert, 1998 ; Francour et al., 1997.</i>	
<b>EXPORTATION DE BIOMASSE VERS LES ZNP</b>	<i>Russ et Alcalá, 1989, 1996a, 1999 ; Alcalá &amp; Russ, 1990 Polacheck, 1990 ; Roberts et Polunin, 1991 ; White et Calumpoog, 1992 ; Carr et Reed, 1993 ; Demartini, 1993 ; McClanahan, 1994 ; Holland et al., 1996 ; Rakiin et Kramer, 1996 ; Appeldoorn, 1997 ; Corlies et al., 1997 ; Francour et al., 1997 ; Luffinger, 1997 ; Shika et al., 1997 ; Wantiez et al., 1997 ; Watson et al., 1997 ; Jennings, 1998 ; Zeller et Russ, 1998 ; Chapman et Kramer, 1999, 2000 ; Kramer et Chapman, 1999 ; Francour, 2000 ; McClanahan et Maggi, 2000 ; Côté et al., 2001 ; Ertisbee &amp; Ovensford, 2001 ; Valles et al., 2001 ; Acosta et Robertson, 2002 ; Gerber et al., 2002 ; Heinemann et Evans, 2002 ; Hilborn, 2002 ; Hixon, 2002.</i>	
<b>EFFETS NEGATIFS</b>		
<b>AUGMENTATION DE LA PRESSION DE PECHE A L'EXTERIEUR DE L'AMP</b>	<i>Russ et al., 1993 ; Nowlis et Roberts, 1997.</i>	
<b>IMPACT DES ANCRIS</b>	<i>Rouphael et Inglis, 2001 ; Truelser et Austin, 2001 ; Milazzo et al., 2002 ; Zakai et Chadwick-Furman, 2002.</i>	
<b>EFFET PONGEUR</b>	<i>Neil, 1990 ; Riegel et Velimirov, 1991 ; Sala et al., 1992 ; Capella, 1996 ; Engel et Krtek, 1998 ; Walls, 1998 ; Russ et Alcalá, 1999 ; Epstein et al., 1999.</i>	

## **B- LE SUIVI DE L'EFFET RESERVE DANS LES RECIFS CORALLIENS PROTEGES DE L'OUTRE-MER FRANÇAIS**

### **. 1. LES AMP DE LA REUNION**

A La Réunion, il existe depuis peu (2007) une seule AMP, dénommée « réserve naturelle marine de la Réunion ». Cette AMP regroupe plusieurs zones côtières non continues, sur un linéaire total de 44 km dont environ 20 km de récifs coralliens. Les récifs coralliens de l'île (repris d'ailleurs dans cette nouvelle AMP) sont néanmoins protégés par des réglementations locales (arrêtés préfectoraux) depuis plus de 30 ans (1976). Aucun gestionnaire n'a pour l'instant été officiellement identifié même si l'Association Parc Marin de la Réunion est pressentie. *In fine* c'est le GIP (groupement d'intérêts publics) qui a été retenu. (Le gestionnaire désigné= GIP).

La réserve naturelle nationale de la Réunion a fait l'objet d'une caractérisation très détaillée de l'état initial du milieu marin (Bruggemann et al., 2005). Ce point 0 n'a pas porté sur l'ensemble des sites de l'AMP, puisqu'il n'a été réalisé pour l'instant que sur deux des quatre sites classés. Un protocole de suivi biologique de l'effet réserve a été établi spécialement pour ce point 0, et a concerné les peuplements benthiques et les peuplements de poissons. Il semblerait que ce protocole devrait être allégé pour un programme de suivi. Le suivi de l'état de santé des récifs de la Réunion se pratique dans l'AMP (antérieur à la réserve), sur 7 stations selon la méthode des transects GCRMN et sur 3 stations selon la méthode Reef Check.

Tableau 2: Aires Marines Protégées de La Réunion . \_Wikel J., 2008- L'effet réserve en milieu marin tropical. Synthèse des connaissances internationales et bilan des suivis écologiques effectués sur les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Rapport Ifreco : 98 pages

NOM	DATE DE CREATION	SUPERFICIE TOTALE (ha) (marine + terrestre)	HABITATS MARINS REPRESENTES	STATUT	GESTIONNAIRE
Réserve naturelle marine de La Réunion	2007	3500	biosphériques	Réserve naturelle nationale	A venir

Tableau 3 : Synthèse des suivis écologiques réalisés dans les AMP de La Réunion Wikel J., 2008- L'effet réserve en milieu marin tropical. Synthèse des connaissances internationales et bilan des suivis écologiques effectués sur les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Rapport Ifreco : 98 pages

AMP de LA REUNION		Réserve naturelle marine de La Réunion	
Point 0	réalisation d'un état initial	oui	
	Méthode	transects et parcours aléatoires chronométrés	photographie numérique sur transects
	Nb sites	12	
	Peuplements Descripteurs Indicateurs Intervenants	poissons RS, DS, Ab, biomasse ECOMAR, MNHN, CRPMEM, APMR, Aquarium de la Réunion	benthos taux de recouvrement
Suivi spécifique de "l'effet réserve"	réalisation d'un suivi "ER"	prévu	
	Fréquence du suivi	tous les 2 à 3 ans	
	Méthode	-	
	Nb sites	*	
Suivi de l'environnement marin dans l'AMP	réalisation d'un suivi	suivi récif Reef Check (2003)	
	Fréquence du suivi	annuelle	
	Méthode	transects GCRMN	transects Reef Check
	Nb sites	7 (14 stations)	3
Suivi de l'environnement marin dans l'AMP	Peuplements Descripteurs	poissons bio-indicateurs (14 sp)	poissons bio-indicateurs
	Indicateurs	macro-inv. + benthos	macro-invertébrés
	Intervenants	RS, Ab, biomasse	RS, abondance
		taux de recouvrement, recrutement	densité
		ARVAM, APMR	bénévoles encadrés (ARVAM)

## 2. LES AMP DE NOUVELLE CALEDONIE

Dans le travail de Wickel (2008), 14 AMP sont prises en compte en Nouvelle-Calédonie. Il s'agit donc de la collectivité d'Outre-mer française possédant le plus grand nombre d'AMP. La réserve « Yves Merlet » est la plus ancienne des AMP de Nouvelle-Calédonie mais aussi la plus ancienne des AMP de l'outre-mer Français, puisqu'elle compte à ce jour presque 40 ans d'existence. Cette AMP est la seule de NC à posséder le statut de réserve intégrale marine, toutes les autres AMP ayant le statut de réserve spéciale marine (statut spécifique à la NC).

La gestion de l'environnement en NC étant de compétence provinciale (Domaine Public Maritime, sauf ZEE, qui est de la compétence du gouvernement de la NC), toutes les AMP Calédoniennes sont gérées par les services administratifs (Direction de l'environnement/Service de la mer/Bureau de la protection du lagon) de la province concernée (13 AMP en province Sud ; 1 seule AMP en province Nord, aucune AMP dans la province des îles). Il existe également un projet de classement d'une nouvelle AMP en province Nord, celle du « Mont Panié ». Enfin depuis juillet 2007 le Grand Lagon Calédonien est classé au patrimoine mondial de l'humanité. Les sites de « Sèche-croissant » et de « l'île aux Goélands » ne seront pas considérés comme des AMP et ne seront donc pas mentionnés, pour des raisons évidentes de contexte écologique très particulier (milieu terrestre uniquement). Il convient de noter qu'il existe en Nouvelle Calédonie un certain nombre de réserves informelles, souvent dénommées « aires taboues » et qui sont issues de la gestion traditionnelle de l'espace marin par les tribus mélanésiennes.

### a-Réalisation d'états initiaux de l'environnement marin dans les AMP

Pour la plupart des AMP, il n'y a pas eu d'état de référence du milieu marin avant la mise sous protection. La création a été spontanée, sans élaboration d'un véritable plan de gestion cadre (Mazzeo, comm. pers.). La seule AMP ayant bénéficié d'un point 0 avant son classement est la réserve de Ouano La Foa. Cet état de référence (38 stations échantillonnées) a été réalisé lors de 3 campagnes (2004, 2005 et 2006), avant la création de l'AMP (en fait, avant la mise en place d'une équipe de surveillance, donc avant le début de la protection effective). Les peuplements descripteurs choisis ont été :

- Les poissons : toutes les espèces de poissons récifaux ont été recensées par comptages visuels directs en utilisant la méthode des points fixes. 3 points fixes sont réalisés à chaque station (platier, haut du tombant, bas du tombant).
- Les macro-invertébrés : quelques espèces-cibles sont comptabilisées le long de couloirs (« belt-transect ») de 25x5 m. A chaque station, 3 comptages sont effectués.
- L'habitat : fractionnés en plusieurs catégories, les différents substrats sont mesurés en % de recouvrement par la méthode de la LIT (Line Intercept Transect), le transect étant placé parallèlement à la pente externe, à une profondeur constante, de façon à avoir une progression constante des habitats. A chaque station 3 comptages sont effectués (platier, haut du tombant, bas du tombant).

Par ailleurs, certaines données sont disponibles pour des AMP des îlots du parc du lagon Sud : Amédée, Signal, Larégnère, Maître, Bailly. Ces données dont l'objectif n'était pas spécialement de réaliser un état des lieux avant l'interdiction de pêche proviennent de relevés antérieurs à la création des AMP. Les stations auxquelles il est fait référence n'étaient pas prévues pour établir un état des lieux «avant AMP » puisqu'à l'époque où ces relevés ont été effectués il n'était pas question d'AMP nouvelles (Kulbicki, comm. pers.). Toutefois ces données constituent un état de référence des communautés de poissons commerciaux (et d'espèces caractéristiques) pour 5 AMP, ce qui représente

un total de 16 stations, sur lesquelles ont eu lieu entre 1985 et 1990 des comptages visuels directs par la méthode du « distance-sampling » sur transects de 50m (Wantiez et al., 1997).

Il existe également des données antérieures à la création de plusieurs des AMP citées précédemment, en particulier pour la baie de Prony, la pointe Kuendu, le récif Ricaudy et Sèche-croissant (données IRD, non communiquées). Là encore, ces données ont été acquises en dehors d'une logique de mise en évidence d'un effet réserve comme premier objectif. Pour cette raison, les données acquises sur ces AMP ne sont pas considérées dans ce travail comme un « point 0 ».

#### b- Etude spécifique de l'effet réserve

Les AMP du parc du lagon Sud, ou parc du grand Nouméa, sont les seules sur lesquelles soit pratiqué actuellement un réel suivi de l'effet réserve. Sur ces AMP, 3 types de suivis ont été réalisés : un suivi régulier depuis 1990, un suivi sur le récif Aboré en 1993, 1995 et 2001, et une étude ponctuelle sur l'îlot Larégnère en 2003.

- Un suivi réalisé tous les 4 ans sur les 6 AMP du parc depuis 1990 : Amédée, Signal, Larégnère, Maître, Bailly et l'îlot Canard. Ce suivi a débuté en 1990, puis les relevés ont été répétés en 1994, 1998, 2002 et 2006. Les relevés concernent 3 peuplements descripteurs et sont actuellement effectués sur 24 stations.
  - Les poissons : ils sont échantillonnés selon la méthode du « distance-sampling » réalisée le long d'un transect de 50 m positionné sur le tiers inférieur du tombant. Toutes les espèces sont prises en compte, et les indicateurs mesurés sont la richesse spécifique, la densité et la biomasse (la distribution des tailles fait aussi partie des indicateurs possibles).
  - Les macro-invertébrés : quelques espèces-cibles sont comptabilisées dans un couloir (méthode du « belt-transect ») de 50x5 m.
  - L'habitat : fractionnés en plusieurs catégories, les différents substrats sont mesurés en % de recouvrement par la méthode de la LIT (Line Intercept Transect) sur 50m de longueur.
- Un suivi réalisé en 1993, 1995 et 2001 sur l'AMP du récif Aboré, visant à mettre en évidence l'impact des ouvertures et fermetures à la pêche sur les communautés de poissons commerciaux. Créée en 1981, la réserve fut partiellement ré-ouverte à la pêche entre 1993 et 1995, puis entièrement remise sous un statut de protection depuis. L'objectif de cette étude est de comprendre les conséquences sur des composantes diverses de l'assemblage ichthyologique (comme les espèces cibles de la pêche sous-marine) de l'ouverture à la pêche, ainsi que les effets de la protection après 1995. Des comptages visuels sous-marins ont été réalisés avant (1993) et après la réouverture à la pêche (1995) puis six années après la fermeture (2001). Toutes les espèces d'intérêt halieutique (env. 270) furent recensées et le type d'habitat fut enregistré sur 305 transects répartis dans 6 zones d'échantillonnage. L'échantillonnage s'est effectué sur des stations qui ont été ouvertes à la pêche (donc des anciennes AMP) et des stations qui sont restées fermées, permettant ainsi une comparaison de l'évolution des peuplements indépendamment du statut de protection.
- Une étude ponctuelle réalisée en 2003 sur l'îlot Larégnère. L'objectif de cette étude était de comparer la structure des communautés de poissons coralliens d'intérêt commercial entre une réserve marine (îlot Larégnère) et deux zones non protégées voisines (récif Crouy et récif Larégnère) du parc du lagon Sud. Trois récifs ont donc été comparés. Le plan d'échantillonnage prévoyait 12 stations par récif, avec à chaque station 3 sites différents (platier, haut du tombant et bas du tombant). Les poissons commerciaux et les Chaetodontidae (poissons papillons) ont été recensés selon la méthode des points fixes, et le plongeur compte les individus, note l'espèce et estime sa taille (biomasse).

Tableau 4 : Aires Marines Protégées de Nouvelle Calédonie\_Wikel J., 2008- L'effet réserve en milieu marin tropical. Synthèse des connaissances internationales et bilan des suivis écologiques effectués sur les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Rapport Ifreco : 98 pages

NOM	DATE DE CREATION	SUPERFICIE TOTALE (ha) (marine + terrestre)	HABITATS MARINS REPRESENTES	STATUT	GESTIONNAIRE
Ilot Amédée, récif Aboré, passe de Dumbéa	1981	15532	récifs d'îlots, passes récifales, récif barrière	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Ilot signal	1989	246	récif d'îlot lagonaire	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Ilot Larégnère	1989	665	récif d'îlot lagonaire	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Ilot maître	1981	628	récif d'îlot lagonaire	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
NOM	DATE DE CREATION	SUPERFICIE TOTALE (ha) (marine + terrestre)	HABITATS MARINS REPRESENTES	STATUT	GESTIONNAIRE
Ile aux Canards, récif Ricoudy	1989	191	récif d'îlot lagonaire et récif frangeant	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Ile Bailly	1989	216	récif d'îlot proche de la côte, mangrove	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Pointe Kuendu	1998	39	récif frangeant	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Réserve de Humboldt	1996	13	épave sur fonds lagonaire	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Ilot Ténia	1998	1021	mots de bord de passe, récif internes et barrière associés	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Bourail	1993	2330	plage, récif frangeant, récif d'îlot lagonaire, tombant rocheux	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Baie de Prony	1993	1153	récif d'îlot lagonaire, fonds de baie, construction naturelle hydrothermale	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Yves Merlet	1970	17292	zone lagonaire, récifs et îlots à forte composante océanique	Réserve intégrale marine	Service Environnement de la Province Sud
Oumo	2004	2983	récif frangeant, récif d'îlot lagonaire, passe récifale, mangrove	Réserve spéciale marine	Service Environnement de la Province Sud
Nekoro	2000	1260	platier récifal, marais et mangrove en fond de baie	Réserve spéciale marine	Province Nord
Lagon du Mont Panié	Projet	-	-	-	Province Nord

Enfin, concernant la réserve de Ouano, le point 0 complet réalisé avant la création de l'AMP a été réalisé selon une approche BACIPS. La première campagne de suivi depuis la création de la réserve a débuté en 2008.

c- Etude de l'état de santé des récifs dans les AMP de Nouvelle Calédonie

Dans le cadre des opérations de suivi des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie financées par IFRECOR, le **Réseau d'Observation des Récifs Coralliens (RORC)** a été créé en 2003. Il fait suite à une initiative de la Province Sud de 1997 qui a consisté à mettre en place un Observatoire des Récifs Coralliens de la Province Sud en faisant appel à des bénévoles dans le but d'établir un bilan de santé des écosystèmes récifaux selon la méthode Reef Check. Sur 10 sites et 31 stations actuellement suivis dans le cadre du RORC, 6 sites pour un total de 7 stations sont situés dans des AMP. Il s'agit des AMP suivantes : Bourail (île Verte), la baie de Prony, Ricaudy, Aboré, Signal et Maître. Les suivis sur ces sites d'AMP sont réalisés théoriquement tous les ans. La méthode utilisée pour ce suivi est la méthode internationale *Reef Check* adaptée au contexte local (échantillonnage plus détaillé), qui préconise sur chaque station 4 transects de 100 m<sup>2</sup> (20 m x 5 m). Les indicateurs biologiques mesurés sont de 3 types : les poissons, les invertébrés et la nature du substrat.

Il existe également des suivis de l'état de santé des récifs de Nouvelle-Calédonie dédiés à la surveillance de sites particuliers. Ces sites coïncident parfois avec des AMP. C'est le cas de l'AMP de la baie de Prony dans laquelle est effectué un suivi de l'état de santé des récifs de l'îlot Casy, dans le cadre d'un projet d'usine de Nickel. Sur ce site, les communautés coralliennes et les peuplements associés sont suivis de façon semestrielle par des recensements sur transects.

d- Observations sur les suivis pratiqués

d1- Réalisation de ces suivis

Les suivis spécifiques de *l'effet réserve* (point 0 de l'AMP de Ouano et suivi des AMP du parc du lagon Sud) ont été réalisés par des scientifiques de l'Université de Nouvelle-Calédonie, avec dans certains cas la collaboration de l'IRD, de l'Aquarium des Lagons, d'un bureau d'étude (T&W Consultants).et de l'EPHE de Perpignan.

Les suivis de l'état de santé des récifs de Nouvelle-Calédonie ont débuté en 1997 à travers la création de l'Observatoire des Récifs Coralliens de la Province Sud. Cette mission a été mise en place par Pierre Thollot et Laurent Wantiez, consultants indépendants, qui ont réalisé, en 1997 et 1998, des suivis sur 8 sites en Province Sud (*Thollot et Wantiez 1998b, et 1999a et b*). Pour des raisons financières, la gestion de l'Observatoire a, par la suite, été confiée à une association de type loi de 1901, a eu des difficultés à réaliser les suivis. Aucun résultat n'est donc disponible depuis 1999 à l'exception du suivi effectué en 2001 par les équipes du service de l'environnement de la Province Sud sous la direction de Laurent Wantiez (2002). Un plan d'action pour le suivi des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie a été présenté lors d'une réunion du GCRMN « groupe des îles du Pacifique sud-ouest » qui s'est tenue à Fidji en 2001. Il a été proposé de relancer les activités de l'Observatoire sous contrôle de l'UNC en recrutant du personnel temporaire chargé du projet. C'est ainsi que l'Association pour la Sauvegarde de la Nature Néo-Calédonienne (A.S.N.N.C.) a été sollicitée par le Haut-Commissaire de la République pour redynamiser cette opération de suivi des récifs calédoniens au titre des actions financées par IFRECOR. Elle a confié à deux biologistes indépendants, Sabrina Virly et Claire Garrigue, la coordination des travaux (formation et encadrement des plongeurs bénévoles réalisant les relevés terrains) et la restitution des résultats.

Il convient de noter que l'IRD dispose de nombreuses données antérieures à la création de plusieurs des AMP citées plus haut ainsi que des données postérieures à la création des AMP, soit dans les AMP soit à proximité .

## d2- Pertinence des suivis

### *Mise en évidence de l'effet réserve par les suivis spécifiques*

Le suivi des AMP du parc du lagon Sud a permis de mettre en évidence des effets de réserves, après 5 ans de protection. Parmi les effets qui ont été remarqués Wantiez et ses collaborateurs notent en 1997 :

- Une augmentation significative de la richesse spécifique (67 %), de la densité (140 %) et de la biomasse (246 %) de la majorité des familles de poissons, surtout parmi les poissons cibles de la pêche (Serranidae, Lutjanidae, Lethrinidae, Mullidae, Labridae, Scaridae, Siganidae et Acanthuridae). Les stations de référence hors-AMP ont montré sur la même période une augmentation de la densité seulement, mais pas de la richesse spécifique ni de la biomasse. Cette augmentation de la densité semblerait due à un recrutement important lié à l'absence de cyclone destructeur d'habitat pendant la période d'échantillonnage.
- Ce suivi a aussi permis de commencer à caractériser les variations "naturelles" à long terme au sein de la réserve (Wantiez 2004)
- Ce suivi permet également de réagir lorsqu'un phénomène exceptionnel survient, tel le cyclone Erica (Wantiez et al 2006), les cyclones affectant durablement la structure des habitats et des communautés (Letourneur et al., 1993).

Le problème du suivi effectué sur les AMP du parc du lagon Sud est le pas de temps important (4 ans) des relevés, qui nécessite un temps important pour avoir une série temporelle exploitable. Par ailleurs, les effets de phénomènes exceptionnels (blanchissement, Acanthaster, cyclone) peuvent «échapper» au suivi. Cette fréquence pourrait être augmentée, mais dans une optique de systématisation du protocole à l'ensemble des AMP, les coûts seraient alors très importants, vu la superficie des milieux récifo-lagonaires calédoniens (Mazzeo, comm. pers.).

Le suivi de l'AMP de Ouano sera scientifiquement plus rigoureux puisqu'il se base sur une approche BACIPS (Before After Control Impact Series) qui devrait permettre de suivre sans équivoque possible la mise en place des effets de réserve. Il est annuel ce qui permettra plus rapidement de suivre une évolution mais ces suivis annuels sont plus chers et consommateurs de temps. La province Sud ne finance d'ailleurs, le suivi que d'un seul des 3 sites, le reste de l'échantillonnage se faisant sur des crédits personnels (Wantiez, comm. pers.)

L'étude du récif Aboré, dont le but était d'observer l'impact des ouvertures et fermetures à la pêche sur les communautés de poissons commerciaux, a permis essentiellement de constater (Wantiez et al., 1997, Ferraris et al., 2005, Kulbicki et al. 2007, Preuss et al., 2007):

- La densité et la biomasse des poissons ont diminué sur les deux types de zones (ré-ouvertes à la pêche ou non), mais cette baisse est moindre sur les zones toujours fermées à la pêche.
- Les variations de la richesse spécifique sont moins importantes que celles de la densité et de la biomasse.
- A court terme, les variations naturelles peuvent avoir plus d'amplitude que les variations liées au statut de protection, spécialement quand la pression de pêche sur la zone n'est pas très forte.

L'étude sur l'îlot Larégnère, visant à comparer les communautés de poissons commerciaux entre AMP et non-AMP a montré (Château et Wantiez, 2005):

- Les trois indices globaux (richesse spécifique, densité et biomasse) ont des valeurs significativement plus importantes dans la réserve pour les familles de poissons commercialisées.
- Les effets de protection sont plus nuancés sur les espèces non commercialisées (espèces à faible valeur ajoutée ou espèces potentiellement ciguatériques).

- La densité des espèces commerciales dans les zones non protégées, proches de la réserve, est plus importante qu'elle ne l'était dans la réserve avant la mise en œuvre des moyens de protection. Ces résultats soutiennent l'hypothèse d'interactions significatives entre les zones protégées et non protégées proches
- La mise en réserve induit des modifications de la structure des populations de poissons d'intérêt commercial, bien que les caractéristiques du substrat (hétérogénéité, habitabilité...) restent un facteur structurant majeur dans leur organisation. Les cyclones (Erika en 2003) perturbent les habitats et donc les communautés de poissons de façon beaucoup plus radicale que la pêche (Wantiez, comm. pers.).

#### *Mise en évidence de l'effet réserve par les suivis « récifs »*

D'une façon générale, à partir des données RORC l'effet réserve n'est pas constaté d'une manière évidente et n'a pas été testé statistiquement. Seules les variations temporelles sont testées statistiquement (Virly, comm. pers.) :

AMP de la Baie de Prony : Un déficit en espèces commerciales est observé à Casy, ce qui est étonnant de par son statut de réserve. Un braconnage fréquent (pêche sousmarine) de la zone pourrait expliquer ces résultats.

AMP de Bourail : L'effet positif de la réserve se fait sentir avec une plus forte densité de poissons observée sur la station de l'île Verte (AMP), mais aussi sur la station de Siandé, en bordure de réserve. Le site de Bourail est globalement en bonne santé et semble lui aussi bénéficier des effets positifs de la réserve de l'île Verte.

AMPs du Grand Nouméa (Signal, Ricaudy, Maître, Aboré) : L'effet réserve n'est pas clairement mis en évidence. Par contre, on voit une reprise de la couverture corallienne sur les stations qui avaient subi une attaque d'*Acanthaster* en 2000-2001 (Maître, Aboré). En revanche, Signal montrait des signes d'un début d'attaque par les *Acanthaster*.

#### *Divers*

A noter que certaines données de l'IRD sur Ricaudy ainsi que celles d'une thèse (Sarramégna) n'ont pas pu être analysées ici, faute d'être publiées. Par ailleurs l'IRD possède des données sur Prony, antérieures à toute mise en réserve, données non analysées ici.

e- Conclusions sur l'étude de l'effet réserve en Nouvelle-Calédonie

#### **Sur les 14 AMP que compte actuellement la Nouvelle-Calédonie.**

1 seule AMP (Ouano) a fait l'objet d'un état de référence de ses peuplements marins avant la mise sous protection.

Il existe des données qui constituent un état de référence des communautés de poissons commerciaux pour 8 AMP (îlots du parc du lagon Sud, Prony, Kuendu, Sèche-croissant). Toutefois ces données ont été recueillies de manière opportuniste ou lors d'études dont l'objectif n'était pas la réalisation d'un véritable « point 0 ».

Actuellement, sur ces 14 AMP, 6 d'entre elles (parc du lagon Sud) font l'objet d'un suivi régulier spécifique de leur effet réserve. Ce suivi a été mis en place rapidement après leur classement en AMP. Les peuplements descripteurs utilisés sont les poissons (poissons d'intérêt commercial le plus souvent), mais aussi la macro-faune benthique ainsi que l'habitat. La technique utilisée en routine est celle des comptages visuels directs par transects par « distance-sampling » pour les poissons, des « belts-

transects » pour les macro-invertébrés et de la Line Intercept Transect pour l'habitat. Les relevés se font tous les 4 ans, et concernent aujourd'hui 24 stations réparties sur l'ensemble de ces 6 AMP .

Un suivi spécifique annuel de l'effet réserve selon une approche BACIPS a été mise en place en 2008 sur l'AMP de Ouano.

Le suivi de l'état de santé des récifs de Nouvelle-Calédonie concerne seulement 6 AMP. Ces AMP (Bourail, Prony, Aboré, Ricaudy, Maître et Signal) sont expertisées une fois par an par la méthodologie Reef Check.

8 AMP, soit la moitié des AMP Calédoniennes, ne font l'objet d'aucun suivi spécifique de leur effet réserve (pas de point 0 ni de suivi postérieur).



### 3. LES AMP DE POLYNESIE FRANCAISE

La mise en place d'Aires Marines Protégées en Polynésie française fait partie, depuis quelques années, des préoccupations du Territoire même si la surface de l'ensemble de ces sites ne représente que 2% de la surface mondiale globale des récifs coralliens (Gabrié et al., 2007). La Polynésie s'est inscrite dans une dynamique de développement durable depuis quelques années déjà et souhaite poursuivre sa stratégie de création et de gestion d'aires marines protégées. Néanmoins, et même avec une réelle volonté de préserver son environnement marin particulièrement riche, la dispersion de ses 118 îles sur un territoire aussi vaste que l'Europe, rend la mise en place et la gestion d'un réseau d'aires marines protégées difficile.

La Polynésie Française regroupe actuellement plusieurs AMP, la plus ancienne datant de 1972 et les plus récentes de 2004. Quatre « grandes AMP » peuvent être distinguées, même si cette appellation regroupe pour certaines plusieurs « petites AMP » (Wikel, 2008). C'est le cas pour la réserve de biosphère de Fakarava (18 AMP pour 109 834 ha) et les 8 AMP du Plan de Gestion de Espace Marin de Moorea pour 969 ha.. Ces AMP ont des statuts différents et sont gérées par la Direction de l'Environnement pour les réserves territoriales.

Tableau 6 : Les Aires Marines Protégées recensées en Polynésie française.\_Wikel J., 2008- L'effet réserve en milieu marin tropical. Synthèse des connaissances internationales et bilan des suivis écologiques effectués sur les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Rapport Ifreco : 98 pages.

Nom	Date de création	Superficie totale (ha) (marine + terrestre)	Habitats marins représentés	Statut	Gestionnaire
Réserve de Biosphère de Fakarava (18 AMPs)	1972	109 834	Habitats d'atolls Coralliens, karena et hoa	Réserve de biosphère	Association
Atoll de Scilly	1992	11 300	Récifs coralliens hoa	Réserve naturelle intégrale	Direction Environnement
Atoll de Bellinghausen	1992	1 240	Récifs coralliens hoa	Réserve naturelle intégrale	Direction Environnement
AMP PGEM de Moorea (8 AMPs)	2004	969	Habitats coralliens d'îles Hautes, récif frangeant, Passe récifale et pente externe	AMP du PGEM (code aménagement de la PF)	Comité permanent de gestion

Dans son rapport de 2009 (Petit, 2009) relate en plus les informations disponibles sur deux îles et deux îlots :

- l'îlot d'Eiao, situé dans la partie Nord de l'archipel des Marquises
- l'îlot de Mohotani, situé dans la partie Sud de l'archipel des Marquises
- les cas particuliers de Rapa (Archipel des Australes) et de Maiao (Archipel de la Société)

a- Classement des AMP

Les AMP en Polynésie française sont classées suivant plusieurs catégories, cf rapports Gaius (Bambridge et Gaspar, 2008; Cazalet, 2008 a et b ; Chaboud et Méral, 2009 ; Chaboud et al ; 2008 a et b ; Féral, 2008). :

- Celles créées dans le cadre du code de l'Environnement et qui suivent alors la classification mise en place par l'IUCN, soit en 6 catégories (Ministère de l'Environnement de Polynésie Française, 2006).
  - I. Réserve naturelle intégrale et zone de nature sauvage. Ia- la réserve naturelle intégrale est un espace protégé géré principalement à des fins scientifiques. Ib- la zone de nature sauvage est un espace protégé géré principalement à des fins de protection des ressources sauvages.
  - II. Parc territorial. Espace protégé géré principalement dans le but de protéger les écosystèmes et à des fins récréatives.
  - III. Monument naturel. Espace protégé géré principalement dans le but de préserver des éléments naturels particuliers.
  - IV. Aire de gestion des habitats ou des espèces. Espace protégé géré principalement à des fins de conservation des habitats et des espèces, avec intervention dirigée au niveau de la gestion
  - V. Paysage protégé. Espace protégé géré principalement dans le but d'assurer la conservation de paysages et /ou à des fins récréatives.
  - VI. Aire protégée de ressources naturelles gérées. Espace protégé géré principalement à des fins d'utilisation durable des écosystèmes naturels.
- Celles créées dans le cadre du code de l'Aménagement qui sont issues d'une réglementation propre au pays, comme les Plans de Gestion de l'Espace Maritime – PGEM - de Moorea et de Fakarava, (Direction de l'Environnement de Polynésie française, 2005).

Tableau 7- Les îles de Polynésie française avec des arrêtés de protection.

Archipel	Iles	Commune lieux dits	Protection	Arrêté au Journal Officiel de la PF
Tuamotu	Aratika		Zone naturelle protégée	N°932 CM du 4/07/2007
	Kauehi		Zone à habitat protégé Zone naturelle vocation touristique	N°932 CM du 4/07/2007
	Fakarava		Zone à habitat protégé Zone naturelle vocation touristique Zone de rahui	N°932 CM du 4/07/2007
	Niau		Zone de rahui	N°932 CM du 4/07/2007
	Raraka		Zone à habitat protégé Zone naturelle vocation touristique Zone de rahui	N°932 CM du 4/07/2007
	Taiaro		Réserve naturelle intégrale	N°932 CM du 4/07/2007
	Toau		Zone naturelle vocation touristique	N°932 CM du 4/07/2007
	Scilly		Réserve territoriale	N°2559 DOM du 28/07/1971 N°1460 CM du 27/12/1996
	Bellinghausen		Réserve territoriale	N°1230 CM du 12/11/1992 N°1460 CM du 27/12/1996

Tableau 7- Les îles de Polynésie française avec des arrêtés de protection. (suite)

Archipel	Iles	Commune lieux dits	Protection	Arrêté au Journal Officiel de la PF
Société	Moorea	Motu Ahi	Aire marine protégée	N°0410 CM du 21/10/2004
		Maatea	Aire marine protégée	N°0410 CM du 21/10/2004
		Taotaha	Aire marine protégée	N°0410 CM du 21/10/2004
		Tiahura	Aire marine protégée	N°0410 CM du 21/10/2004
		Tetaiuo	Aire marine protégée	N°0410 CM du 21/10/2004
		Pihaena	Aire marine protégée	N°0410 CM du 21/10/2004
		Aroa	Aire marine protégée	N°0410 CM du 21/10/2004
		Nuarei	Aire marine protégée	N°0410 CM du 21/10/2004
	Maiao		Zone de Rahui	
Marquises	Eiao		Aire gestion habitats espèces	N°2559 DOM du 28/07/1971
			Aire gestion habitats espèces	N°2559 DOM du 28/07/1971
Australes	Rapa		Zone de Rahui	

Le rahui est une tradition polynésienne qui se caractérise par des restrictions temporaires des activités de pêche, de cueillette ou d'agriculture, appliquées du sommet de la montagne à la barrière récifale, à l'image du continuum terre-mer polynésien (Gaspar et Bambridge, 2008).

#### b- Objectifs de gestion et catégories des espaces protégés

Les objectifs de gestion sont classés par ordre de priorité sur critères internationaux pour chaque catégorie d'espace protégé selon le tableau établi en 2007 par la Direction de l'Environnement de Polynésie française (Tableau 8).

La mise en place et la gestion des AMP en Polynésie française sont sous la responsabilité du gouvernement de la Polynésie Française qui travaille avec son administration. Les avis des associations, des scientifiques et des communautés locales sont quelquefois sollicités.

Selon les codes de l'Environnement et de l'Aménagement de Polynésie française, plusieurs départements du gouvernement sont responsables de la mise en place d'AMP (Verducci, 2007).

Tableau 8- Les objectifs de gestion en fonction des catégories de classement proposées par l'IUCN

Objectif de gestion	Ia	Ib	II	III	IV	V	VI	
Recherche scientifique	1	3	2	2	2	2	3	
Protection des espèces en danger, rares, vulnérables ou d'intérêt particulier	2	1	2	3	3	-	2	
Préservation des espèces et de la diversité génétique	1	2	1	1	1	2	1	
Maintien des fonctions écologiques	2	1	1	-	1	2	1	
Protection d'éléments naturels / culturels particuliers	-	-	2	1	3	1	3	
tourisme et loisirs	-	2	1	1	3	1	3	
Education	-		2	2	2	2	3	
Utilisation durable des ressources écosystèmes naturels	-	3	3	-	2	2	1	
Préservation de particularités culturelles / traditionnelles	-	-	-	-	-	1	2	
<i>Légende</i>								
	1	Objectif principal						
	2	Objectif secondaire						
	2/3	Objectif potentiellement réalisable						
	-	non réalisable						

### c- L'étude de l'effet réserve des AMP de Polynésie française

De toutes les AMP que compte la Polynésie Française (18 AMP de la Réserve de biosphère de Fakarava, Atoll de Scilly, Atoll de Bellinghausen, 8 AMP du PGEM Moorea), seules les AMP du PGEM de Moorea ont connu une description de leur état initial. Un point 0 est toutefois prévu pour la réserve de Fakarava. L'état des peuplements marins sur les AMP de Moorea a été réalisé en utilisant la méthode BACIPS (Before After Control Impact Paire Series). Cette méthode comprend des relevés dans les AMP et hors des AMP afin de mettre en évidence l'impact des mesures de protection sur l'évolution des peuplements. Pour chaque AMP, 9 stations sont échantillonnées, soit au total 117 stations pour le point 0 du PGEM de Moorea (8 AMP et 5 zones témoins, soit 13 sites). La méthode préconise des comptages de 5 compartiments descripteurs (poissons, coraux, algues, mollusques, échinodermes) le long d'un transect de 25 m, placé de manière aléatoire et répliqués 3 fois. L'impact de la mise sous protection des zones récifales du PGEM sera évalué en utilisant cette méthode BACIPS, à raison de 2 relevés par an : 1 relevé en saison chaude (février) et un relevé en saison fraîche (août). Le premier relevé date du mois d'août 2004.

Le suivi de l'état de santé des récifs de Polynésie se pratique sur 3 AMP du PGEM de Moorea, selon la méthode internationale Reef Check depuis 2000. Une synthèse bibliographique a été rédigée par Julie Petit, Assistante ingénieur du CRIOBE, dans le cadre d'un travail contractuel par le World Fish Center pour la composante 2D du programme CRISP. Elle fournit une vue d'ensemble des études menées sur les Aires Marines Protégées en Polynésie française permettant ainsi d'améliorer l'accès à la littérature réalisée à partir de ces études (150 travaux sont analysés et 150 résumés sont fournis).

La plupart du temps, les études et suivis de l'environnement marin dans les AMP Polynésiennes sont réalisés par le CRIOBE de Moorea et la Gump Station (LTER : Long Term Ecological Research du programme NSF). Ces suivis (méthode BACIPS) nécessitent le travail de 3 personnes à temps plein sur 1 mois par an pour la récolte des données sur le terrain. La logistique ne pose pas de problème particulier au CRIOBE. Le Reef Check est assuré par des plongeurs bénévoles encadrés par une coordinatrice locale.

La fréquence des suivis paraît *a priori* raisonnable. Cependant, ces suivis étant nouveaux, les premiers résultats de la phase « After » ne sont pas encore disponibles. Par conséquent, il est encore trop tôt pour évoquer la pertinence des indicateurs et conclure sur l'efficacité de la méthode pour mettre en évidence un effet réserve. Les premiers résultats de la phase « Before » ont été publiés (Lison de Loma et al., 2008). Par ailleurs, des communications sur ce suivi BACIPS ont été réalisées lors d'un séminaire de l'IRD sur les AMP tenu à Ouagadougou (2005), à Queyras (2006) et les premiers résultats ont été communiqués à l'European MPA Symposium à Murcia en 2007. La population a également été informée de la mise en place d'un suivi par le biais des médias locaux, mais les résultats n'ont pas encore été présentés au public.

### d- Conclusions sur l'étude de l'effet réserve en Polynésie française

Sur l'ensemble des AMP que possède la Polynésie Française

- Un point 0 a été réalisé sur seulement une AMP (PGEM de Moorea), avant le classement de l'AMP. La réserve de Biosphère de Fakarava prévoit la réalisation d'un « point 0 » prochainement.
- Une seule AMP (PGEM de Moorea) a lancé un suivi régulier et spécifique, avec un protocole adapté pour l'étude de l'effet réserve.
- Le suivi de l'état de santé des récifs de Polynésie se pratique sur 1 AMP (PGEM de Moorea), selon la méthode internationale Reef Check depuis 2000.

Exemples des présentations résumées que vous trouverez dans le document de Julie Petit (2009)

*Petit J ;, 2009- Sites, mise en oeuvre et impacts des AMP en Polynésie française. Rapport CRISP : 111 pages*

**Butaud, J.- F. and F. Jacq. 2007. Eléments pour servir au plan de gestion de l'aire protégée de l'île de Eiao, archipel des Marquise, groupe Nord - Erosion importante sur le plateau dominant Vaituha et conséquence dans la baie en contrebas. Direction de l'Environnement de Polynésie française (DIREN) : 125 p.**

*Information for the management plan of Eiao Island's protected area, Marquesas archipelago, North group - Important erosion on the plateau overlooking Vaituha and consequences for the bay down below*

Ces éléments proviennent à la fois de recherches bibliographiques et d'une mission pluridisciplinaire organisée par la Direction de l'Environnement durant le mois de mars 2007. Ils répondent à la commande de la DIREN passée avec le prestataire J.F. Butaud dans la convention 7.0006/MTE/ENV du 26 mars 2007.

Cette mission avait pour buts :

- d'effectuer un inventaire et une cartographie de la diversité floristique (plantes vasculaires) et un inventaire partiel de la faune (avifaune, espèces férales),
- de hiérarchiser et localiser les enjeux de conservation sur l'île,
- d'identifier et de quantifier les menaces envers ce patrimoine biologique et culturel,
- de proposer des mesures de gestion pour la conservation de Eiao,
- de permettre directement la mise en place sur le terrain des actions proposées (notamment par une sensibilisation du public et des usagers), et
- de déterminer l'impact des mesures de gestion sur le milieu.

<http://www.reefbase.org/pacific/database.aspx?searchdata=1&refid=A0000004412>

**Butaud, J.-F. and F. Jacq. 2007. Eléments pour servir au plan de gestion de l'aire protégée de l'île de Mohotani (Motane), archipel des Marquises, groupe Sud. Direction de l'Environnement de Polynésie française (DIREN) : 103 p.**

*Information for the management plan of the Mohotani (Motane) Island protected area, Marquesas archipelago, South group*

Ces éléments proviennent à la fois de recherches bibliographiques et d'une mission pluridisciplinaire organisée par la Direction de l'Environnement durant le mois de mars 2007. Ils répondent à la commande de la DIREN passée avec le prestataire J.F. Butaud dans la convention 7.0006/MTE/ENV du 26 mars 2007. Cette mission avait pour buts :

- d'effectuer un inventaire et une cartographie de la diversité floristique (plantes vasculaires) et un inventaire partiel de la faune (avifaune, espèces férales),
- de hiérarchiser et localiser les enjeux de conservation sur l'île,
- d'identifier et de quantifier les menaces envers ce patrimoine biologique et culturel,
- de proposer des mesures de gestion pour la conservation de Mohotani,
- de permettre directement la mise en place sur le terrain des actions proposées (notamment par une sensibilisation du public et des usagers), et
- de déterminer l'impact des mesures de gestion sur le milieu.

Tableau 9 : Synthèse des suivis écologiques réalisés dans les AMP de Polynésie Française Wikel J., 2008- L'effet réserve en milieu marin tropical. Synthèse des connaissances internationales et bilan des suivis écologiques effectués sur les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Rapport Ifreco : 98 pages

AMP de POLYNESIE		Réserve de Biosphère de Fakarua	Mati de Siffé	Atoll de Hullinghuatua	AMP du PCFM de Moorea
Point 0	réalisation d'un état initial	non, mais prévu	non	non	oui
	Méthode	imed swim + PIT	-	-	BACIPS (dans et hors AMP)
	Nb sites	-	-	-	9 stations/AMP
	Peuplements Descripteurs Indicateurs Intervenants	- - bureaux d'études	- - -	- - -	poissons coralliens RS, abondance, taux de recouvrement BD/CRIQHE
Surt spécifique de "l'effet réserve"	réalisation d'un suivi "ER"	prévu	non	non	oui
	Fréquence de suivi	?	mission pluridisciplinaire prévue fin 2008	mission pluridisciplinaire prévue fin 2008	bi-annuelle
	Méthode	(dans et hors AMP)	-	-	BACIPS (dans et hors AMP)
	Nb sites	-	-	-	9 stations/AMP
Surt de l'environnement marin dans l'AMP	Peuplements Descripteurs Indicateurs Intervenants	- - -	- - -	- - -	poissons coralliens RS, biomasse, abondance depuis taux de recouvrement BD/CRIQHE
	réalisation d'un suivi	prévu	non	non	suivi récif Reef Check (2000)
	Fréquence de suivi	?	-	-	annuelle
	Méthode	Reef Check	-	-	transects Reef Check
Surt de l'environnement marin dans l'AMP	Nb sites	-	-	-	3
	Peuplements Descripteurs Indicateurs Intervenants	- - -	- - -	- - -	poissons bio-indicateurs RS, abondance depuis taux de recouvrement Bétagéolés encadrés

## **C- BILAN**

### **1. LES SUIVIS ECOLOGIQUES REALISES**

Une description de l'état initial des communautés récifales (point 0) n'a été réalisée que sur 3 AMP : la réserve naturelle marine de la Réunion, les AMPs du PGEM de Moorea Polynésie Française et la réserve de Ouano en Nouvelle Calédonie.

Les suivis spécifiques à l'effet réserve se caractérisent par le fait que leur objectif principal est la mise en évidence d'un effet réserve. Aussi, les protocoles (méthodes et plans d'échantillonnages) sont adaptés à cet objectif. Un suivi spécifique de l'effet réserve est réalisé sur les -AMPs du PGEM de Moorea en PF (poissons et benthos) et sur le parc du lagon Sud en NC (poissons, macro-invertébrés et habitat).

L'objectif principal des suivis de l'environnement marin dans les AMP est la description de l'état de santé de l'écosystème, dans ou hors AMP. Leur protocole n'est pas adapté à la mise en évidence d'un effet réserve, mais ils peuvent néanmoins apporter des informations sur les bénéfices d'une AMP par comparaison avec des sites situés hors des AMP et sur lesquels le même protocole est appliqué. Au total, 9 AMP dans les 3 collectivités, affichent des suivis de l'environnement marin : 1 à la Réunion (Réserve naturelle de la Réunion) ; -2 en Polynésie Française (PGEM Moorea, Atoll de Scilly) et 6 en Nouvelle-Calédonie (île Verte/Bourail, baie de Prony, Ricaudy, Aboré, Signal et Maître).

### **2. LES PARAMETRES UTILISES DANS LES SUIVIS**

L'analyse fait ressortir un total de 5 peuplements descripteurs dans l'ensemble des AMP, qui sont plus ou moins fréquemment utilisés. Il s'agit des poissons récifaux, des macro-invertébrés mobiles, du benthos comme habitat, des herbiers de phanérogames marines et des mammifères marins.

Si l'on considère uniquement les suivis spécifiques « effet réserve », seulement 4 peuplements descripteurs sont utilisés (poissons, benthos, macro-invertébrés mobiles et herbiers). Les poissons sont alors les plus fréquemment utilisés, suivis par les macro-invertébrés mobiles, le benthos puis les herbiers.

En termes de fréquence, les suivis sont réguliers avec des fréquences semestrielle (PF), annuelle (Réunion et NC) et quadriennale (NC).

### **3. LES INDICATEURS RELEVES**

La majorité des études de l'effet réserve en milieu marin s'appuie sur l'analyse des peuplements ichtyologiques, les autres taxons étant peu mis en exergue. La démarche globale reste toutefois la même quel que soit le taxon étudié, qu'il s'agisse d'espèces appartenant au milieu benthique ou pélagique, que les espèces considérées soient sessiles (fixées) ou vagiles (mobiles). Dans tous ces cas de figure, les paramètres évalués sont essentiellement :

- l'abondance, exprimée par une densité
- le taux de recouvrement
- la richesse spécifique (nb d'espèce par sites) et densités spécifiques (nombre d'espèces par unité d'échantillonnage)
- la biomasse (g/m<sup>2</sup>)
- le recrutement corallien
- la taille des organismes
- le blanchissement corallien

Les études spécifiques de l'effet réserve se concentrent essentiellement sur 3 indicateurs : l'abondance, la richesse spécifique et la biomasse. On peut remarquer que le taux de recouvrement des catégories benthiques est relevé dans certains suivis spécifiques de l'effet réserve, mais davantage pour aider à l'interprétation des variations des communautés de poissons (hétérogénéité de l'habitat) qu'en tant qu'indicateur d'un effet réserve.

#### 4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

##### a- Synthèse bibliographique

La littérature consultée pour cette synthèse concerne des publications scientifiques (internationales) et des rapports « techniques » des AMP des récifs coralliens de l'Outre-mer Français. Environ 270 références (de 1977 à 2008) ont été consultées, et font ressortir que, malgré l'augmentation des études ces dernières années l'effet réserve sous toutes ses formes reste complexe à appréhender et demeure une source de controverses au sein de la communauté scientifique, de nombreux auteurs publiant des résultats contradictoires aux effets théoriques escomptés.

Ainsi, de manière conceptuelle et théorique, les effets des AMP sur les écosystèmes marins se situent à plusieurs niveaux : (1) la structure des populations, (2) le comportement des organismes et (3) la répartition spatiale des communautés. Les avantages procurés par les AMP se retrouvent à la fois à l'intérieur des AMP -l'effet réserve permet un rétablissement et un maintien des peuplements marins et des fonctions de l'écosystème -et à l'extérieur des AMP -l'effet réserve conduit à une augmentation des organismes marins à l'extérieur de l'AMP par export d'œufs, larves et adultes vers les zones de pêche.

Par ailleurs, il apparaît que la mise en place d'AMP peut entraîner également quelques effets négatifs, en général perceptibles avant les effets positifs et qui interviennent assez rapidement après le classement en AMP. Les effets bénéfiques apparaissent en effet à plus long terme et compensent alors largement les inconvénients. L'efficacité d'une AMP semble donc n'être effective que sur du moyen/long terme, ce qui rend la démarche plus difficile à faire accepter (ARVAM, 2003) et ce qui implique une longue série temporelle pour évaluer les bénéfices sur les peuplements marins.

Cependant, ces effets attendus, très étayés sur le plan théorique, le plus souvent par des cas particuliers, ne sont généralement pas systématiques et de nombreux effets théoriques n'ont pas été mis en évidence avec certitude.

##### b- Bilan des suivis visant à évaluer l'effet réserve

**Standardisation des méthodes.** Le travail d'enquête réalisé auprès de l'ensemble des collectivités Françaises du réseau IFRECOR a révélé que dans les récifs coralliens de l'outre-mer Français, une surveillance de l'évolution du milieu marin est effectuée dans plus de la moitié des AMP. A l'exception des méthodes utilisées par le GCRMN (et qui ne sont pas suffisamment précises pour la plupart des paramètres relevés) il n'existe pas de « boîte à outil standard ». En effet d'une région à l'autre et parfois d'une réserve à l'autre les méthodes mises en place n'utilisent pas les mêmes standards (par exemple la longueur des transects, les types de comptages, le niveau taxonomique enregistré ...). Ceci pose à terme un problème pour comparer les résultats. Par ailleurs les méthodes déployées actuellement n'ont pas toutes été testées pour leur efficacité à détecter les « effets réserves » d'une part, et d'autre part le rapport « qualité-prix » (qualité des informations versus le prix de leur mise en œuvre) des méthodes mises en place manque de recul. Il reste donc un effort important à faire dans le domaine de la standardisation. Un des points délicat dans une démarche de standardisation des méthodes est le changement en cours de route des méthodes de suivi dans une AMP. Sans entrer dans des considérations techniques, il faut que les avantages apportés par un tel changement soit indéniables et supérieurs à la perte éventuelle d'information que cela peut entraîner. Le second point important dans une approche standardisée porte sur la stratégie d'échantillonnage. Bien que lourde à mettre en place et trop récente pour qu'elle ait pu être pleinement évaluée, l'approche « BACIPS » constitue le standard actuel qui est le plus approprié à l'analyse des « effets réserve ». Il n'est malheureusement

pas toujours possible de l'utiliser, mais elle a été adoptée sur les AMP du PGEM de Moorea en Polynésie ainsi que dans la réserve de Ouano en Nouvelle-Calédonie.

**Les descripteurs.** Les compartiments biologiques utilisés pour décrire les effets des AMP sont sensiblement toujours les mêmes (poissons et macro-invertébrés mobiles surtout), et l'on peut noter que le benthos fixe, très utilisé pour jauger l'état de santé des récifs, n'est que peu utilisé pour mettre en évidence directement un effet de réserve. Ce compartiment restant néanmoins important à prendre en compte pour l'interprétation des résultats « ressources ». Les trois critères relevés sur le terrain qui reviennent en permanence (richesse spécifique, abondance et biomasse) semblent être considérés comme la base à respecter pour l'évaluation des changements de la structure des communautés. A partir de ces indicateurs relevés sur le terrain, d'autres informations peuvent être obtenues sur la structuration du peuplement et donc les effets de la protection (tailles maximales et structure trophique par exemple, une surexploitation ayant comme conséquence la diminution des gros individus et des individus de haut niveau trophique).

c-Lacunes constatées dans l'évaluation de l'effet réserve des AMP Ifrecor

Au vu des résultats de la synthèse réalisée sur l'appréhension de l'efficacité des AMP au sein du réseau IFRECOR, plusieurs lacunes peuvent être identifiées.

- Problème dans la standardisation des méthodes utilisées. Cette absence de standardisation est doublement préjudiciable. Tout d'abord au niveau des plans d'échantillonnages et ensuite dans l'analyse comparative des résultats qui va souffrir de cette absence de standardisation
- Un manque de rigueur des plans d'échantillonnage
- Il existe très peu d'AMP pour lesquelles l'ensemble de la démarche logique visant à mesurer leurs impacts sur les peuplements marins a été faite convenablement.
- L'absence fréquente d'une description de l'état initial des communautés récifales avant ou juste après le classement en AMP de la zone et donc le début de sa protection.
- Un protocole de suivi inadapté
- Des relevés irréguliers et/ou précaires. L'utilisation de protocoles/méthodes non adaptées pour mettre en évidence l'effet réserve. Cette pratique consiste à démontrer l'effet réserve à partir de résultats de suivi « récifs ». Ce constat est doublement regrettable car (i) l'effet réserve est alors, dans la grande majorité des cas, peu ou mal mis en évidence, même s'il existe, et (ii) cette évaluation de l'effet réserve « par défaut » est parfois jugée suffisante et empêche ainsi la prise de conscience de la nécessité d'instaurer un véritable suivi approprié.
- L'absence de planification concernant l'évaluation de l'efficacité écologique des AMP. De nombreuses AMP ne disposent pas d'un véritable plan de gestion formalisé, et le suivi de leur effet réserve ne constitue pas une action programmée et répondant à un cahier des charges. Le manque de rigueur constaté dans l'évaluation des bénéfices écologiques de l'AMP semble donc découler de cette absence de cadre administratif planificateur. Force est de constater qu'à l'inverse des suivis de l'état de santé des récifs, développés dans la quasi-totalité des récifs coralliens de l'outre-mer Français, le suivi de l'effet réserve ne semble pas être considéré comme une priorité des politiques de gestion jusque là mises en œuvre. Cette prise de conscience semble cependant s'être améliorée depuis peu puisque quelques véritables suivis dédiés à la mise en évidence de l'effet réserve ont été mis en place de façon cadrée récemment (certains encore en projet).

Voyons maintenant plus en détail l'avis d'un scientifique qui a participé à la réflexion sur le PGEM de Moorea.

Dans ce chapitre nous souhaitons rapporter plusieurs points qui peuvent être intéressants dans le cadre de la comparaison des 6 espaces marins protégés sélectionnés dans Gaius. Si nous prenons la réserve de Banyuls par exemple, nos glorieux anciens disent toujours que si le Sec de Rédéris est actuellement aussi spectaculaire, c'est qu'il était déjà un site remarquable lors de la création de la réserve il y a plus de 30 ans. Dans ce chapitre nous allons tout d'abord résumer l'état des connaissances scientifiques qui étaient les nôtres dans les années 1990 sur le PGEM de Mooréa. Nous reviendrons ensuite sur les critères que nous avons souhaité mettre en avant dans la proposition de zonage. Nous rappellerons enfin les grandes lignes de la mise en place de ce PGEM et le protocole que nous avons proposé pour le suivi des 8 AMP

### **A- LES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES DANS LES ANNEES 1990**

Les poissons vivant dans les récifs coralliens ont généralement un cycle de vie complexe avec une phase larvaire océanique de quelques jours à quelques mois, suivie d'une phase récifale relativement sédentaire pour les juvéniles et les adultes. Pour une majorité d'espèces, au moment de la reproduction, des produits génitaux ou des œufs sont expulsés vers l'océan où ils se développent en larves pélagiques. Ces larves s'éloignent plus ou moins loin de leur île natale grâce aux courants et à leurs capacités natatoires. Après cette phase océanique, les larves retournent vers le récif (d'origine ou non) et colonisent préférentiellement de nuit les lagons coralliens (phase de colonisation). Dans les heures qui suivent cette colonisation, les larves se métamorphosent en juvéniles. Ce changement ontogénique abrupt dans la morphologie, la physiologie et le comportement des animaux les conduit à rechercher un nouvel habitat adapté au stade juvénile de l'organisme (phase d'installation). Cette phase est suivie après quelques mois par l'intégration des juvéniles dans la population d'adultes reproducteurs (phase de recrutement). A l'issue de la phase océanique, les larves de poissons retournent vers le récif et doivent rechercher un habitat pour y vivre et s'y reproduire. C'est la phase d'installation. Pour chaque espèce, il peut exister un habitat optimal (concept de l'habitat essentiel - Benaka 1999). La recherche de cet habitat essentiel est un challenge fondamental pour ces animaux puisqu'il conditionne la survie et la croissance des individus jusqu'au stade adulte (voir synthèses de Pechenik 1990, Doherty 2002). Lorsque l'habitat essentiel est absent de la zone prospectée par la larve ou lorsque les conditions environnementales sont défavorables à la survie et à la croissance de la larve, beaucoup d'espèces ont la faculté de retarder le déclenchement de la métamorphose afin de continuer la prospection. La durée de la phase d'installation peut donc varier de quelques minutes à plusieurs jours selon la probabilité de détecter, localiser et identifier l'habitat essentiel.

La taille des peuplements de poissons des récifs coralliens à phase larvaire océanique est déterminée principalement par le succès de l'installation (Brock & Kodric-Brown 1977, Pechenik 1990, Qian 1999, Doherty 2002). Ce succès de l'installation va déterminer le nombre de juvéniles qui devraient pouvoir intégrer les populations adultes et constituer le recrutement. Après cette installation, des paramètres, contrôlés ou non par le milieu environnant, vont intervenir dans la dynamique des populations. Bien que les changements dans la dynamique des populations marines soient enregistrables en fonction des dégradations naturelles ou anthropiques des îles (Scheffer et al. 2001, Gardner et al. 2003, Hughes et al. 2007), il est très difficile de trancher quant aux réelles causes de cette décroissance. Celle-ci est-elle due à une mortalité accrue des adultes ou à une décroissance dans le potentiel de ces îles à attirer les larves océaniques (succès d'installation) ? Il est aussi possible que ces deux explications agissent en synergie. En fonction du potentiel d'attraction d'une île pour l'installation des larves et en fonction de la mortalité lors de la phase qui précède le recrutement, les peuplements de poissons d'une île vont diminuer, rester stable ou progresser. De plus, les populations marines sont souvent subdivisées spatialement en plusieurs populations locales (fragmentation). Les phases de dispersion océanique et d'installation d'une espèce peuvent alors conditionner le risque d'extinction des populations locales (Cowen 2002). Les populations locales de petite taille (populations insulaires) ont une probabilité d'extinction élevée due à la stochasticité des processus démographiques et environnementaux. La sélection de l'habitat est un processus clé de la biologie et de la dynamique des populations. Elle va ainsi structurer les métapopulations, les communautés et les écosystèmes dans l'espace et dans le temps (Pechenik 1990, Doherty 2002).

Nous allons maintenant parler de l'île de Moorea et plus précisément de son lagon et des premiers mètres de la pente externe. Dans cet espace géographique de 90 km<sup>2</sup> environ 900 espèces côtières ont été recensées ou sont supposées être présentes. La colonisation de cet espace par les poissons se fait pour des raisons de recherche d'habitat, de recherche de nourriture ou d'un partenaire pour la reproduction. Ces 900 espèces se composent d'espèces commerciales, qui vont entrer dans la consommation humaine et d'autres espèces. Dans la première catégorie se trouvent essentiellement les espèces qui arrivent à fournir de larges individus dans les tailles adultes des poissons. Nous citerons essentiellement les Acanthuridae, Carangidae, Holocentridae, Labridae, Lethrinidae, Lutjanidae, Mullidae, Scaridae, Serranidae, Siganidae, etc.... Dans la deuxième catégorie se trouvent l'essentiel des petits poissons colorés qui donnent aux récifs leur caractère d'aquarium marin : Pomacentridae, Pomacanthidae, Chaetodontidae, etc.... Si vous parlez de poissons à un scientifique il intégrera les 2 catégories, un gestionnaire intégrera parfois les 2, mais surtout les poissons commerciaux, alors qu'un polynésien ou un consommateur ne parlera que de la première catégorie des poissons, ceux qui se mangent.

A Moorea, comme partout dans le monde, les gens se plaignent de la diminution des poissons. Ce n'est qu'en 2003 que la preuve fut publiée que les poissons commerciaux de l'île de Moorea étaient en diminution (Brenier, 2003). Si, suite au phénomène hautement destructeur pour l'habitat que sont les infestations de *Taramea* (*Acanthaster planci*) de 1982 et 1983 le nombre d'espèces et le nombre d'individus de poissons coralliens étaient en augmentation sur le secteur nord-ouest de l'île, en revanche les espèces commerciales étaient en diminution (Lison de Loma et al., 2008).

Cette diminution des espèces commerciales peut être expliquée par deux phénomènes. Le premier est une diminution des espèces commerciales parce que la pression de pêche est trop forte. La pression de pêche des poissons commerciaux étant plus importante que le renouvellement de ces populations, les poissons commerciaux diminuent dans le lagon. La deuxième hypothèse explique cette diminution des poissons commerciaux par la difficulté pour ces espèces à venir s'insérer parmi les populations adultes (recrutement) car leur habitat essentiel de recrutement sur l'île de Moorea (les zones frangeantes à proximité des plages) est de plus en plus réduit (suite à l'aménagement de la frange littorale). Il est bien entendu que ces deux explications ne sont pas exclusives et qu'elles peuvent agir en synergie.

Dès le début des années 1990 se posait sur Moorea le problème de gestion de l'espace lagonaire qui visiblement ne pouvait plus supporter sur le même espace toutes les pressions auquel il était soumis (Aubanel, 1988 ; Charles, 1989). Les collègues des services territoriaux de la pêche, de l'urbanisme et de l'environnement partageaient ces inquiétudes. Dès 1995 il a été décidé de travailler sur la mise en place d'un programme de gestion de l'espace marin (PGEM) dans lequel seraient proposés des mises en protection de certains espaces lagonaire. Le premier document officiel qui acte cette volonté commune de travailler sur le PGEM de Moorea date du mois de mai 1996. Après plusieurs années de discussions et pour faire sauter un verrou de blocage inter-communautaire, il a été demandé de proposer une première carte de gestion de l'espace lagonaire. Cette carte a été diffusée par la presse le 21 septembre 1999 et immédiatement critiquée comme prévue. Mais ceci a permis de relancer le processus de discussion sur une proposition précise, qui a été beaucoup amendée, discutée, reprise ; pour aboutir au PGEM en application depuis le 22 octobre 2004. Cette carte dite des "scientifiques" a été proposée en tenant compte des 6 éléments suivants (Figure 1).

## **B- PROPOSITION DE LA PREMIERE CARTE DITE DES SCIENTIFIQUES**

**Le tiers de l'espace mis en protection.** Dans les années 1990 et encore de nos jours, les habitats et la superficie à mettre en zone protégée font l'objet de débats. Certains scientifiques américains qui travaillent essentiellement dans les Caraïbes proposent de mettre en réserve 20% de l'espace d'une île. Pour proposer ces 20% ils se basent essentiellement sur des notions halieutiques (MSY, Ault et al., 1984). D'autres américains proposent dans le Pacifique d'augmenter ce pourcentage à 30% (Randall, 1992). Les australiens avec des chiffres obtenus sur la Grande Barrière proposent

aussi ce chiffre de 30% (Bellwood et al. 2005). Pour Moorea il a été proposé ce chiffre de 30% de l'espace lagunaire et récifal à placer en espace protégé.

#### **Des portions de récifs allant de la plage à 70 mètres de profondeur sur la pente externe.**

Pour gérer la ressource en poissons d'une île comme Moorea il faut gérer l'espace tel que nous le comprenons. Jusqu'à présent cet espace des lagons et récifs où vivent les poissons comporte les lagons, passes et pente externe. Pour celles-ci, la profondeur de 70 mètres qui est, d'une-part, une profondeur qui est la limite inférieure de ce qui est accessible en scaphandre autonome (air- sans recycleur) et, d'autre-part, la zone de rupture de pente autour de l'île de Moorea, a semblé raisonnable à ne pas dépasser. Donc pour chacune des Aires Marines Protégées, nous souhaitons protéger l'ensemble des habitats marins allant de la plage à 70 mètres de profondeur sur la pente externe. Rappelons qu'à Moorea une telle tranche de récif ne fait pas plus de 2 km de largeur.

**Un grand espace ou plusieurs petits ?** Dans les années 1990 commençait à émerger l'idée de transfert par débordement (« spillover »). Cette notion considère que si la réserve joue son rôle les densités, de poisson par exemple, sont supérieures à l'intérieur de la réserve par rapport à ce qu'elles sont à l'extérieur. Une fois tout l'espace colonisé dans la réserve, de la biomasse adulte ou des propagules provenant de la reproduction, pourraient alors s'exporter au travers des limites de cette réserve. Pour satisfaire cette notion de spillover, il vaut mieux créer plusieurs petits espaces exportateurs de préférence à un seul plus gros. Donc pour l'île triangulaire de Moorea, nous avons préféré proposer plusieurs espaces protégés de préférence à la seule protection d'un seul côté du triangle.

**Un espace protégé dans chacune des communes associées de l'île.** Comme vu précédemment, l'une des hypothèses de départ était de penser que la diminution des poissons commerciaux serait due à un déficit d'installation des recrues dans les zones frangeantes. Nous avons alors l'idée de faire gérer ces zones protégées par les populations riveraines, en demandant à celles-ci de favoriser le recrutement en poissons en travaillant sur la capture, la culture et la remise en liberté des jeunes poissons (voir littérature PCC dans la composante 2A du site [www.crisponline.com](http://www.crisponline.com)). L'idée était donc de faire participer la population de Moorea au maintien des stocks de poisson dans l'île en proposant une zone protégée dans chacune des 5 communes associées de l'île : Teavaro, Afareaitu, Haapiti, Papetoai et Paopao.

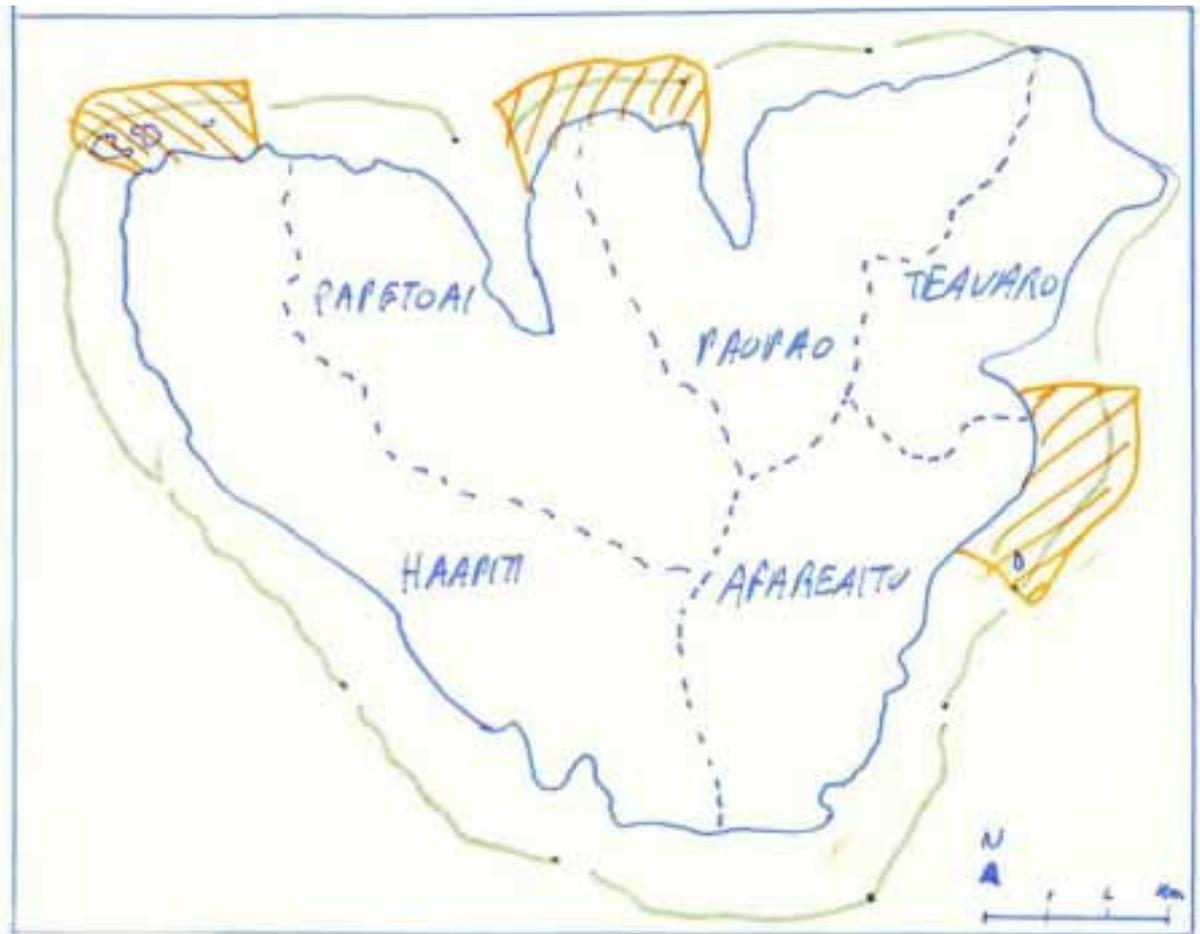
**Inclure une passe dans cet espace à protéger.** Comme probablement plus de 70% des espèces de poissons se reproduisent par migration aux abords des passes lors de certaines périodes de l'année, les zones protégées dans chacune des communes associées devaient donc inclure une passe.

**Inclure la zone de Tiahura dans l'espace à protéger** car cette zone était déjà réserve scientifique depuis le 15 Juin 1993.

### **C- GENESE DU PGEM**

Les grandes étapes de construction du PGEM de Moorea sont brièvement rappelées maintenant.

- Démarrage en 1995. Le premier document officiel entérinant les discussions est une **délibération du conseil municipal de Moorea en mai 1996**
- Préparation entre 1996 et 1998:
  - organisation des structures coordinatrices (ITC et CLEM)
  - nomination des responsables chargés du projet
  - définition d'une méthode de travail (sujet novateur)
  - passation des marchés d'expertises



**Figure 1-** Première carte de Moorea où apparaissent les 3 réserves proposées par les scientifiques. La Dépêche de Tahiti- 21 septembre 1999.

- 1999:
  - 40 réunions publiques ou en sous-commissions (Aménagement, Activités, Pêche, Hôtellerie)
  - prise en compte des connaissances traditionnelles (traduction)
- 2000:
  - fin de la 1ère phase du contrat de développement (crédits)
  - restructuration interne à l'administration
  - déficience du bureau d'étude PTPU (travaillant sur Moorea)
- 2001:
  - dynamique relancée, ré-mobilisation des populations
  - élections municipales
  - effort particulier sur les aires marines protégées
  - synthèse et rédaction des règlements (+ cartes de zonage)
- 2002:
  - nouvelles réunions d'information
  - informer, expliquer, convaincre
- 2003:
  - projet bouclé
  - enquête publique (juillet à septembre)

- 2004:
  - fort questionnement (politique) avant validation du projet
  - période politiquement instable
  - début du suivi scientifique des AMP (juillet, Criobe)
  - publication du PGEM de MOOREA au Journal Officiel de la Pf le 22 octobre 2004.

## D- LE PROTOCOLE PROPOSE POUR LE SUIVI

Dans une volonté de gestion durable des ressources marines, le gouvernement de la Polynésie française a mis en place des Plans de Gestion de l'Espace Maritime (PGEM), qui ont pour but de réglementer l'utilisation de l'espace maritime et l'exploitation des ressources. L'une des propositions du PGEM de Moorea était de créer des Aires Marines Protégées (AMP) réparties tout autour de l'île de Moorea.

Plusieurs Aires Marines Protégées ont donc été établies autour de l'île. Afin de valider l'efficacité des AMP, des aires témoins (AMT) ont également été créées, servant de zone 'contrôle' dans le suivi des AMP.

Ce présent document présente la mise en place de la surveillance scientifique des Aires Marines Protégées (AMP) de Moorea et des Aires Marines Témoins (AMT) et compile les données recueillies en 2004-2005.

### I. PRINCIPE DE SURVEILLANCE PROPOSÉ

Les récifs coralliens sont constitués d'éléments structurants qui vont construire et structurer le récif (essentiellement coraux et algues calcaires) et d'éléments associés (la faune et la flore qui vont venir coloniser ces récifs). Ces deux éléments (structurants et associés) vont être variables dans le temps et soumis à des variations abiotiques souvent incontrôlables (variations climatiques, blanchissement des coraux, cyclones, crises dystrophiques, etc....) et à des variations d'origines anthropiques plus ou moins contrôlables (pêche, remblais, pollutions, etc....).

La mise sous protection d'une zone est une manière de la mettre partiellement à l'abri des variations d'origines anthropiques qu'elle subissait par le passé. Afin de prouver qu'une mise sous protection d'une zone est une méthode efficace de protection, il est indiqué d'appliquer une procédure BACIPS (Before After Control Impact Series) (Osenberg *et al.*, 1992) de manière à contrôler l'impact de mise en réserve.

Le principe de la méthode de suivi BACIPS repose sur la surveillance en parallèle de deux zones, avant et après la mise en réserve de l'une des deux et l'observation de l'évolution temporelle des descripteurs retenus pour caractériser les zones. Les Aires Marines Témoins (AMT) ont donc été définies par les chercheurs chargés de travailler sur l'efficacité de l'effet réserve, et permettent de suivre l'évolution 'naturelle' de l'écosystème récifal hors des zones protégées, servant ainsi de 'référence' pour tester l'effet réserve.

L'application de la méthode BACIPS nécessite de :

- définir la zone qui va être mise en réserve ainsi que la zone témoin ;
- définir les descripteurs de suivi retenus ;
- mesurer ces descripteurs plusieurs fois dans le temps avant la mise en place de la mesure de protection en collectant des données dans les deux zones à la même date (Before, Control, Impact) ;
- mesurer ces descripteurs plusieurs fois dans le temps après la mise en place de la mesure de protection dans une des zones, toujours en collectant les données dans les deux zones à la même date (After, Control, Impact) ;
- analyser statistiquement les différences obtenues entre les deux zones.

## 2 – CAHIER DES CHARGES

- Huit AMP ont été choisies autour de Moorea :
  - Trois AMP au Nord : Tiahura, Pihaena et Aroa
  - Trois AMP à l'Est : Nuarei, Ahi et Maatea
  - Deux AMP à l'Ouest : Tathutaha et Tetaiuo

Les AMP correspondent à des zones définies géographiquement et balisées, dans lesquelles sont mises en place plusieurs restrictions.

- En parallèle, cinq aires témoins réparties au nord, à l'est et à l'ouest ont également été définies : Entre 2 baies (E2B), Temae, Afareaitu, Haapiti et Gendron  
Les AMT sont définies sur carte, ne sont pas balisées mais elles sont matérialisées par des transects perpendiculaires à la côte sur lesquels sont réalisés les mêmes comptages que pour les AMP.

- Au total la surveillance portera donc sur 13 Aires Marines autour de Moorea

- Les Aires Marines choisies englobent la zone allant du rivage jusqu'à 70 mètres de profondeur sur la pente externe. Dans chacune des aires marines, l'échantillonnage est réalisé en trois zones : une zone sur le récif frangeant, une zone sur le récif barrière et une zone sur la pente externe à -10 mètres.

- Pour des raisons de traitement des données et de statistiques, trois stations (réplicats) sont déterminées dans chaque zone, dans chaque aire. Chaque station est représentée matériellement par un transect (ligne de 25 m tendue) installé de manière aléatoire.

⇒ Le suivi portera donc sur **117 stations**

- 13 aires marines (8 AMP et 5 AMT) ;
  - avec trois zones par aire marine (pente externe, récif barrière, récif frangeant) (39 zones) ;
  - trois stations par zone (réplicats) (117 stations).
- A chacune des stations, les descripteurs mesurés le long du transect serviront à décrire et à surveiller les stations dans le temps. Cinq peuplements 'descripteurs' ont été retenus :
    - \* Coraux
    - \* Algues
    - \* Poissons
    - \* Mollusques
    - \* Echinodermes

## 3 – METHODES D'ECHANTILLONNAGE

### a – METHODES

Les méthodes d'échantillonnage utilisées pour cette étude rassemblent la technique du transect et la technique du quadrat, couramment utilisées en écologie terrestre et marine. Cette technique de « transect-quadrat » (Adjéroud, 1996) met en œuvre un quadrat de rectangulaire, au centre duquel est placé dans le sens de la longueur un transect linéaire (Figure 3 ; 5). L'aire délimitée par le quadrat permet de dénombrer le nombre de poissons par m<sup>2</sup>, alors que le transect sert à estimer le pourcentage de recouvrement des composants du substrat selon la méthode du 'Point Intercept Transect' (Loya, 1978). Les aires étudiées sont indiquées sur la Figure 4.

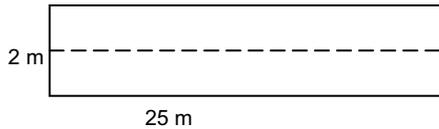


Figure 3- Le « transect-quadrat » utilisé au cours du suivi a une longueur de 25 m, et une largeur de 2 m, avec des points de comptage espacés de 50 cm le long du transect.

Pour chaque suivi (substrat, invertébré benthiques et poissons) les comptages s’effectuent sur trois transect-quadrats (trois répliqués) espacés de 25 m chacun à l’intérieur de chaque zone (pente externe, récif barrière, récif frangeant). Les zones choisies à l’intérieur de chaque aire correspondent à trois habitats différents : la pente externe à -10 m de profondeur, le récif barrière à 200 m en retrait des brisants de crête récifale et la bordure du récif frangeant la plus proche du chenal, ou, lorsque le chenal n’existe pas, à la frontière du récif barrière et du récif frangeant. Les comptages se font toujours après 8h et avant 16h30.



Figure 4- Rappel de la localisation des 8 Aires Marines Protégées (AMP, noms en blanc sur la carte) et 5 Aires Marines Témoins (AMT, noms en violet sur la carte) prospectées autour de Moorea

- 3 AMP se trouvent au Nord de l’île, dans les secteurs de TIAHURA, PIHAENA et AROA ;
- 3 AMP se trouvent à l’Est de l’île, dans les secteurs de NUAREI, AHI et MAATEA.
- 2 AMP se trouvent à l’Ouest de l’île, dans les secteurs de TAOTAHA et TETAIUO.
- 1 AMT se trouve au Nord de l’île dans le secteur d’ENTRE 2 BAIES (Opunohu et Cook)
- 2 AMT se trouvent à l’Est de l’île, dans les secteurs de AFAREAITU et TEMAE ;

- 2 AMT se trouvent à l'Ouest de l'île, dans les secteurs de HAAPITI et GENDRON.



Figure 5- Technique de comptage avec la technique « transect-quadrat » (photo : Claude Rives)

#### •b- Suivi de la couverture du substrat

Le comptage des coraux et des algues permet de déterminer la couverture du substrat. Le pourcentage de recouvrement est calculé en divisant le nombre de points le long du transect où ils sont comptés par le nombre de points total le long du transect (généralement 50 par transect). La moyenne de recouvrement est ensuite calculée pour chaque zone.

Les catégories de substrat sont les suivantes :

##### Divers

CV = Corail vivant	D = Débris coralliens
CM = Corail mort	V = Vase
MA = Macroalgues	S = Sable
DA = Dalle	A = Autre

##### Coraux vivants :

Les genres de coraux présents seront répertoriés selon les codes suivants :

ACR (Acropora), POC (Pocillopora), AST (Astreopora), CYP (Cyphastrea), FAV (Favia), FUN (Fungia), HER (Herpolitha), LER (Leptastrea), LES (Leptoseris), LOB ( Lobophyllia), MIL (Millepora), MOR (Montastrea), MON (Montipora), PAC (Pachyseris), PAV (Pavona), POR (Porites), PSA (Psammocora), SAN (Sandalolitha).

Nota : lors des phénomènes de stress notable (e.g: blanchissement), les colonies malades seront répertoriées par un code distinctif.

##### Macroalgues :

Turbinaria, Sargassum, Halimeda, Padina, Boodlea, Cyanophycées, Dictyota, Caulerpa

#### • c- Suivi des invertébrés benthiques

Les invertébrés "cibles" sont comptés et mesurés à l'intérieur de l'aire délimitée par le quadrat (50 m<sup>2</sup>), puis la moyenne est calculée entre les trois réplifications pour chaque zone.

##### Mollusques :

Bénitiers ou Pahua (*Tridacna maxima*),  
Burgaus (*Turbo marmoratus*),  
7 doigts ou Tara hitu (*Cassia cornuta*),  
Trocas (*Trochus niloticus*)

##### Echinodermes :

Etoiles de mer épineuse ou Taraméa (*Acanthaster planci*),  
Holothuries ocellées ou Rori (*Bohadschia argus*)  
Holothuries noires (*Halodeima atra*)

Holothuries synaptès (*Synapta* sp.)  
 Holothuries à pointes (*Telenota ananas*)  
 Oursins Tripneustes (*Tripneustes gratilla*)  
 Oursins Diadema ou Vana (*Diadema* sp.)  
 Oursins à gros piquants ou Vana (*Echinothrix diadema*)

• d- **Suivi des poissons**

Le comptage des poissons se fait dans la zone délimitée par le quadrat. Une identification de l'espèce ainsi qu'une estimation de la taille sont effectuées pour chaque poisson rencontré. Les comptages permettent ainsi d'avoir un nombre moyen d'individu par 50 m<sup>2</sup> pour chaque espèce dans chaque zone.

**5 – ORGANISATION DU SUIVI**

De manière à respecter la procédure BACIPS et afin d'étudier l'évolution temporelle des différents descripteurs des cinq peuplements à l'intérieur et en dehors des zones protégées, il a été décidé d'organiser des comptages sur les mêmes stations deux fois par an pendant deux ans. De manière à réaliser un échantillonnage le plus complet possible, les comptages sont réalisés à six mois d'intervalle pour cibler les mois de Janvier-Février (appelés saison chaude) et Juillet-Aout (appelés saison froide), et toujours au moment de la pleine lune. Le calendrier des comptages est donc organisé comme suit :

Tableau 10- Calendrier de suivi. L'étude des données temporelles (10 séries de données) sera réalisée dans le premier semestre 2009. Le rapport sera communiqué dans le deuxième semestre 2009 pour une prise de décisions sur la continuité avant la fin de l'année 2009.

1 <sup>er</sup> comptage	27-07 au 6-08-2004 (période froide)
2 <sup>e</sup> comptage	15-02 au 26-02- 2005 (période chaude)
3 <sup>e</sup> comptage	12-08 au 26-08-2005 (période froide)
4 <sup>e</sup> comptage	7-01 au 21-01-2006 (période chaude)
5 <sup>e</sup> comptage	4-07 au 11.-07-2006 (période froide)
6 <sup>e</sup> comptage	29-01 au 7-02-. 2007 (période chaude)
7 <sup>e</sup> comptage	26-07 au 3-08-2007 (période froide)
8 <sup>e</sup> comptage	18-02 au 26-02-2008 (période chaude)
9 <sup>e</sup> comptage	13-08 au 20-08-2008 (période froide)
10 <sup>e</sup> comptage	4-02 au 12-02-2009 période chaude
11 <sup>e</sup> comptage	1-09 au 9-09-2009 période froide
Analyse des résultats. Prise des décisions	Deuxième semestre 2009

Le changement global est actuellement au centre de beaucoup de discussions qui sont reprises dans un document de synthèse de Graham et al., (1996) en ce qui concerne les récifs coralliens. Un article à l'impression (Wilson et al., 2009 in press) récapitule les questions spécifiques aux récifs. Dans cet écosystème les questions d'échelles spatiales sont très instructives car elles intègrent des facteurs tels que la latitude à qui l'on peut associer un gradient de température, mais aussi des facteurs tels que la diversité ou la couverture corallienne (Briggs, 2005, Harley et al. 2006). En termes de conservation d'un espace protégé cette question d'échelle spatiale est primordiale : doit-on s'intéresser à de nombreuses surfaces de petites dimensions qui couvrent un ensemble d'habitats distincts ou au contraire à un nombre plus restreint de zones qui recouvrent moins d'habitats, mais qui présentent l'avantage d'un continuum spatial ? Est-ce que des surfaces identiques auront le même pouvoir de protection suivant la région biogéographique ou suivant la taille de l'île, son degré d'isolement? Faut-il privilégier la protection des espèces ou des fonctions écologiques qu'elles représentent ? La définition de « hot-spots » (Robert et al. 2002) comme des régions ou des zones de concentration de la diversité ou/et de l'endémisme peut-elle aider au choix dans la protection ? Les effets des réserves sur la diversité, densité, biomasse sont-ils, tout facteur étant égal par ailleurs, dépendants de la région ?

Il serait possible de multiplier ces questions, mais il ressort qu'à l'heure actuelle la gestion des espaces marins ne prend en compte que très rarement l'aspect régional. En particulier les conclusions tirées d'une étude dans un endroit de l'Indo-Pacifique sont perçues comme valides sur l'ensemble de ces deux océans alors que des analyses à grandes échelles de plus en plus nombreuses suggèrent que les particularismes locaux peuvent générer des réponses très différentes. Il apparaît donc important d'entreprendre l'intégration de l'information régionale dans la gouvernance de ces ressources. Un exemple tiré *in extenso* de l'HDR Kulbicki (2008) apporte quelques éléments de réflexion sur ce sujet encore peu connu et complexe.

"Supposons deux îles de taille et de morphologie identiques et supportant la même densité humaine, une située en Nouvelle Calédonie (Mélanésie), l'autre en Polynésie. Ces îles ont-elles le même potentiel halieutique ? Est-ce que l'installation d'une AMP (Aire Marine Protégée) de taille et distribution spatiale identique y aura des effets analogues ?

Nous savons que la diversité gamma<sup>1</sup> diffère entre ces deux régions, étant environ deux fois plus importante en Nouvelle Calédonie qu'en Polynésie (Figure 6). La diversité alpha<sup>2</sup> est fonction de cette diversité gamma et donc il y aura davantage d'espèces sur l'île néo-calédonienne que sur l'île polynésienne (Figure 7), en revanche nous savons aussi que la redondance<sup>3</sup> sera plus importante en Nouvelle Calédonie qu'en Polynésie. Il en résulte que les courbes diversité-biomasse seront différentes pour ces deux îles, la biomasse étant supérieure dans l'île néo-calédonienne (Figure 8). Les populations locales ne ciblent pas les mêmes espèces dans ces deux îles, en Polynésie la proportion d'espèces ciblées étant bien supérieure à ce qui est observée en Nouvelle Calédonie. Donc une proportion plus importante de la biomasse sera ciblée en Polynésie (Figure 9). Par ailleurs, ces mêmes populations ne consomment pas les mêmes quantités de poissons, en moyenne la consommation de poissons est trois fois supérieure en Polynésie qu'en Nouvelle Calédonie (Labrosse et al. 2006). Si cette consommation est reportée en proportion de la biomasse ciblée, il devient clair que la quantité de biomasse restant disponible à l'exploitation (que j'appellerai « potentiel halieutique ») est bien plus faible en Polynésie (Figure 10) alors qu'initialement les îles néo-calédoniennes et polynésiennes sont par tous points identiques. Inutile alors de souligner que l'application d'une gestion identique pourrait être préjudiciable, mais ce risque n'est à l'heure actuelle pas du tout perçu que ce soit par la communauté scientifique ou par les gestionnaires.

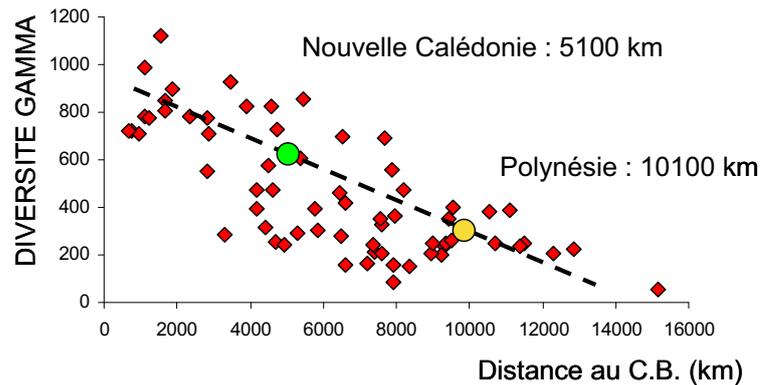
Sur ces deux mêmes îles supposons que l'on veuille installer des AMPs. Avons-nous des éléments pour proposer des différences dans le choix des AMP dans les deux cas ? Les caractéristiques des espèces en fonction de l'abondance relative sont très différentes suivant ces deux régions (Nouvelle Calédonie et Polynésie). En particulier les poissons appartiennent dans l'ensemble à des espèces plus grandes en

<sup>1</sup> La diversité gamma ou diversité régionale : ensemble des espèces répertoriées d'une région

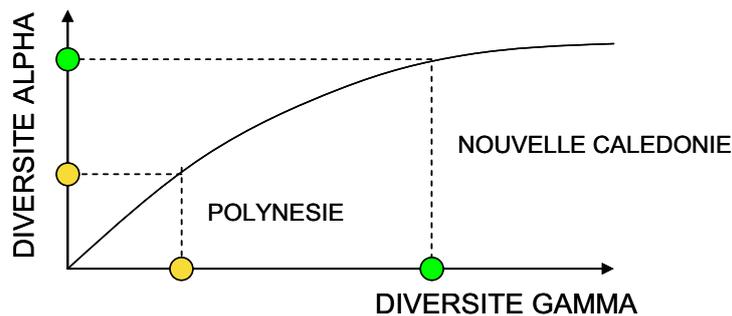
<sup>2</sup> La diversité alpha : nombre d'espèces répertoriées sur une unité écologique locale, par exemple un récif

<sup>3</sup> Redondance : ici nombre d'espèces ayant la même fonction écologique, par exemple la redondance des herbivores brouteurs sera le nombre d'espèces connues ayant cette fonction d'herbivorie.

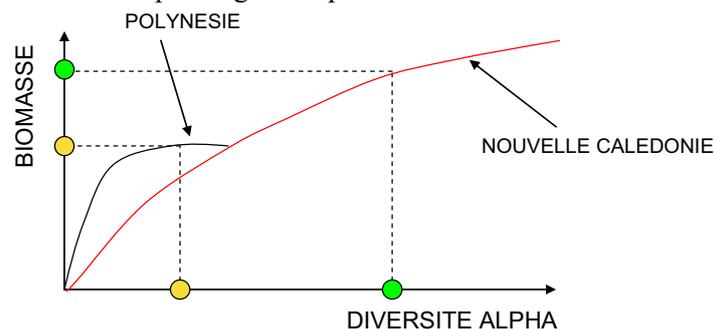
Polynésie et il y a proportionnellement davantage de carnivores et piscivores dans cette région qu'en Nouvelle Calédonie où les planctonophages sont en revanche plus importants qu'en Polynésie. Nous avons aussi montré que les poissons de Polynésie avaient des aires de répartitions plus importantes qu'en Nouvelle Calédonie et aussi que les espèces les plus grandes tendaient à avoir des aires de répartition plus importantes que les petites espèces. Par ailleurs nous savons que la redondance est moindre qu'en Nouvelle Calédonie au sein des groupes fonctionnels et que la biomasse est fonction à la fois de la diversité spécifique et de la diversité fonctionnelle. Pour terminer nous savons également que les relations entre diversité et facteurs environnementaux sont très différentes en Polynésie et en Nouvelle Calédonie. En particulier la diversité spécifique en Nouvelle Calédonie augmente de façon très significative avec l'échelle spatiale alors qu'en Polynésie la relation entre diversité spécifique et diversité de l'environnement est quasiment constante avec l'échelle spatiale (faible diversité beta<sup>4</sup>). »



**Figure 6 :** Relation entre diversité gamma (espèces récifales) et distance au centre de biodiversité.

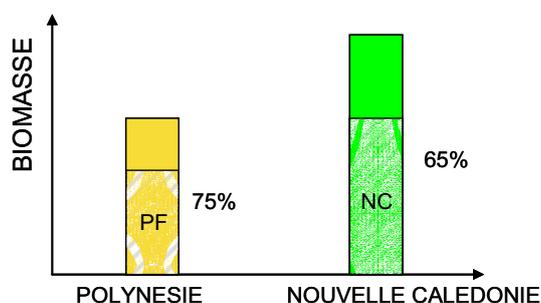


**Figure 7 :** Relation entre diversité alpha et gamma pour les deux îles.

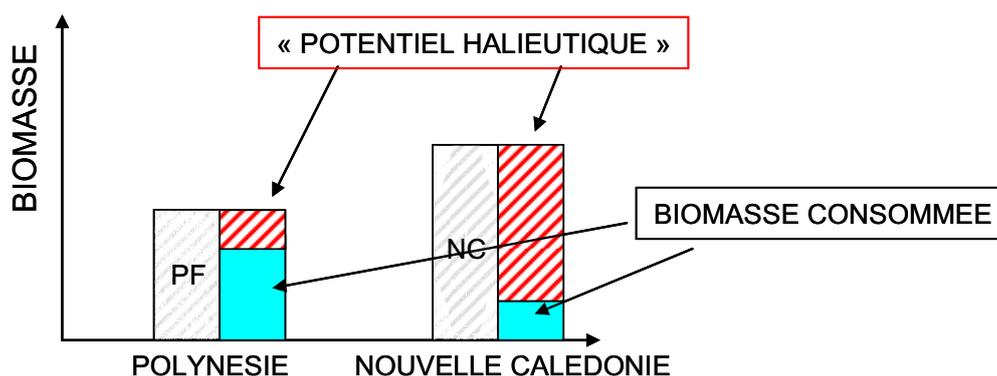


**Figure 8 :** Biomasse estimée pour l'île de Polynésie et l'île de Nouvelle Calédonie en fonction des relations entre biomasse et diversité..

<sup>4</sup> Diversité beta : il s'agit en fait d'un gradient de diversité. Autrement dit c'est le taux de changement des espèces entre deux endroits appartenant au même biotope



**Figure 9** : Proportion de la biomasse disponible qui est ciblée par la pêche. Dans cet exemple elle est fixée à 75% en Polynésie et 65% en Nouvelle Calédonie. Les parties ciblées de la biomasse (en hachurés) sont identifiées par « PF » et « NC » pour le graphe suivant.



**Figure 10** : Définition d'un « potentiel halieutique » pour les deux îles des figures précédentes. On suppose la consommation de poisson en Polynésie à 100 kg/an/habitants (Yonger 2002 ; Lagadec 2003) et à 30 kg/an/habitant en Nouvelle Calédonie (Labrosse et al. 2006). La biomasse consommée dans chaque île est indiquée en bleu, la biomasse ciblée en gris hachurée, le « potentiel halieutique » étant la différence entre le ciblé et le consommé.

Il résulte de tout ceci en termes de gouvernance.

- En Nouvelle Calédonie il faudrait probablement privilégier des AMPs qui couvrent plusieurs types de récifs, alors qu'en Polynésie il suffirait de couvrir les zones où la diversité locale est maximale.
- Les effets relatifs des AMPs sur la biomasse seraient plus importants en Polynésie (mais la biomasse y resterait cependant moindre qu'en Nouvelle Calédonie).
- Les AMPs en Polynésie affecteraient davantage d'espèces d'intérêt commercial (en proportion) qu'en Nouvelle Calédonie.
- Les AMPs pourraient avoir un effet plus important sur les îles voisines en Polynésie qu'en Nouvelle Calédonie.

Il apparaît donc que des AMPs de même taille sur des îles identiques auraient davantage d'impact en Polynésie qu'en Nouvelle Calédonie. Il est surtout clair que les AMP n'y auraient pas les mêmes conséquences. Ceci n'est en aucune façon un plaidoyer pour des AMPs plus petites en Polynésie ou plus grandes en Nouvelle Calédonie, mais c'est surtout une façon de rappeler que ces deux systèmes malgré une forte similitude dans la composition spécifique et des groupes fonctionnels ne fonctionnent pas de la même façon et donc leur gestion devrait prendre ce point en considération.

Cinq questions restent d'actualités mais commencent à trouver des réponses dans l'abondante littérature consacrée aux Aires Marines Protégées. (*Almany et al. , 2009 ; Botsford et al. , 2009 ; Jones et al. , 2009 ; Mc Cook et al. , 2009 ; Munday et al. , 2009 ; Steneck et al. , 2009*).

- **Des Aires Marines Protégées, pour qui ?**
- **Des Aires Marines Protégées, pour quoi ?**
- **Où positionner les Aires Marines Protégées ?**
- **Taille des Aires Marines Protégées ?**
- **Position des Aires Marines Protégées les unes par rapport aux autres « Reserve Spacing » ?**

Une fois ces questions posées restent toujours à optimiser

- **Les plans d'échantillonnage**
- **Les procédures standardisées à appliquer avant (plan d'échantillonnage) et après (méthodes d'analyses)**
- **La description de l'état initial**
- **La régularité des suivis**
- **Les plans de gestion et de suivi**

## • REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ablan, MCA., McManus JW., Viswanathan, 2004. Indicators for management of coral reefs and their applications to marine protected areas. NAGA, Worldfish Center Quarterly, vol. 27 No. 1 & 2 Jan-Jun 2004.
- Acosta CA et Robertson DN., 2002. Comparative spatial ecology of fished spiny lobster *Panulirus argus* and an unfished congener *P. guttatus* in an isolated marine reserve at Glover's Reef atoll, Belize. Coral reefs Published online -7pp.
- Adams S., Mapstone BD., Russ GR., Davies CR., 2000. Geographic variation in the sex ratio, sex specific size, and age structure of *Plectropomus leopardus* (Serranidae) between reefs open and closed to fishing on the Great Barrier Reef. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 1448-1458.
- Adjeroud, M. (1996) Biodiversité dans un écosystème coralline insulaire: analyse de la répartition spatiale de la biodiversité des peuplements mégabenthiques et relations avec les facteurs environnementaux. Thèse doctorale, Université de Paris VI. 380 pp.
- Agardy T., 2000. Effects of fisheries on marine ecosystems: A conservationist's perspective. *CES J. Mar. Sci.* 57, 761-765.
- Alcala AC., 1981. Fish yields of coral reefs of Sumilon Island, central Philippines. *Nat Res Council Philippines Res Bull* 36 – p. 1-7
- Alcala AC., 1988. Effects of marine reserves on coral fish abundances and yields of Philippine coral reefs. *Ambio* 17, 194-199.
- Alcala AC., Russ GR., 1990. A direct test of the effects of protective management on abundance and yield of tropical marine resources. *J. Cons. Int. Explor. Mer* 46, 40-47.
- Alder J., 1996. Have tropical marine protected areas worked? An initial analysis of their success. *Coast. Manage.* 24, 97-114
- Allison GW., Lubchenco J., Carr MH., 1998. Marine reserves are necessary but not sufficient for marine conservation. *Ecological Applications* 8(1) supplément: S79-S92
- Almany G.R., Connolly S.R., Heath D.D., Hogan J.D., Jones G.P., Jones L.J., McCook L.J., Pressey R.L., Williamson D.H. 2009- Connectivity, biodiversity conservation and the design of marine reserve networks for coral reefs. *Coral reefs* 28(2): 339-351
- Appeldoorn RS., 1997. Dispersal rates of commercially important coral reef fishes: what do tagging studies tell us about potential emigration from marine reserves. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, vol 49 -p.54-70.
- Arias-Gonzales JE., 1998. Trophic models of protected and unprotected coral reef ecosystems in the South of the Mexican Caribbean. *J. Fish Biol.* 53 (Suppl. A), 236-255.
- Arias-Gonzales JE., Castaneda V., Gonzales-Salas C., Caceres C., Garza R., Maldonado A., Munnez-Lara E., 1999. What effect can minimum restriction produce in a coral reef area. *Coral reef*, vol 18 -212pp.
- Arin T., Kramer RA., 2002. Divers' willingness to pay to visit marine sanctuaries : an exploratory study. *Ocean & Coastal Management* 45 –p 171-183.
- Armand M., 2005. Aires marines protégées en milieu corallien. Action fédérative IFRECOR. 15 p.
- Armand M., Brenier A., Cheminée A., 2006. Aires marines protégées en milieu corallien : Désignation, Gestion, Effet réserve. Rapport WWF, 40 p.
- Armstrong DA., Wainwright TC., Jensen GC., Dinnel PA., Andersen HB., 1993. Taking refuge from bycatch issues: Red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) and trawl fisheries in the eastern Bering Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 1993-2000.
- Arvam, 2003. Mise au point des conditions d'étude de « l'effet réserve » & de l'impact des aménagements à destination des usagers. Rapport ARVAM pour le compte de la DIREN Réunion. 89 p.
- Arvam, 2005. Observatoire des récifs Coralliens de Mayotte : campagne ORC 6. Rapport pour la DAF Mayotte.
- Arvam., 2006. Suivi 2005 et 2006 de l'état de santé des récifs coralliens de la Réunion. Rapport pour la DIREN Réunion, 77 p.
- Arvam, 2006. Rapport Reef Check-Quicksilver initiative, la Réunion. 23 p.
- Arvam., 2006. Projet de réserve naturelle du lagon de Mayotte : Cartographie géomorphologique et écologique de six zones remarquables. Rapport pour la DAF Mayotte, 88 p + annexes.
- Aswani, S., Hamilton R., 2004. Les aires marines protégées aux îles Salomon occidentales : faut-il créer de nombreuses petites ou un petit nombre de grandes ? Ressources marines et traditions -Bulletin de la CPS n°16.

- Aubanel A., 1993- Valeurs socio-économiques du milieu corallien récifal et de ses ressources. Application à une île océanique du Pacifique sud : Morrea, archipel de la Société, Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux III : 320 pages.
- Ault et al., 1984-
- Ault J., Beggs G., Gribble N., Kulbicki M., Mapstone B., Medley P. 2004 Coral reef fish stock assessment workshop. Panel report. *Western Pacific Fishery Management Council. Honolulu.35 pp.*
- Babcock RC., Kelly S., Shears NT., Walker JW., Willis TJ., 1999. Changes in community structure in temperate marine reserves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 189, 125-134.
- Barnabe G., Baranabe R., 1997. Ecologie et aménagement des eaux côtières. Ed. Tec. et Doc -301pp.
- Bambridge T et Gaspar C., 2008-“ Aires marines protégées (AMP) et territoires à Moorea (Polynésie française)”, projet GAUIS/WP2/02, mai 2008, 22 p.
- Bayle-Sempere JT., Ramos-Espla AA., 1993. Some population parameters as bioindicators to assess the « reserve effect » on the fish assemblage. In : Boudouresque C.F., Mavon M. & Pergent-Martini (Eds). *Qualité du milieu marin. Indicateurs biologiques et physico-chimiques. GIS Posidonie publ. Fr -p.183-214.*
- Beger LR., Kareiva PM., Bascompte J., 2002. The influence of life history attributes and fishing pressure on the efficacy of marine reserves. *Biol. Con.* 106 – p. 11-18
- Bell JD., 1983. Effects of depth and marine reserve fishing restriction on the structure of a rocky reef fish assemblage in the north-western Mediterranean Sea. *J. Appl. Ecol.* 20 -p.357-369.
- Bellwood et al., 2005-
- Bellwood DR., 1998. Seasonal changes in the size and composition of the fish yield from reef around Apo Island, central Philippines, with notes on methods of yield estimation. *J. Fish. Biol* 32 – p.881-893
- Bellwood D.R., Hughes T.P., Connolly S.R., Tanner J. 2005 Environmental and geometric constraints on Indo-Pacific coral reef diversity. *Ecol.Letters* 8 : 643-651
- Benaka L.R., 1999. Fish habitat: essential fish habitat and rehabilitation. *Am. Fish. Soc.*, 22: 1-9.
- Béné C., Tewfik A., 2003. Biological evaluation of marine protected area: Evidence of crowding effect on a protected population of queen conch in the Caribbean. *PSZNI Mar. Ecol.* 24, 45-58.
- Bennett BA., Attwood CG., 1991. Evidence for recovery of a surfzone fish assemblage following the establishment of a marine reserve on the southern coast of South Africa. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 75, 173-181.
- Bernardo RG., 2001. Environmental impacts and Distribution of Benefits of Apo Island Marine Sanctuary, Dauin, Negros Oriental, Philippines. MSc Thesis, University of the Philippines, Los Baños.
- Bohnsack JA., 1982. Effects of piscivorous predator removal on coral reef fish community structure. In: *Gutshop'81: Fish Food Habits and Studies.* Caillet, G. M. and Simenstad, C. A. (Eds). Washington Seagrant Publications. University of Washington, Seattle: 258-267
- Bohnsack JA., 1990. The potential of marine fishery reserves for reef fish management in the US Southern Atlantic. NOAA Tech Memo NMFS-SEFC-261, Miami -40pp.
- Bohnsack JA., 1993. Marine reserves. They enhance fisheries, reduce conflicts, and protect resources. *Oceanus*, vol 36 -p.63-71.
- Bohnsack JA., 1996. Maintenance and recovery of reef fishery productivity. In : Polunin N.V.C., Roberts C.M. Eds. *Reef Fisheries*, Chapman and Hall, London -p.283-313.
- Bohnsack JA, 1998. Applications of marine reserves to reef fisheries management. *Australian Journal of Ecology*, vol 23 p.298-304.
- Bohnsack JA, 2002. Reef fish Community Dynamics and Linkages with Florida Bay. 2002 Annual Progress Report for South Florida Ecosystem Restoration Program. NOAA/NMFS/SEFSC/Protected Resources Division PRD/01/02-06. 11p.
- Bohnsack JA., Ault JA., 1996. Management strategies to conserve marine biodiversity. *Oceanography*, vol 9, Issue 1 -p.73-82.
- Bohnsack JA., Harper DE., McClellan DB., 1992. Marine reserves for reef fishes : lessons from partially protected areas in the Florida Keys, U.S.A. *Proc. 7th Int. Coral Reef Sym.*, Guam., vol 2 -993pp.
- Botsford L.W., White J.W., Coffroth M.-A., Paris C.B., Planes S., Shearer T.L., Thorrold S.R., Jones G.P., 2009- Connectivity and resilience of coral reef metapopulations in marine protected areas: matching empirical efforts to predictive needs. *Coral reefs* 28(2): 327-337
- Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Brugneaux S., Mazeas F., 2002. L'état des récifs coralliens dans les Antilles françaises. Rapport IFRECOR, Université des Antilles et de la Guyane, 31 pp.
- Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Louis M., 2003. Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Rapport UAG, 56 pp.
- Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Louis M., Portillo P., 2002. Mise en place d'une station de suivi des communautés récifales dans la réserve marine de Saint-Barthélemy : premiers résultats. Rapport UAG, Université des Antilles et de la Guyane, 12 pp.
- Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Louis M., Portillo P., 2006. Bilan du suivi des communautés récifales de Saint-Barthélemy : années 2002-2006. Rapport UAG, 23 pp.

- Bouchon C., Portillo P., Bouchon-Navaro Y., Louis M., 2006. Bilan de l'état de santé des récifs coralliens de Guadeloupe (années 2002-2006). Rapport UAG, 40 pp.
- Bouchon-Navaro Y., Bouchon C., Louis M., 2000. Variabilité des inventaires d'espèces mobiles : exemple des poissons récifaux. Pp 55-72. In : Guillaume M. (ed.). L'inventaire ZNIEFF-Mer dans les DOM : bilan méthodologique et mise en place. MNHN / IEGB / SPN / BIMM. Coll. Patrimoines naturels 42, 197 pp.
- Bourjea J., Lapègue S., Gagnevin L., Broderick D., Mortimer JA., Ciccione S., Roos D., Taquet C., Grizl H., 2007.
- Phylogeography of the green turtle, *Chelonia mydas*, in the Southwest Indian Ocean. *Molecular Ecology*, 16:175-186.
- Branch GM., Odendaal F., 2003. The effects of marine protected areas on the population dynamics of a South African limpet, *Cymbula oculus*, relative to the influence of wave action. *Biological Conservation* 114 (2): 255-269.
- Brenier A., 2003- Variabilité temporelle de l'organisation de trois peuplements de poissons réceptifs (Tiahura, Moorea, Polynésie française). DEA Océanographie biologique et Environnement marin, Paris VI : 31 Pages., 2003-
- Brenier A., 2004. Désignation, délimitation et gestion des Aires Marines Protégées en milieu corallien. Rapport de stage, WWF.
- Brenier A., Ferraris J., 2005. Synthèse sur les systèmes de suivi de l'état de l'environnement et des ressources vivantes en milieu corallien. Rapport IRDCoReUs:9pp
- Briggs J.C. 2005 Coral reefs: conserving the evolutionary sources. *Biological Conservation* 126: 297-305
- Briggs, 2005-
- Brown J.H., Kodric-Brown A., 1977. Turnover rates in insular biogeography: effects of immigration on extinction. *Ecology*, 58: 445-449.
- Brown K., Adger WN., Tompkins E., Bacon P., Shim D., Young K., 2001. Trade-off analysis for marine protected area management. *Ecological Economics* 37 -p 417-434.
- Bruggemann H., Guillaume M., 2005. Mise en œuvre du suivi de l'effet réserve : Développement des protocoles de suivi et établissement de l'état initial de la future réserve naturelle marine à St-Leu. Rapport ECOMAR/Univ Réunion.
- Bunce L., Gustavson K., Williams J., Miller M., 1999. The human side of reef management: a case study analysis of the socioeconomic framework of Montego Bay Marine Park. *Coral Reefs* 18:369-380.
- Buxton CD., 1993a. Life-history changes in exploited reef fishes on the east coast of South Africa. *Env. Biol. Fishes*, vol 36, p 47-63.
- Buxton CD., 1993. Marine reserves –The way ahead. In : BECKLEY L.E. & VAN DER ELTS R.P. (Eds.). *Fish and Fisheries*. Oceanogr. Res Inst. Spec. Publ., vol 2 -p.170-176.
- Buxton, CD., Smale MJ., 1989. Abundance and distribution patterns of three temperate marine reef fish (Teleostei:Sparidae) in exploited and unexploited areas off the southern cape coast. *Journal of Applied Ecology* 26: 441-451.
- Capella J., 1996. Une aire protégée : les îles Medes. *Fragile Méditerranée*. A la reconquête d'un équilibre écologique. Edisud ed., Aix-en-Provence, p.238-239.
- Carr MH, Reed DC., 1993. Conceptual issues relevant to marine harvest refuges : example from temperate reef fishes. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, vol 50, p.2019-2028.
- Carter J., Sedberry GR., 1997. The design function of marine fishery reserves as tool for the management and conservation of the Belize barrier reef. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.*, vol 2, p.1911-1916.
- Castilla JC., Bustamante RH., 1989. Human exclusion from rocky intertidal of Las Cruces, central Chile: Effects on *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta, Durvilleales). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 50, 203-214.
- Castilla JC., Fernandez M., 1998. Small-scale benthic fisheries in Chile : on co-management and sustainable use of benthic invertebrates. *Ecological Applications* 8(1) supplement: S124-S132.
- Cazalet B, 2008- "Historique , cadre juridique et institutionnel du Plan de gestion de l'espace maritime (PGEM) de Moorea, Polynésie Française , projet GAUIS/WP2/01, 47p.
- Chaboud C , Meral P, 2008- "Rapport de mission et éléments de réflexion scientifique, Tahiti-Moorea, 28 février-21 mars 2009", projet GAUIS/WP4/03, septembre 2009, 36p.
- Chaboud C , Meral P, et Ferraris, 2008- "Rapport de mission, Tahiti-Moorea, 06 mars-03 avril 2008", projet GAUIS/WP4/02, août 2008, 28p.
- Chaboud C , Meral P, et Ferraris, 2008- "Relevé de conclusion de la mission réalisée à Tahiti-Moorea du 06 mars- 03 avril 2008 ", projet GAUIS/WP4/02.1, août 2008, 11p.
- Chapman MR., Kramer DL., 1999. Gradients in coral reef fish density and size across the Barbados Marine Reserve boundary: effects of reserve protection and habitat characteristics. *Marine Ecology Progress Series*, vol 181 -p.81-96.
- Chapman MR., Kramer DL., 2000. Movements of fishes within and among fringing coral reefs in Barbados. *Environ. Biol. Fish.* 57, 11-24.

- Charles M., 2005- Functions and socio-economics importance of coral-reefs and lagoons and implications for sustainable management. Case study of Moorea, French Polynesia. Doctorat Thesis, Wageningen University Environmental Science : 148 pages.
- Chateau O., 2006. Contribution à l'étude du fonctionnement des aires marines protégées en milieu corallien. Interactions entre zones protégées et zones non protégées. Etat d'avancement, 2<sup>ème</sup> année de thèse. Université de Nouvelle-Calédonie
- Chateau O., Wantiez L., 2005. Comparaison de la structure des communautés de poissons coralliens d'intérêt commercial entre une réserve marine et deux zones non protégées dans le parc du lagon Sud de Nouvelle-Calédonie. *Cybiurn*, 29(2) : 159-174.
- Chauvet C., Barnabe G., Bayle-Sempere J., Bianconi CH., Francour P., Garcia-Rubes A., Harmelin JG., Miniconi R., Pais A., Robert P., 1991. Recensement du mérou *Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) dans les réserves et parcs marins des côtes méditerranéennes françaises. In : Les espèces marines à protéger en Méditerranée, Boudouresque C.F., Avon M. & Gravez V. Eds. GIS Posidonie Publ. Marseille -p.277-290.
- Chiappone M., Sealey K.M., 2000. Marine reserve design criteria and measures of success: Lessons learned from the Exuma Cays land and sea park, Bahamas. *Bull. Mar. Sci.* 66, 691-705.
- Chiappone M., Sluka R., Sealey S., 2000. Groupers (Pisces: Serranidae) in fished and protected areas of the Florida Keys, Bahamas and northern Caribbean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 198, 261-272.
- Christie P., 2004. Marine protected areas as biological successes and social failures in Southeast Asia. *Am. Fish. Soc. Symp.* (in press).
- Cinner J., Marnane NJ., Mc Clanahan TR., Almany GR., 2005. Periodic closures as adaptive coral reef management in the IndoPacific. *Ecology and Society* 11(1):31.
- Ciriaco S., Costantini M., Italiano C., Odorico R., Picciulin M., Verginella L., Spoto M., 1998. Monitoring the Miramare marine reserve: Assessment of protection efficiency. *Ital. J. Zool.* 65, 383-386.
- Claudet J., Pelletier D., 2004. Marine protected areas and artificial reefs: A review of the interactions between management and scientific studies. *Aquat. Living Resour.* 17, 129-138.
- Clua E., Legendre P., Vigliola L., Magron F., Kulbicki M., Sarramegna S., Labrosse P., Galzin R., 2005. Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. *JEMBE* (sous presse).
- Cole RG., Ayling TM., Creese RG., 1990. Effects of marine reserve protection at Goat Island, northern New Zealand. *New Zealand J. Mar. Freshwater Res.* 16, 233-250.
- Conover DO., Travis J., Coleman FC., 2000. Essential fish habitat and marine reserves: An introduction to the second Mote symposium in fisheries ecology. *Bull. Mar. Sci.* 66, 527-534.
- Corless M., Hatcher B., Hunte W., Scott S., 1997. Assessing the potential for fish migration from marine reserves to adjacent fished areas in the Soufriere Marine Management Area, St. Lucia. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, vol 49 -p.71-98.
- Cote IM., Mosqueira I, Reynolds JD., 2001. Effects of marine reserve characteristics on the protection of fish populations: a meta-analysis. *Journal of Fish Biology* 59 (Suppl. A): 178-189.
- Cowley PD., Brouwer SL., Tinley RL, 2002. The role of the Tsitsikamma National Park in the management of four shore-angling fish along the south Eastern Cape coasts of South Africa. *South African Journal of Marine Science* 24: 27-36.
- Crosby MP., 1994. A proposed approach for studying ecological and socio-economic impacts of alternative access management strategies for marine protected areas. In: D. Brunckhorst (Eds.), *Marine protected areas and biosphere reserves: Towards a new paradigm*, Australian Nature Conservation Agency, Canberra, pp. 45-65.
- Crosby MP., Reese ES., 1996. A manual for monitoring coral reefs with indicator species: Butterflyfishes as Indicators of Change on Indo-Pacific Reefs. Office of Ocean and Coastal Resource Management, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD. 45p.
- Davis GE., 1977. Effects of recreational harvest on a spiny lobster, *Panulirus argus*, population. *Bull. Mar. Sci.* 27, 223-236.
- Day JC., 2002. Zoning-lessons from the Great Barrier Reef Marine Park. *Ocean & Coastal Management* 45: 139-156.
- Demartini E., 1993. Modelling the potential of fishery reserves for managing Pacific coral reef fishes. *Fishery Bulletin*, vol 91, p. 414-427.
- Denny CM., Babcock RC., 2004. Do partial marine reserves protect fish assemblages. *Biol. Conserv.* 116, 119-129.
- Diaz-Pulido G., McCook L.J., Dove S., Berkemans R., Roff G., 2009. Doom and boom on a resilient reef: climate change, algal overgrowth and coral recovery. *PLoS ONE*, 4: 1-9.
- Direction de l'Environnement de Polynésie française, 2005. Code de l'Aménagement de la Polynésie française. Direction de l'Environnement : 190 p.
- Direction de l'Environnement de Polynésie française, 2007. Le classement des espaces naturels. Direction de l'Environnement de Polynésie française : 21 p.

- Doherty P.J., 2002. Variable replenishment and the dynamics of reef fish populations. In: Sale P.F. (ed.), *Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem*, Academic press, San Diego, pp. 327-358.
- Dufour G., Guidetti P., Francour P., 2006. Comparaison des inventaires de poissons dans les aires marines protégées de Méditerranée : influence de la surface et l'ancienneté. 15 pp + annexes.
- Dufour V., Jouvenel JY., Galzin R., 1995. Study of a Mediterranean reef fish assemblage. Comparisons of population distributions between depths in protected and unprotected areas over one decade. *Aquat. Liv. Res.*, vol 8, Issue 1 -p.17-25.
- Dugan JE., Davis GE., 1993. Application of marine refugia to coastal fisheries management. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* vol 50 p.2029-2042.
- Dulvy NK., Mitchell RE., Watson D., Sweeting CJ., Polunin NVC., 2002. Scale-dependent control of motile epifaunal community structure along a coral reef fishing gradient. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 278, 1-29.
- Durville P., Bosc P., Galzin R., Conand C., 2002. Colonisation d'un récif frangeant de l'île de la Réunion par les larves de poissons coralliens. *Oceanologica Acta* 25 – p. 23-30.
- Dutrieux E., Quod JP., Bigot L., Hoarau S., Savelli A., Loubies S., Gayte O., Licari ML., Letourneur Y., 1995. Gestion intégrée du littoral de l'île de la Réunion. Document méthodologique préparatoire à la mise en place d'une planification environnementale. Rapport pour le compte de la Diren Réunion, 26 pp.
- Edgar GJ., Barrett NS., 1997. Short term monitoring of biotic change in Tasmanian marine reserves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 213, 261-279.
- Edgar GJ., Barrett NS., 1999. Effects of the declaration of marine reserves on Tasmanian reef fishes, invertebrates and plants. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 242, 107-144.
- Elliot G., Mitchell B., Wiltshire B., Manan I., Wismer S., 2001. Community participation in marine protected area management: Wakatobi National Park, Sulawesi, Indonesia. *Coast. Manage.* 29, 295-316.
- Emmanuelli E., 2006. Suivi des aires marines protégées de Moorea : mise en place d'un protocole de suivi impliquant des volontaires. Rapport Matsre Université de Floride. 33 p.+ annexes.
- Engel J., Kvitek R., 1998. Effects of otter trawling on a benthic community in Monterey Bay National Marine Sanctuary. *Conserv. Biol.* 12, 1204-1214.
- Epstein N., Bak RPM., Rinkevich B., 1999. Implementation of a small-scale "no-use zone" policy in a reef ecosystem: Eilat's reef-lagoon six years later. *Coral Reefs*, vol 18 -p.327-332.
- Eristhee N., Oxenford HA., 2001. Home range size and use of space by Bermuda chub *Kyphosus sectatrix* (L.) in two marine reserves in the Soufrière Marine Management Area, St Lucia, West Indies. *J. Fish Biology*, vol 59 p.129-151.
- Evans RD., Russ GR., 2004. Larger biomass of targeted reef fish in no-take marine reserves on the Great Barrier Reef, Australia. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 14: 505-519.
- Faulin A., 2007 -Faisabilité d'une étude sur le mérou géant (*Epinephelus itajara*) en Guyane Française et évaluation du contexte socio-économique de la filière pêche de plaisance. Rapport de stage de Master professionnel en Environnement et Espaces Littoraux « Génie des anthroposystèmes littoraux », Université de La Rochelle.
- Farrow S., Sumaila UR., 2002. Conference summary: the "new" emerging economics of marine protected areas. *Fish and Fisheries* 3: 356-359.
- Féral F., 2008- "Rapport de synthèse sur la mission GAUIS en Polynésie française", projet GAUIS/WP1/02, 29p.
- Ferraris J., 2006. Using indicators to assess fisheries health in coral reef ecosystem. Workshop of CRISP-2A: Knowledge, management, rehabilitation and beneficial use of coral reef ecosystem, Suva (Fiji).
- Ferraris J., Beliaeff B., Galzin R., Perez T., 2005. Indicators in reef ecosystems. *Aquat. Living Resour.* 18.
- Ferraris, J., Pelletier D., Kulbicki M., Chauvet C., 2005. Assessing the impact of removing reserve status on the Abore Reef fish assemblage, New Caledonia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 292:271-286.
- Ferreira BP., Russ GR., 1995. Population structure of the leopard coral grouper, *Plectropomus leopardus*, of fished and unfished reefs off Townsville, Central Great Barrier Reef, Australia. *Fish. Bull.* 93, 629-642.
- Francour F., 1992. Ichtyofaune de la réserve de Scandola (Corse, Méditerranée Nord-Occidentale). Analyse pluriannuelle de l'Effet Réserve. *MEDPAN News*, vol 3 -p.3-14.
- Francour F., 1993. Analyse pluriannuelle de l'Effet Réserve sur l'ichtyofaune de la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée Nord-Occidentale). *Mar. Life*, vol 3, Issue 1-2 -p.83-93.
- Francour F., 1994. Pluriannual analysis of the reserve effect on ichthyofauna in the Scandola naturel reserve (Corsica, Northern-Occidental Mediterranean). *Oceanol. Acta.*, vol 17, Issue 3 -p.309-317.
- Francour F., 2000. L'Effet Réserve : passé, présent et avenir. Colloque sur les Aires Marines Protégées en Méditerranée du 09 au 11 novembre 2000.
- Francour P., Sartoretto S., Harmelin JG., 1997. Synthèse des connaissances et des acquis sur les aires marines protégées de Méditerranée : éléments raisonnés pour leur création et leur mise en place. Premier séminaire international sur Mobilisation, Exploitation et Conservation des Ressources Naturelles In : Dossier "zones marines protégées". 1998. Parc National de Port-cros -p.1-19.

- Friedlander, A., Nowlis JS., Sanchez JA., Appeldoorn R., Usseglio P., McCormick C., Bejarano S., Mitchell-Chui A., 2003. Designing effective marine Protected Areas in Seaflower Biosphere Reserve, Colombia, based on Biological and Sociological information.
- Gabriel C., Eynaudi A., Cheminée A., 2007. Les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Document IFRECOR/WWF. 102 p.
- Gabriel C., Eynaudi A., Cheminée A., 2007. Les récifs coralliens protégés de l'outre mer français. IFRECOR / WWF / Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable : 102 p.
- Gabriel C., You H et Farget P., 2007. L'état de l'environnement en Polynésie française en 2006. Ministère de l'Environnement de Polynésie française/ Institut français de l'Environnement (IFEN) : 369 p.
- Galal, 2008, « Droit des lagons de Polynésie française », Revue Juridique de l'Environnement, RJE 4/2008, pp. 391-407.
- Galal N., Ormond G., Hassan O., 2002. Effect of a network of no-take reserves in increasing exploited reef fish stocks and catch per unit effort at Nabq, South Sinai, Egypt. *Marine and Freshwater Research* 53: 199-205.
- Galzin R., Emmanuelli E., Ferraris J., Mellado T., 2006. Rapport IRD/CRIOBE pour le SPE et l'Urbanisme, Services Territoriaux de Polynésie française : 133 pages.
- Garces L., 1998. Marine coastal conservation in San Salvador Island, Philippines. *NAGA. The ICLARM Quarterly* -59pp.
- Garcia-Charton JA., Perez-Ruzafa A., 1999. Ecological heterogeneity and the evaluation of the effects of marine reserves. *Fisheries Research* 42 – p. 1-20.
- Garcia-Charton JA., Pérez-Ruzafa A., Sánchez-Jerez P., Bayle-Sempere JT., Reñones O., Moreno D., 2004. Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Mar. Biol.* 144, 161-182.
- Garcia-Rubies A., Zabala M., 1990. Effect of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Island marine reserve. *Sci Mar.*, vol 54 -p.317-328.
- Gardes L., Salvat B., 2008. Récifs coralliens de l'Outre-mer français : Suivi et état des lieux. *Revue d'Ecologie*, Volume 63, 2008.
- Gardner TA, Cote IM, Gill JA, Grant A, Watkinson AR (2003) Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Sciences* 301:929-933
- Garnier R., Bigot L., Naim O., Troadec R., Moyne-Picard M., 1999. Projet de mise en réserve naturelle du littoral ouest et sud de l'île de la Réunion. Cartographie et sensibilité des écosystèmes marins. Rapport ARVAM pour le compte de la DIREN, 93 p.
- Garrigue C., Virly S., 2007. Réseau d'observation des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie. Rapport final des activités entreprises. 94 p.
- Gell FR., Roberts CM., 2003. Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *TRENDS in Ecology and Evolution* 18(9): 448-454.
- Gell FR., Roberts CM., 2003. The fishery effects of marine reserves and fishery closures. WWF-US, 1250 24th Street, NW, Washington, DC 20037, USA.
- Gerbier LR., Kareiva PM., Bscombe J., 2002. The influence of life history attributes and fishing pressure on the efficacy of marine reserves. *Biol. Cons.*, vol 106 -p.11-18.
- Gladstone W., 2000. The ecological and social basis management of a Red Sea marine protected area. *Ocean and Coastal Management* 43 – p. 1015-1032.
- Gladstone W., 2002. The potential value of indicator groups in the selection of marine reserves. *Biological Conservation* 104: 211-220.
- Goeden GR., 1982. Intensive fishing and keystone of predator species : ingredients for community instability. *Biol. Cons.*, vol 22 -p.273-281.
- Guénette S., Lauck T., Clark C., 1998. Marine reserves : from Beverton and Holt to the present. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 8: 251-272.
- Graham NAJ., Evans RD., Russ GR., 2003. The effects of marine reserve protection on the trophic relationships of reef fishes on the Great Barrier Reef. *Environmental Conservation* 30 (2): 200-208.
- Gardner et al., 2003-
- Halpern B., 2002. The impact of marine reserves: do reserves work and does reserve size matter? *Ecological Applications* 13(1) supplement: S117-S137.
- Halpern B., 2003. The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter? *Ecol. Appl.* 13, S117-S137.
- Hannesson R., 1998. Marine reserves: What would they accomplish? *Mar. Resour. Econ.* 13, 159-170.
- Harmelin JG., Bachet F., Garcia F., 1995. Mediterranean marine reserves : fish indices as test of protection efficiency. *P.S.Z.N.I : Mar. Ecol.*, vol 16, Issue 3 -p.233-250.
- Harley C.D.G., Hugues A.R., Hultgren K.M., Miner B.G., Sorte C.J., Thonberg C.S., Rodriguez L.F., Tomanek L., Williams S.L. 2006 The impact of climate change in coastal marine systems. *Ecol.Letters* 9:228-241
- Harley et al., 2006-

- Heinemann D., Evans N., 2002. The Role of Marine Reserves as Fisheries Management Tools: A Review of Concepts, Evidence and International Experience. 192pp.
- Hilborn R., 2002. Measuring the effects of marine reserves on fisheries : the dilemmas of experimental programs. *Marine Protected Areas (online journal)*, vol 4, Issue 4 -p.1-3.
- Hixon M., 2002. Existing small marine reserves can indicate whether a large network is feasible: case study from the West Coast of the United States. *Marine Protected Areas (online journal)*, vol 4, Issue 3, 5pp.
- Hoagland P., Kaoru Y., Broadus J., 1995. A methodological review of net benefit evaluation for marine reserves. *Environment Department Papers*, 27, World Bank.
- Hoffmann E., Dolmer P., 2000. Effect of closed areas on distribution of fish and epibenthos. *ICES J. Mar Sci.* 57, 1310-1314.
- Holland KN., Lowe CG., Wetherbee BM., 1996. Movements and dispersal patterns of blue trevally (*Caranx melampygus*) in a fisheries conservation zone. *Fisheries Research* 25: 279-292.
- Holland KN., Peterson JD., Lowe CG., Wetherbee BM., 1993. Movements, distribution and growth rates of the white goatfish *Mulloides flavolineatus* in a fisheries conservation zone. *Bulletin of Marine Science* 52 (3): 982-992.
- Hugues A.E., Byrnes J.E., Kimbro D.L., Stachowicz J.L. 2007 Reciprocal relationships and potential feedbacks between biodiversity and disturbance. *Ecol. Letters* 10:849-864
- Hughes TP, Baird AH, Bellwood DR, Card M, Connolly SR, Folke C, Grosberg R, Hoegh-Guldberg O, Jackson JBC, Kleypas J, Lough JM, Marshall P, Nystrom M, Palumbi SR, Pandolfi JM, Rosen B, Roughgarden J (2003) Climate change, human impacts and the resilience of coral reefs. *Science* 301:929-933
- Idechong NT., Graham T., 1998. The Ngerukewid island of Palau : 40 years of managing a marine protected area. *PARCKS marine protected areas IUCN*, vol 8, Issue 2, p.17-22.
- Jameson SC., Ammar MSA., Saadalla E., Mostafa HM., Riegl B., 1999. A coral damage index and its application to diving sites in the Egyptian Red Sea. *Coral Reefs* 18, 333-339.
- Jameson SC., Tupper MH., Ridley JM., 2002. The three screen doors: can marine “protected” areas be effective? *Marine Pollution Bulletin* 44: 1177-1183.
- Jennings S., 1998. Cousin Island, Seychelles: a small, effective and internationally managed marine reserve. *Coral Reefs*, vol 17 -p.190.
- Jennings S., Marshall SS., Polunin NVC., 1995. Seychelles’ marine protected areas : comparative structure and status of reef fish communities. *Biol. Cons.*, vol 75 -p.201-209.
- Jennings S., Marshall SS., Polunin NVC., 1996. Seychelles’ protected areas: Comparative structure and status of reef fish communities. *Biol. Conserv.* 75, 201-209.
- Johnson DR., Funicelli NA., Bohnsack JA., 1999. Effectiveness of an existing estuarine no-take fish sanctuary within the Kennedy space center, Florida. *N. Am. J. Fish. Manage.* 19, 436-453.
- Jones G.P. Almany G.R. Russ G.R. Sale P.F. Steneck R.S. . Van oppen M.J.H .Willis B.L.2009- Larval retention and connectivity among populations of corals and the reef fishes: history, advances and challenges . *Coral reefs* 28(2): 307-325
- Jones G.P . Russ. G.R. Sale P.F Steneck R.S , 2009- Theme section on “larval connectivity, resilience and the future of coral reefs”. *Coral reefs* 28(2):303-305
- Jouvenel JY., Pollard DA., 2001. Some effects of marine reserve protection on the population structure of two spearfishing targetfish species, *Dicentrarchus labrax* (Moronidae) and *Sparus aurata* (Sparidae), in shallow inshore waters, along a rocky coast in the northwestern Mediterranean Sea. *Aquat. Conserv. Mar. Freshwater Ecosyst.* 11, 1-9.
- Kamukuru AT., Mgaya YD., Öhman MC., 2004. Evaluating a marine protected area in a developing country : Mafia Island Marine Park, Tanzania. *Ocean & Coastal Management* 47: 321-337.
- Kelly S., Scotte D., Macdiarmid AB., Babcock RC., 2000. Spiny lobster, *Jasus edwardsii*, recovery in New Zealand marine reserves. *Biol Conserv*, vol 92 -p.359-369.
- Kenchington RA., 1988. Managing reefs and interreefal environments and resources for sustained exploitative, extractive and recreational uses. *Proc. 6th Int. Coral. Reef. Symp.*, vol 1 -p.81-87.
- Kramer DL., Chapman MR., 1999. Implications of fish home range size and relocation for marine reserve function. *Environmental Biology of Fishes*, vol 55 -p.65-79.
- Kulbicki M., Sarramégnna S., Letourneur Y., Wantiez L., Galzin R., Mou-tham G., Chauvet C. Thollot P., 2007. Short term temporal changes in the structure of a coral reef fish assemblage in a New Caledonian protected area: relative influence of opening to fishing. *JEMBE* 353: 145-163.
- Kulbicki M., 2006- Ecologie des poissons lagonaires de nouvelle calédonie. Doctorat Ecole Pratique des Hautes Etudes, Perpignan : 189 pp + Annexes
- Kulbiki M., 2008- Du macrocosme au microcosme. Les poissons coralliens du Pacifique comme modèle. Habilitation à Diriger les Recherches, Université de Perpignan Via Domitia : 183 pages.
- Lagouy E., 2007. Reef Check Polynésie, rapport final. 27 p.
- La Mesa G., Vacchi M., 1999. An analysis of the coastal fish assemblage of the Ustica island Marine Reserve (Mediterranean Sea). *PSZNI Mar. Ecol.* 20, 147-165.

- Lauck T., Clark CW., Mangel M., Munro GR., 1998. Implementing the precautionary principle in fisheries management through marine reserves. *Ecological Applications* 8(1) supplement : S72-S78
- Lefebvre C., 2005. Aires marines protégées, les enseignements du premier congrès mondial pour la stratégie nationale. Rapport UICN, 15 p.
- Letourneur Y., 1996. Réponses des peuplements et populations de poissons aux réserves marines: le cas de l'île de Mayotte, Océan Indien occidental. *Ecoscience*, vol 3 -p.442-450.
- Lison de Loma T., Osenberg G., Shima J.S., Chancerelle Y., Davies N., Brooks A.J., Galzin R., 2008- A framework for assessing Impact of Marine Protected Areas in Moorea (French Polynesia). ***Pacifique Science* 62(3) : 427-438.**
- Loya, Y. (1978) Plotless and transect methods. In *Coral reefs: Research Methods*, Stoddart, D.R. and R.F. Johannes (eds) UNESCO (Paris). 197-217
- Lubchenco J., Warner R., 2001. Citing of no-take areas, scientists call for new networks of marine reserve. *MPA news*, vol 8; Issue 2 -4pp.
- Luttinger N., 1997. Community-based coral reef conservation in the Bay Island of Onduras. *Ocean & Coastal Management*, vol 36, Issue N° 1-3 -p.11-22.
- Man A., Law R., Polunin NVC., 1995. Role of marine reserves in recruitment to reef fisheries: a metapopulation model. *Biol. Cons.*, vol 71 -p.197-204.
- McClanahan TR., 1994. Kenyan coral reef lagoon fish: effects of fishing, substrate complexity, and sea urchins. *Coral Reefs* 13, 231-241.
- McClanahan TR., 1995. Fish predators and scavengers of the sea urchin *Echinometra mathaei* in Kenyan coral-reef marine parks. *Environmental Biology of Fishes*, vol 43, p.187-193.
- McClanahan TR., 1999. Is there a future for coral reef parks in poor tropical countries? *Coral Reefs* 18: 321-325.
- McClanahan TR., 2000. Recovery of a coral reef keystone predator, *Balistapus undulatus*, in East African marine parks. *Biological Conservation* 94: 191-198.
- McClanahan TR., Arthur R., 2001. The effect of Marine Reserves and habitat on populations of East African coral reef fishes. *Ecological applications* 11(2): 559-569.
- McClanahan TR., Kaunda-Arara B., 1996. Fishery recovery in a coral-reef marine park and its effect on the adjacent fishery. *Conservation Biology* 10: 1187-199.
- McClanahan TR., Mangi S., 2000. Spillover of exploitable fishes from a marine park and its effect on the adjacent fishery. *Ecological Applications* 10(6): 1792-1805.
- McClanahan TR., Muthiga NA., 1988. Changes in Kenyan coral reef community structure and function due to exploitation. *Hydrobiologia* 166, 269-276.
- McClanahan TR., Mcfield M., Huitric M., Bergman K., Sala E., Nystrom m., Nordemar I., Elfving T., Muthiga NA., 2001. Responses of algae, corals and fish to the reduction of macroalgae in fished and unfished patch reefs of Glovers Reef Atoll, Belize. *Coral Reefs*. Published online -20 pp.
- McClanahan TR., Muthiga NA., Kumukuru AT., Machano H., Kiambo RW., 1999. The effects of marine parks and fishing on coral reefs of northern Tanzania. *Biological Conservation*, vol 89 -p.161-182.
- McCook L.J., Almany G.R., Berumen M.L., Day J.C., Green A.L., Jones G.P., Leis J.M., Planes S., Russ G.R., Sale P.F., Thorrold S.R. 2009- Management under uncertainty: guide-lines for incorporating connectivity into protection of coral reefs. *Coral reefs* 28(2):353-356
- MacPherson E., Gordo A., García-Rubies A., 2002. Biomass size spectra in littoral fishes in protected and unprotected areas in the NW Mediterranean. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 55, 777-788.
- Mège S., Delloue X., 2007. Bilan des suivis des herbiers de phanérogames marines du Grand Cul-de-Sac Marin. Rapport Parc National de la Guadeloupe, 34 pp + annexes.
- Meshi N., Ortal R., 1995. Diving, boating and submarine activities in Eilat Coral Reef Nature Reserve, Gulf of Aqaba. Proc 2nd Ann Conf on Ecosystems of the Gulf of Aqaba in relation to the enhanced economical development and the peace process, Inter-University Institute of Marine Sciences, Eilat, Israel -p.30-31.
- Millar RB., Willis TJ., 1999. Estimating the relative density of snapper in and around a marine reserve using a log-linear mixed effects model. *Aust. N.Z. J. Statist.* 41, 383-394.
- Milazzo M., Chemello R., Badalamenti F., Riggio S., 2002. Short-term effect of human trampling on the upper infralittoral macroalgae of Ustica Island MPA (western Mediterranean, Italy). *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 82, 745-748.
- Ministère de l'Environnement de Polynésie Française, 2006. Code de l'environnement de la Polynésie française. Ministère de l'Environnement de Polynésie française : 215 p.
- Mosqueira L., Cote IM., Jennings S., Reynolds JD., 2000. Conservation benefits of marine reserves for fish populations. *Animal Conservation*, vol 4 -p.321-332.
- Mouton P., 1999. Quand les réserves font leur effet. *Océan*, vol 26 -p.26-30.
- Munday P.L., Leis J.M., Lough J.M., Paris C.B., Kingsford M.J., Berumen M.L., Lambrechts J. 2009- Climate change and coral reef connectivity . *Coral reefs* 28(2): 379-395

- Munro J.L., Parrish J.D., Talbot F.H., 1987. The biological effects of intensive fishing upon coral reef communities. In : Human impacts on coral reefs : facts and recommendations, Salvat B. Ed. Antenne Muséum EPHE publ. Polynésie française -p.41-49.
- Neil., 1990. Potential for coral stress due to sediment re-suspension and deposition by reef walkers. *Biol Conserv.*, vol 52, p.221227.
- Nowlis J.S., Roberts C.M., 1997. You can have your fish and eat it, too : theoretical approach to marine reserves design. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.*, vol 2 -p.1907-1910.
- Osenberg, C.W., and S.J. Holbrook (1992) Implication from the design of environmental assessment studies. Perspective on the marine environment, proceeding from a Symposium on the Marine Environment of Southern California. Grifman, P.M. and S.E. Yoder (eds) USC Sea Grant Program, Los Angeles (USA).
- Paddock M.J., Estes J.A., 2000. Kelp forest fish populations in marine reserves and adjacent exploited areas of central California. *Ecol. Appl.* 10, 855-870.
- Pechenik J.A., 1990. Delayed metamorphosis by larvae of marine invertebrates: is there a price to pay? *Ophelia*, 32: 63-94.
- Pelletier D., Garcia-Charton J., Ferraris J., David G., Thébaud O., Letourneur Y., Claudet J., Armand M., Kulbicki M., Galzin R., 2005. Designing indicators for assessing the effects of marine protected areas on coral reef ecosystems: A multidisciplinary standpoint. *Aquatic. Living ressource.* 18: 15-33.
- Petit J., 2009- Sites, mise en œuvre et impacts des AMP en Polynésie française. Rapport CRISP ; 111 pages.
- Piet G.J., Rijnsdorp A.D., 1998. Changes in the demersal fish assemblage in the south-eastern North Sea following the establishment of a protected area ("plaice box"). *ICES J. Mar. Sci.* 55, 420-429.
- Pinnegar J.K., Polunin N.V.C., Francour P., Badalamenti F., Chemello R., Harmelin-Vivien M.L., Hereu B., Milazzo M., Zabala M., D'anna G., Pipitone C., 2000. Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area management. *Environ Conserv.*, vol 27 -p.179-200.
- Plan Development Team, 1990. The potential of marine fishery reserves for reef fish management in the U.S. Southern Atlantic. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC, vol 261 -40pp.
- Planes S., Galzin R., Garcia-Rubies A., Goñi R., Harmelin J.G., Le Diréach L., Lenfant P., Quetglas A., 2000. Effects of marine protected areas on recruitment processes with special reference to Mediterranean littoral ecosystems. *Environ. Conserv.* 27, 126-143.
- Polacheck T., 1990. Year round closed areas as a management tool. *Natural Resource Modelling*, vol 4 - p.327-354.
- Pollnac R.B., Crawford B.R., Gorospe M.L.G., 2001. Discovering factors that influence the success of community-based marine protected areas in the Visayas, Philippines. *Ocean and Coastal Management* 44: 683-710.
- Pollnac R.B., Crawford B.B., Gorospe M.L.G., 2001. Discovering factors that influence the success of community-based marine protected areas in the Visayas, Philippines. *Ocean Coast. Manage.* 44, 683-710.
- Polunin N.V.C., Roberts C.M., 1993. Grater biomass and value of target coral reef fishes in two small Caribbean marine reserves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol 100 -p.167-176.
- Preuss B., Pelletier D., Ferraris J., Wantiez L., Letourneur Y., Sarramégna S., Kulbicki M., Galzin R., 2007. Étude de la variabilité spatio-temporelle de l'assemblage ichthyologique pour la compréhension de la perturbation et de la restauration de la ressource halieutique par l'utilisation d'AMP, cas du Récif Aboré de Nouvelle-Calédonie. 8forum halieumétrique de la Rochelle, 2007.
- Qian P.Y., 1999. Larval settlement of polychaetes. *Hydrobiologia*, 402: 239-253.
- Rakitin A., Kramer D.L., 1996. Effect of a marine reserve on the distribution of coral reef fishes in Barbados. *Marine Ecology Progress Series*, vol 131 -p.97-113.
- Randall J.E., 1982. Tropical marine sanctuaries and their significance in reef fisheries research. In : The biological bases for reef fishery management. *Proc. Workshop*, Oct. 1980, St Thomas, U.S. Virgin Islands, NOAA Tech, Memo. -p.167-178.
- Raymundo L.J., Maypa A.P., 2002. Recovery of the Apo Island Marine Reserve, Philippines, 2 years after the El Niño bleaching event. *Coral reefs*. (Published online).
- Riegel B., Velimirov B., 1991. How many damaged corals in Red Sea reef systems? A quantitative survey. *Hydrobiologia*, vol 216/217 -p.249-256
- Riel G.B., Riel G.A., 1995. Studies on coral community structure and damage as a basis for zoning marine reserve. *Biol. Cons.* 77-p 269-277.
- Robert, 2002. Mission de faisabilité aux îlots du Connétable (Guyane française) pour l'étude des populations de mérous géants. DIREN Guyane / GEM.
- Roberts C.M., 1995. Rapid build-up of fish biomass in a Caribbean marine reserve. *Conserv. Biol.* 9, 815-826.
- Roberts C.M., Bohnsack J.A., Gell F., Hawkins J.P., Goodridge R., 2001. Effects of marine reserves on adjacent fisheries. *Science* 294, 1920-1923.
- Roberts C.M., Hawkins J.P., 1997. How small can marine reserve be and still be effective. *Coral Reefs*, vol 16 150pp.

- Roberts CM., Hawkins JP., 2000. Fully-protected marine reserves: a guide., WWF Endangered seas caMPAign, 1250 24th Street, NW, Washington, DC 20037, USA and Environment Department, University of York, York, YO10 5DD, UK.
- Roberts CM., Polunin NVC., 1991. Are marine reserves effective in management of reef fisheries. *Rev. Fish Biol. Fisher.*, vol 1-p.65-91.
- Roberts CM, Polunin NVC., 1992. Effect of marine reserve protection on Northern Red Sea fish population. *Pro. 7th Int. Coral Reef Sym., Guam.* 2 : 969-977.
- Rouphael AB., Inglis GJ., 2001. "Take only photographs and leave only footprints?" An experimental study of the impacts of underwater photographers in a coral reef dive site. *Biol. Conserv.* 100, 281-287.
- Rowe S., 2002. Population parameters of American lobster inside and outside no-take reserves in Bonavista Bay, Newfoundland. *Fish. Res.* 56, 167-175.
- Rowley RJ., 1994. Marine reserve in fisheries management. *Aquat. Cons. – Mar. Freshw. Ecol.*, vol 4 - p.233-254.
- Rudd MA., Tupper MH, Folmer H., Van Kooten GC., 2003. Policy analysis for tropical marine reserves: challenges and directions. *Fish and Fisheries* 4: 65-85.
- Russ GR., 1985. Effects of protective management on coral reef fishes in the Central Philippines. *Proc. 5th Int. Coral Reef Cong., Tahiti*, vol 4 -p.219-224.
- Russ GR., 1991. Coral reef fisheries : effects and yield. In Sale P.F. (Ed.) *The ecology of fish on coral reefs.* Academic Press, San Diego, U.S.A. -p.601-635.
- Russ GR., 2002. Yet another review of marine reserves as reef fishery management tools, In: Sale P.F. (Eds.), *Coral reef fishes: Dynamics and diversity in a complex ecosystem*, Academic Press, London, pp. 421-443.
- Russ GR., Alcala AC., 1989. Effects of intense fishing pressure on an assemblage of coral reef fishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol 56 -p.13-27.
- Russ GR., Alcala AC., 1996. Do marine reserves export adult fish biomass? Evidence from Apo Island, Central Philippines.. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol 132, Issue 1 -p.1-9.
- Russ GR., Alcala AC., 1998. Natural fishing experiments in marine reserves 1993 : community and trophic responses. *Coral Reefs*, vol 17 -p.383-397.
- Russ GR., Alcala AC., 1998. Natural fishing experiments in marine reserves 1993 : roles of life history and fishing intensity in family responses. *Coral Reefs*, vol 17 -p.399-416.
- Russ GR., Alcala AC., Cabanban AS., 1992. Marine reserves and fisheries management on coral reef with preliminary modelling of the effects on yield per recruit. *Pro. 7th Int. Coral Reef Sym., Guam.*, vol 2 - p.978-985.
- Sala E., Garrabou I., Zabala M., 1992. Erosio de la comunitat coralligena de les illes Medes : els briozous *Sertella sptentrionalis* i *pentapora fascilis*. Seguiment temporal de la reserva marina de les illes Medes. *Informe anual (any 1992)*. Universitat de Barcelona, Departament d'Ecologia publ., Barcelona -p.113-140.
- Salvat B., Haapkylä J., Schrimm M., 2002. Coral reef protected areas in international instruments. World Heritage Convention, World Network of Biosphere Reserves, Ramsar Convention, CRIOBE-EPHE, Moorea, Polynésie française, ISBN: 2-905630-078, EAN: 978 290 563 00 70, 210p.
- Samoilys M., 1992. Review of the underwater visual census-method developed by the QDPI/ACIAR project : visual assessment of reef fish stocks. Department of primary Industries Brisbane Conference and Workshop Series, QC92006.
- Sánchez-Jerez P., García-Charton JA., Bayle-Sempere J., Pérez-Ruzafa A., Ramos-Espla AA., 1997. Comparing the abundance of fish populations and assemblages by visual counts: problems with sampling design and analyses. International workshop on fish visual censuses in marine protected areas, Ustica, Italy, 26-27 June 1997.
- Sánchez-Lizaso JL., Goni R., Reñones O., García-Charton JA., Galzin R., Bayle JT., Sánchez-Jerez P., Pérez-Ruzafa A., Ramos AA., 2000. Density dependence in marine protected populations: A review. *Environ. Conserv.* 27, 144-158.
- Sanchirico J., Wilen J., 2002. The impacts of marine reserves on limited-entry fisheries. *Nat. Resour. Model.* 15, 291-310.
- Sant M., 1996. Environmental sustainability and the public: responses to a proposed marine reserve at Jervis Bay, New South Wales, Australia. *Ocean and Coastal Management* 32 (1): 1-16.
- Sarramegna S., Chauvet C., 2000. Contribution à l'étude des réserves marines du lagon sud-ouest de Nouvelle Calédonie : influence des différents statuts sur la structure des peuplements ichtyologiques. Université de la Nouvelle Calédonie – 436p.
- Scheffer M., Carpenter S.R., Foley J. et al. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413:591-696
- Scheffer et al., 2001
- Severin T., 2001. Effet Réserve : Synthèse bibliographique en milieu marin et mise en place d'un protocole de suivi à la Réunion. Stage de DESS Sciences et Gestion de L'Environnement Tropical. APMR -105p.

- Shears NT., Babcock RC., 2002. Marine reserve demonstrate top-down control of community structure on temperate reefs. *Coral Reefs* Published online -21pp.
- Shears NT., Babcock RC., 2003. Continuing trophic cascade effects after 25 years of no-take marine reserve protection. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 246, 1-16.
- Sladek-Nowlis J., Roberts CM., 1997. You can have your fish and eat it too: theoretical approaches to marine reserve design. *Proceedings of the Eighth International Coral Reef Symposium*, vol 2 -p.1907-1910.
- SNPN, 2002. Importance de la recherche dans les aires protégées : des fondements à la gestion. Colloque Société Nationale de Protection de la Nature, 5-7 juin 2002, Guadeloupe.
- Sluka R., Chiappone M., Sullivan KM., Wright R., 1997. The benefits of marine fishery for nassau grouper *Epinephelus striatus* in the Central Bahamas. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym*, vol 2 -p.1961-1964.
- Smith LMP., Bell JD., Mapstone BD., 1997. Testing the use of a marine protected area to restore and manage invertebrate fisheries at the Arnavon Islands, Solomon Island : choice of methods and preliminary results. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.*, vol 2 -p.1937-1942.
- Sobel J., 1993. Conserving biological diversity through marine protected areas. *Oceanus* 36, 19-26.
- Steneck R.S., Paris C.B., Arnold S.N., Ablan-lagman M.C., Alcalá A.C., Butler M.J., McCook L.J., Russ G.R., Sale P.F. 2009- Thinking and managing outside the box: coalescing connectivity networks to build region-wide resilience in coral reef ecosystems . *Coral reefs* 28(2):367-378
- Stoner AW., Ray M., 1996. Queen conch, *Strombus gigas*, in fished and unfished locations in the Bahamas: effects of a marine fishery reserve on adults, juveniles, and larval production. *Fish. Bull.* 94, 551-565.
- Tatarata M., Aubanel A., 2006. La réserve de biosphère de la commune de Fakarava. Direction de l'environnement : 56p. + annexes.
- Thollot P., 1999. Caractérisation des communautés marines et suivi des peuplements ichtyologiques des îlots du Parc du Lagon Sud placés en réserve. Rapport de Monsieur Thollot. -99pp.
- Tratalos JA., Austin TJ., 2001. Impact of recreational scuba diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. *Biological Conservation*, vol 102, Issue 1 -pp 67-75.
- Tupper M., Juanes F., 1999. Effects of marine reserve on recruitment of grunts (Pisces: Haemulidae) at Barbados, West Indies. *Environmental Biology of Fishes* 55: 53-63.
- Tuya FC., Soboil ML., Kido J., 2000. An assessment of the effectiveness of marine protected areas in the San Juan Islands, Washington, USA. *ICES J. Mar. Sci.* 57, 1218-1226.
- Valles H., 2001. A preliminary comparison of pattern of coral reef fish larval supply and recruitment to a marine reserve and non-reserve area within the Soufrière Marine Management Area (SMMA), St Lucia. MSc thesis, University of the West Indies, Cave Hill Campus, Barbados.
- Valles H., Sponaugle S., Oxenford A., 2001. Larval supply to marine reserve and adjacent fished area in The Soufrière Marine Management Area, St Lucia, West Indies. *J. Fish Biology*, vol 59 -p.152-177.
- Verducci M., 2007. Les Aires Marines Protégées de Polynésie française. IFRECOR Polynésie : 44 p.
- Wallace SS., 1999. Evaluating the effects of three forms of marine reserve on northern abalone populations in British Columbia, Canada. *Conserv. Biol.* 13, 882-887.
- Watson M., Ormond RFG., Holliday L., 1997. The role of Kenya's marine protected areas in artisanal fisheries management. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.*, vol 2 -p.1955-1960.
- Watson M., Righton D., Austin T., Ormond R., 1996. The effects of fishing on coral reef fish abundance and diversity. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 76, 229-233.
- Wantiez L., Garrigue C., Virly S., 2004. New caledonia coral reefs : 2004 status report. 20 p.
- Wantiez L., Thollot P., 1994. Caractéristiques générales des communautés de poissons récifaux du Gand Nouméa et des îlots du Parc du Lagon Sud. Province Sud de la Nouvelle Calédonie -101pp.
- Wantiez L., Thollot P., Kulbicki M., 1997. Effects of marine reserves on coral reef fish communities from five islands in New Caledonia. *Coral Reef*, vol 16 -p.215-224.
- Westera M., Lavery P., Hyndes G., 2003. Differences in recreationally targeted fishes between protected and fished areas of a coral reef marine park. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 294: 145-168.
- Wendling B., Letourneur Y., Wickel J., en prép. Impact of a strict fishing reserve on the population of large predatory coral reef fish: a case study on Mayotte island (Indian ocean).
- White AT., 1986. Marine reserve : how effective is management strategies for Philippines, Indonesian and Malaysian coral reef environment. *Ocean Management*, vol. 10 -p.137-159.
- White AT., Calumpong H., 1992. Summary Field Report. Saving Tubbataha Reef. Monitoring marine reserves in the central Visayas. Earthwatch Expedition, Philippines, April-May 1992.
- White AT., Courtney CA, Salamanca A., 2002. Experience with Marine Protected Area Planning and Management in the Philippines. *Coastal Management* 30: 1-26.
- White AT., Savina GC., 1992. Reef fish yield and non-reef catch of Apo Island, Negros, Philippines. *Asian Mar Biol* 4 p. 6776
- Wickel J., 2007. Suivi 2006 de l'état de santé des récifs coralliens de Mayotte selon la méthode Reef Check. Rapport LAGONIA, 22 p + annexes.

- Wickel J., Jamon A., 2006. Projet de réserve naturelle du lagon de Mayotte : Etat des lieux des peuplements de poissons d'intérêt commercial. Rapport « ESPACES » pour Dir. Agriculture & Forêt Mayotte.
- Wickel J., Jamon A., 2008. Bilan des peuplements de poissons d'intérêt commercial en périphérie des sites du projet de Réserve Naturelle du Lagon. Rapport « LAGONIA » pour Dir. Agriculture & Forêt Mayotte. 44 p + annexes.
- Wickel J., Jamon A., Thomassin B., 2005. Projet de réserve naturelle du lagon de Mayotte : bilan de l'état de santé des récifs coralliens. 54 pp + annexes.
- Wickel J., Jamon A., Wendling B., 2005. Projet de réserve naturelle du lagon de Mayotte : état des lieux des peuplements de poissons récifaux. 56 pp + annexes.
- Wickel J., Nicet JB., Fray D., 2003. Etat des lieux du milieu marin de l'îlot Bouzi (Lagon de Mayotte) préliminaire à son classement en réserve naturelle. Rapport DAF/SPEM. 26 pp + annexes.
- Wickel J., Sauvignet H., Kiszka J., Pusineri C., 2008. Suivi hivernal 2007 des populations de baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) et évaluation de la pression d'observation humaine, par survols aériens du lagon de Mayotte. Rapport LAGONIA pour DAF, 21 p + annexes.
- Wickel J., 2008- L'effet réserve en milieu marin tropical. Synthèse des connaissances internationales et bilan des suivis écologiques effectués sur les récifs coralliens protégés de l'outre-mer français. Rapport Ifreco : 98 pages.
- Wilkinson C., Green A., Almany J., Dionne S., 2003. Monitoring Coral Reef Marine Protected Areas. Australian Institute of Marine Science and the IUCN Marine Program, 67p.
- Williams ID., Polunin NVC., 2000. Differences between protected and unprotected reefs of the western Caribbean in attributes preferred by dive tourists. *Environmental Conservation* 27 (4): 382-391.
- Willis TJ., 2001. Marine reserve effects on snapper (*Pagrus auratus*: Sparidae) in northern New Zealand. PhD thesis. University of Auckland, New Zealand.
- Willis TJ., 2003. Burdens of evidence and the benefits of marine reserves: putting Descartes before des horse? *Environmental Conservation* 30: 97-103.
- Willis TJ., Millar RB., Babcock RC., 2000. Detection of spatial variability in relative density of fishes: comparison of visual census, angling, and baited underwater video. *Mar Ecol Prog Ser*, vol 198 -p.249-260.
- Willis TJ., Millar RB., Babcock RC., 2003a. Protection of exploited fish in temperate regions: High density and biomass of snapper *Pagrus auratus* (Sparidae) in northern New Zealand marine reserves. *J. Appl. Ecol.* 40, 214-227.
- Witman JD., Smith FD., 2003. Rapid community change at a tropical upwelling site in the Galapagos Marine Reserve. *Biodiversity and Conservation* 12: 25-45.
- Yamasaki A., Kuwahara A., 1990. Preserved area to effect recovery of overfished Zuwai crab stocks off Kyoto prefecture. *Proc. Internat. Symp. King and Tanner Crab*, Nov. 1989, Anchorage, Alaska, pp. 575-585.
- Zakai D., Chadwick-Furman NE., 2002. Impact of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea, *Biological Conservation*, vol 105, Issue 2 -pp 179-187.
- Zeller DC., 1997. Home range and activity patterns of the coral trout *Plectropomus leopardus* (Serranidae) as determined by ultrasonic telemetry. *Mar. Ecol. Prog. Series* 154 – p. 65–77.
- Zeller DC., Russ GR., 1998. Marine reserves : patterns of adult movement on the coral trout (*Plectropomus leopardus*) (Serranidae). *Can. J. Fish. Aqu. Sci.*, vol 55, Issue 4 -p.917-924.
- Zeller DC, Russ GR., 2000. Population estimates and size structure of *Plectropomus leopardus* (Pisces: Serranidae) in relation to no-fishing zones: mark-release-resighting and underwater visual census. *Mar. Freshwater Res.* 51: 221-228.
- Zeller DC., Stoute SL., Russ GR., 2003. Movements of reef fishes across marine reserve boundaries: effects of manipulating a density gradient. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 254: 269-280.