



Institut de recherche
pour le développement
Nouvelle-Calédonie

Diplôme d'Etudes Approfondies
« Exploitation Durable des Ecosystèmes Littoraux »

**Proposition d'indicateurs de la pression de pêche
chez les poissons récifaux**

Application à la partie lagonaire de la zone d'influence
d'un projet minier en Province Nord de la Nouvelle-Calédonie

Céline COLL

Stage effectué de février à juin 2003 à l'UR 128 CoRéUs de l'IRD de Nouméa
« Approche écosystémique des Communautés Récifales
et de leurs usages dans le Pacifique insulaire »

Responsables scientifiques : Jocelyne FERRARIS et Michel KULBICKI

REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements à Christian COLIN, Directeur de l'Institut de Recherche pour le Développement en Nouvelle-Calédonie, pour m'avoir accueillie dans son centre.

Tous mes remerciements vont à mes deux maîtres de stage, Jocelyne FERRARIS, Directrice de l'Unité de Recherche 128 CoRéUs, et Michel KULBICKI, membre de l'équipe. Je leur suis gré de m'avoir fait confiance tout au long de ce stage et d'avoir entrepris les diverses démarches pour son bon déroulement. Leurs encouragements, leurs précieux conseils et leur disponibilité m'ont permis de réaliser ce rapport.

Je suis également très reconnaissante envers Sébastien SARRAMEGNA, du Service Environnement de Falconbridge NC, Fabien DUFIX et Miguel CLARQUE, sans qui toute la partie terrain de ce travail n'aurait pu se faire.

Je remercie du fond du cœur Nathaniel CORNUET, stagiaire à l'UR, pour sa participation à mes deux campagnes de comptages de poissons, son incomparable gentillesse et sa bonne humeur communicative. Merci aussi à Guillaume DELAFONS, également stagiaire à l'UR, et Phil BRIGHT, programmeur SIG au Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, pour leur aide précieuse en cartographie.

Je tiens également à remercier tous les chercheurs, étudiants et autres personnes de l'IRD et toutes celles que je ne peux citer ici et qui contribuent à faire régner une ambiance chaleureuse et amicale dans ce centre. Je remercie tout particulièrement les habitants du « Loft » avec lesquels j'ai partagé de très bons moments durant ces cinq mois de stage.

Enfin, je tiens à remercier ma famille et Julien qui, malgré la distance, ont su rester proches et me soutenir tout au long de cette expérience fabuleuse. Ce travail leur est dédié dans sa totalité.

SOMMAIRE

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE : INDICATEURS ET PÊCHERIES EN MILIEUX CORALLIENS	1
I. Contexte général.....	1
II. Problèmes rencontrés en milieu récifal corallien.....	1
III. Besoin d'indicateurs, définition.....	2
IV. Qualités attendues d'un indicateur.....	2
V. Etat actuel des connaissances sur les indicateurs de pêche : intérêts et limites.....	3
VI. Besoin d'une approche globale.....	4
RÉFÉRENCES CITÉES.....	6
INTRODUCTION.....	8
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	11
I. Cadre général de l'étude.....	11
I.1. Contexte géographique.....	11
I.2. Contexte écologique.....	12
II. Première étape : choix des indicateurs.....	13
II.1. Présentation des données existantes.....	13
II.2. Méthode d'échantillonnage.....	15
II.2.a. Echantillonnage des poissons.....	15
II.2.b. Echantillonnage du substrat.....	16
II.3. Traitement des données.....	16
II.3.a. Variables utilisées.....	16
II.3.b. Définition des biotopes.....	17
II.3.c. Choix des indicateurs.....	18
III. Deuxième étape : test de faisabilité.....	19
III.1. Zone d'étude.....	19
III.2. Méthode d'échantillonnage.....	19
III.3. Traitement des données.....	20
III.3.a. Variables utilisées.....	20
III.3.b. Test des indicateurs.....	20
RÉSULTATS.....	23
I.1 ^{ère} étape : choix des indicateurs.....	23
I.1. Définition des biotopes.....	23
I.2. Choix des indicateurs.....	25
I.3. Test <i>a priori</i> des indicateurs.....	28
I.3.a Dawas	28
I.3.b Picots kanaks.....	29
II 2 ^{ème} étape : test de faisabilité.....	30
II.1 Choix du biotope.....	30
II.2. Détection de différences significatives entre les zones.....	31
II.2.a. Nombre de poissons observés.....	31
II.2.b Distribution des fréquences de tailles des espèces indicatrices.....	34
II.2.c Distribution des fréquences de distances au transect.....	35
II.2.d Densité et biomasse des espèces indicatrices.....	36

II.3 Problème de technicité : effet du plongeur	38
II.3.a Estimation du nombre de poissons.....	38
II.3.b. Estimation de la taille des poissons.....	39
II.3.c. Estimation de la distance au transect.....	40
DISCUSSION	42
I. Validité de la méthode d'échantillonnage	42
II. Critique de la démarche	44
II.1. Classification des stations et choix du biotope.....	44
II.2. Choix des espèces indicatrices.....	44
II.3. Test des espèces proposées.....	45
III. Validité des indicateurs potentiels	46
III.1. Quel indicateur proposer ?.....	46
III.2. Quelles variables proposer ?.....	46
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	49
ANNEXES	

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

INDICATEURS ET PÊCHERIES EN MILIEUX CORALLIENS

I. Contexte général

Dans les écosystèmes récifaux, les poissons représentent souvent la ressource la plus importante, surtout pour les pays en développement de l'Indo-Pacifique et de la zone Caraïbe, où ils peuvent constituer la source principale d'apports protéiques (Letourneur *et al.*, 2000) et jouer une part importante dans les revenus et l'alimentation des foyers. En outre, les zones côtières tropicales sont soumises à de nombreux impacts anthropiques liés notamment au développement économique (tourisme, intensification de l'urbanisation), ainsi qu'à la croissance et la concentration de la population, les activités minières (apports solides et métalliques à la mer), les activités de pêche, les rejets des eaux usées... Toutes ces pressions menacent l'équilibre des écosystèmes tropicaux et génèrent presque systématiquement un déclin de la santé récifale (Jennings & Polunin, 1996). La gestion durable des ressources récifo-lagonaires et de leurs usages est donc au cœur des problématiques actuelles pour les pays insulaires.

En dépit de l'importance écologique et économique des récifs coralliens, nous ne savons pas vraiment comment cet écosystème répond aux activités humaines, particulièrement à une échelle régionale ou globale. Contrairement à une idée répandue, les travaux portant sur les effets de la pêche sur ces communautés de poissons récifaux sont rares. Les travaux antérieurs étudiant les impacts humains sur les récifs ont essentiellement porté leur attention sur les effets de la pollution comparés à ceux de la pêche (Hodgson, 1999). En Nouvelle-Calédonie, le contexte particulier du développement des activités minières prévues pour les dix prochaines années implique un effort de recherche considérable dans le domaine des sciences de l'environnement marin (Breau *et al.*, 2002). Il est nécessaire de connaître l'état des ressources récifo-lagonaires au travers de suivis sur le long terme, d'études d'impact et de connaître l'évolution du système face à ces perturbations.

II. Problèmes rencontrés en milieu récifal corallien

La zone côtière des pays insulaires du Pacifique est caractérisée par une très grande richesse spécifique. La faune ichthyologique est en particulier la plus diversifiée du monde marin, avec 5700 taxons dont plus de 3000 sont associés aux récifs (Kulbicki *et al.*, *in press*). A cette biodiversité s'ajoute une hétérogénéité spatiale et temporelle importante, aussi bien à grande échelle (phénomènes ENSO, cyclones,...) qu'à petite échelle (variabilité entre les

différents types de récifs, dans le recrutement des vertébrés et des invertébrés,...). L'exploitation et l'utilisation des ressources marines de ces milieux insulaires sont caractérisées par des pêcheries éclatées, multi engins (filet, ligne, fusil,...) et multi spécifiques : 200 à 300 espèces sont pêchées dans l'Indo-Pacifique (Levin & Grimes, 2002). La complexité de ces écosystèmes coralliens rend donc très difficile l'estimation des impacts anthropiques et impose la nécessité de trouver des éléments capables de synthétiser toutes ces informations.

III. Besoin d'indicateurs, définition

Dans ce contexte de besoins d'éléments de synthèse, apparaît le concept de bio-indicateur. On appelle « indicateur » une fonction de l'état de la ressource, c'est-à-dire que l'évolution ou la valeur de l'indicateur doit être interprétable comme révélateur d'une variable ou d'un état significatif de la ressource (Vandermeulen, 1998). Plus particulièrement, les indicateurs biologiques permettent d'identifier des pressions sur les écosystèmes et d'évaluer les risques (Whitfield & Elliott, 2002). Il est difficile de développer des indicateurs permettant de détecter un effet de la pêche sur des communautés aussi complexes que celles du lagon de Nouvelle-Calédonie avec des méthodes d'échantillonnage faciles à mettre en oeuvre.

IV. Qualités attendues d'un indicateur

Un bon indicateur doit être un outil qui permet de réaliser des suivis et/ou des évaluations d'état destinés à l'aménagement. Cette réalisation doit pouvoir se faire d'une façon simple, de manière à synthétiser les informations essentielles de l'écosystème tout en ayant une perte minimale d'information (Dale & Beleyer, 2001).

Les principales caractéristiques associées à la définition d'un indicateur sont :

- simplicité et facilité de mise en œuvre : Le recueil des données *in situ* doit pouvoir être effectué par des acteurs non experts (Kulbicki & Clua, 2002) et apporter une information pertinente aux gestionnaires et aux décideurs (Dale & Beleyer, 2001).
- fiabilité ou sensibilité : Il doit y avoir une forte corrélation entre les paramètres de la population suivie et le facteur de perturbation (Kulbicki & Clua, 2002).
- réponse connue aux perturbations et aux changements dans le temps : Autrement dit, l'indicateur doit changer sous l'effet de facteurs comme, dans le cas présent la pression de pêche (Rochet & Trenkel, 2003).
- robustesse ou spécificité de la réponse : Les variations de l'indicateur doivent refléter en toutes circonstances celles des peuplements qu'il représente (Dale & Beleyer, 2001).

V. Etat actuel des connaissances sur les indicateurs de pêche: intérêts et limites

Les descripteurs de population et de communauté qui sont actuellement utilisés comme indicateurs de l'impact de la pêche peuvent être classés en trois catégories.

Catégorie 1 : indicateurs socio-économiques.

La pression de pêche peut-être appréhendée par deux méthodes complémentaires :

- directement, à partir des déclarations des pêcheurs professionnels
- indirectement, par l'étude de la consommation des ménages, à partir d'enquêtes menées auprès des populations (Labrosse *et al.*, 1997), pour déterminer les quantités et les espèces (ou groupes d'espèces) de poissons consommés et donc pêchés. L'évolution de la quantité consommée par habitant peut-être utilisée comme une estimation de la production (Labrosse *et al.*, 2000).

Catégorie 2 : indicateurs halieutiques.

Plusieurs descripteurs de la dynamique des populations exploitées sont utilisés comme indicateurs de la pression de pêche (Rochet & Trenkel, 2003).

Le taux de croissance de la population (r) est matérialisé par la pente de la courbe $\log(\text{abondance}) = f(\text{temps})$. Si r est significativement inférieur à zéro, la population décroît.

Le taux de mortalité (Z) est classiquement défini comme la somme de la mortalité naturelle (M) et de la mortalité par pêche (F). Il augmente donc lorsque l'exploitation s'intensifie.

Le taux d'exploitation (F/Z), ou proportion de la mortalité totale causée par la pêche, est un indicateur fiable de la pression de pêche sur une population. Les stocks sont considérés comme surexploités quand $F/Z > 0.5$.

La distribution des fréquences de tailles des espèces de choix est intéressante car la taille moyenne de capture diminue sous les effets de la pêche. Concernant les captures, les pêcheurs sont souvent témoins d'un déclin initial de la Prise par Unité d'Effort (PUE) des espèces cibles, suivi, à des hauts niveaux d'exploitation, par un déclin de la capture totale (Jennings & Lock, 1996).

La part des Prises Maximales Soutenues (PMS), c'est-à-dire les stocks exploitables sans danger pour la ressource, par rapport au stock total (estimé par exemple à partir de pêches expérimentales et de comptages visuels en plongée, (Kulbicki *et al.*, 2000).), nous indique si les stocks sont éventuellement menacés.

Catégorie 3 : indicateurs écologiques.

Dans les pêcheries plurispécifiques comme celles des récifs coralliens, on constate généralement une réduction de l'abondance, de la densité et de la biomasse des espèces cibles dans les captures.

La description de la composition spécifique ou trophique des captures apportent un indice sur le niveau d'exploitation (Jennings & Lock, 1996). L'effet attendu de la pêche est une augmentation de la proportion des espèces non commerciales, une baisse de la proportion des piscivores et des gros carnivores.

L'étendue du spectre de taille montre une augmentation de la proportion des espèces de petite taille (Rochet & Trenkel, 2003).

La craintivité des poissons augmente avec le niveau de pêche (sous-marine, filet maillant opéré dans l'eau). L'augmentation de la distance à laquelle ils sont observés indique donc une pression de pêche croissante (Kulbicki, 1998).

La plupart de ces indicateurs ont cependant des limites. Les captures et la consommation ne permettent pas de faire une bonne estimation qualitative des captures nécessaire pour la gestion d'une ressource multispécifique (Labrosse *et al.*, 2003). L'augmentation du taux de mortalité, la baisse du taux de croissance et de la taille moyenne des captures ne sont pas dus seulement à l'impact de la pêche mais peuvent aussi fluctuer sous l'influence de facteurs environnementaux affectant la croissance et la longévité (Rochet & Trenkel, 2003). Par ailleurs, ces paramètres sont difficiles à évaluer (coût élevé, niveau d'expertise requis élevé,...). Le taux d'exploitation et la PMS nécessitent beaucoup de données sur les captures et la biologie des espèces récifales alors que les connaissances actuelles sont pauvres et souvent difficiles d'accès. Il est par conséquent difficile d'appliquer les modèles de dynamique des populations, fréquemment utilisés pour les pêcheries monospécifiques (Kulbicki *et al.*, *in press*).

VI. Besoin d'une approche globale

En Nouvelle-Calédonie, la forte proportion de pêcheurs de subsistance et/ou de loisir et la diversité élevée des prises, des engins de pêche et de l'écosystème corallien expliquent les difficultés rencontrées pour gérer ces ressources côtières. Ces difficultés soulignent la nécessité de proposer des nouvelles approches d'évaluation et de suivi de l'état des ressources, non basées sur les captures ou les efforts de pêche. L'approche globale ou écosystémique, impliquant écologistes et halieutes, est donc à privilégier.

Pour trouver un bon indicateur, il faut identifier les fonctions écologiques liées aux perturbations, et donc quelles espèces ou groupes d'espèces sont concernés en priorité, puis tester si ces groupes permettent d'identifier et/ou de suivre l'effet de la pêche. Ainsi, il convient d'évaluer l'abondance, la densité et la biomasse à différents niveaux d'organisation. Par exemple, la proportion des espèces non commerciales est un indicateur facilement compréhensible et mesurable, qui plus est exclusif à la pêche. Ces espèces augmentent dans la communauté avec l'étendue de l'exploitation (Rochet & Trenkel, 2003). D'autre part, l'abaissement de la pente de la courbe densité = $f(\text{nombre d'espèces})$ indique un effort de pêche croissant (Figure 1).

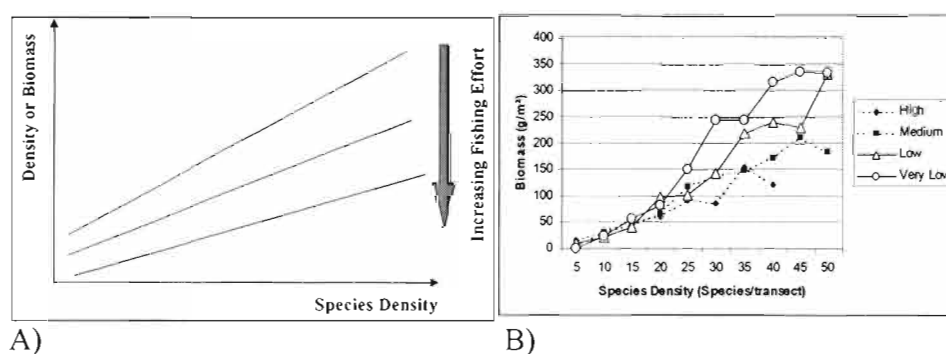


Figure 1 : A) relation attendue entre la densité ou la biomasse des espèces en fonction de la diversité sous des niveaux croissants de l'effort de pêche; B) relation observée entre la biomasse et la densité des espèces de poissons récifaux commerciaux sous des niveaux d'exploitation croissants, basée sur des données de Nouvelle-Calédonie (d'après Labrosse *et al.*, 1999)

En outre, dans un écosystème surexploité, le niveau trophique moyen des captures diminue et la pente de la courbe densité (en %) = $f(\text{taille})$ augmente (Kulbicki *et al.*, *in press*). Les poissons prédateurs de grande taille deviennent moins nombreux et les espèces herbivores de petite taille, à courte durée de vie, se multiplient (Cury, 2003).

L'étude de la diversité nécessite un haut niveau d'expertise en milieu corallien, étant donné le grand nombre d'espèces. La variation spatiale et temporelle dans ces biotopes exige aussi un effort d'échantillonnage important. Par ailleurs, le niveau trophique des captures nécessite un large jeu de données et d'analyses à cause de la grande variété des régimes alimentaires entre individus (Rochet & Trenkel, 2003).

Les études futures doivent donc s'intégrer dans une réflexion globale sur une méthodologie de l'état des ressources récifo-lagonaires. Leur but est de fournir et de tester des indicateurs simples, fiables et robustes de la pression de pêche, afin de mieux répondre aux besoins des gestionnaires dans un objectif de gestion durable des ressources.

RÉFÉRENCES CITÉES

BREAU L., FICHEZ R., AMIARD J.C., RADENAZC G. WARNAU M., TEYSSIE J.P., MORETON B., MIRAMAND P., 2002. Indicateurs de la contamination dans l'écosystème lagunaire de Nouvelle-Calédonie, application spécifique à l'étude des métaux *in* Compte-rendu de l'atelier PNEC « Indicateurs et ressources vivantes en milieu corallien » (Ferraris J. et Bouvet G.), IRD, Nouméa. Résumé, p. 11

CURY P., 2003. Les prédateurs ne sont plus ceux qu'ils étaient. *La Recherche*, hors série n°11 (La Terre) : 26-29

DALE V.H., BEYELER S.C., 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1: 3-10

HODGSON G., 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin*, 38 (5): 345-355

JENNINGS S., LOCK J. M., 1996. Populations and ecosystem effects of reef fishing *in* Reef fisheries (eds Polunin N. V. C. and Roberts C. M.), Chapman and Hall-Fish and Fisheries Series 20, London. pp. 193-218

JENNINGS S., POLUNIN N.V.C., 1996. Impacts of fishing on tropical reef ecosystems. *Ambio*, 25 (1). 6 p.

KULBICKI M., 1998. How the acquired behaviour of commercial reef fishes may influence the results obtained from visual census. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 222 : 11-30

KULBICKI M., CLUA E., 2002. Identification d'espèces de poissons indicatrices de la pression de pêche en milieu récifal, exemples de Nouvelle-Calédonie *in* Compte-rendu de l'atelier PNEC « Indicateurs et ressources vivantes en milieu corallien » (Ferraris J. et Bouvet G.), IRD, Nouméa. Résumé, p. 23

KULBICKI M., LABROSSE P., FERRARIS J., *in press*. Basic principles underlying research projects on the links between the ecology and of coral reef fishes in the Pacific. *MARE*

KULBICKI M., LABROSSE P., LETOURNEUR Y., 2000. Fish stock assesment of the northern New Caledonian lagoons : 2-Stocks of lagoon bottom and reef-associated fishes. *Aquat. Living Resour.*, 13 (2) : 77-90

LABROSSE P., FERRARIS J., LETOURNEUR Y., 2003. Estimating lagoon subsistence fisheries through fish consumption in a tropical island setting : a case study of the Northern Province of New Caledonia (Western Pacific). Fisheries research (en revision)

LABROSSE P., LETOURNEUR Y., KULBICKI M., PADDON J.R., 2000. Fish stock assesment of the northern New Caledonian lagoons : 3-Fishing pressure, potential yields and impacts on management options. *Aquat. Living Resour.*, 13 (2) : 91-98

LABROSSE P., LETOURNEUR Y., PADDON J.R., KULBICKI M., 1997. Incidence de la pression de pêche sur les stocks de poissons démersaux commerciaux du lagon ouest de la Province Nord. *Conventions Sciences de la Mer*. ORSTOM, Nouméa, 19. 15 p.

LETOURNEUR Y., LABROSSE P., KULBICKI M., 2000. Distribution spatiale des stocks de poissons récifaux démersaux d'intérêt commercial et effort de pêche en Province Nord de Nouvelle-Calédonie (Pacifique occidental). *Oceanologica Acta*, 23 (5) : 595-606

LEVIN P.S., GRIMES C.B., 2002. Reef fish ecology and grouper conservation and management in Coral reef fishes (eds P.F. Sale), Academic Press, Canada. 549 p.

ROCHET M.-J., TRENKEL V.M., 2003. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals. *Can. J. Aquat. Sci*, 60 : 86-99

VANDERMEULEN H., 1998. The development of marine indicators for coastal zone management. *Ocean & Coastal Management*, 39: 63-71

WHITFIELD A. K., ELLIOTT M., 2002. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries : a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology*, 60 (supplement A): 000-000

INTRODUCTION

Dans le cadre de la mise en place d'un complexe minier, le projet « Koniambo », dans la Province Nord de la Nouvelle-Calédonie, la société canadienne Falconbridge NC, s'est engagée à pratiquer le développement durable. Il s'agit de « l'implantation de pratiques et de politiques qui font la promotion du développement d'une économie, qui maintiennent un environnement sain et contribuent au mieux-être de la population locale » (Falconbridge, 2001).

A l'heure actuelle, 8000 habitants vivent dans la zone d'impact du projet Koniambo. D'ici la mise en service de l'usine, prévue en 2006, le pôle industriel de Koné pourrait voir sa population au moins doubler (Falconbridge, 2001). Toute une série de nuisances directes (pollutions, augmentation des apports terrigènes...) et indirectes (augmentation de la population et donc de l'impact anthropique) est attendue dans cette zone, dès le début de la mise en place de l'usine.

La large sous exploitation actuelle des ressources des lagons de la Province Nord, associée au développement prévisible des activités de pêche (transition d'une économie de subsistance vers une économie marchande), crée une situation particulièrement stimulante pour l'analyse des modifications dans la composition structurale de l'ichtyofaune et de leurs incidences sur le fonctionnement et la productivité des communautés de poissons en milieu récifo-lagonaire (Letourneur *et al.*, 2000). Au terme d'une étude de base détaillée, une Etude d'Impact Environnementale (EIE) a été amorcée en 2001 afin d'évaluer les impacts physiques, biologiques et humains d'une telle exploitation sur le milieu environnant (Falconbridge, 2001). La mise en place de suivis des ressources est nécessaire, d'une part, pour continuer l'étude d'impact sur la zone (pour l'industriel) et, d'autre part, dans un objectif de gestion durable (pour les gestionnaires).

Plusieurs questions se posent :

- Sous l'hypothèse d'une augmentation de la demande en produits de la mer, quelles vont être les conséquences sur les ressources (variations qualitatives et/ou quantitatives)?
- Comment détecter ces changements et plus particulièrement comment caractériser l'effet de la pêche par des études *in situ*?

L'impact de la pêche peut être détecté au niveau de la richesse spécifique, de l'abondance, de la densité ou de la biomasse de certaines espèces, mais le diagnostic sur l'état

des ressources intervient généralement trop tard (Bozec *et al.*, 2002). C'est pourquoi il est préférable de rechercher les variables pertinentes pour détecter rapidement l'impact de l'effet recherché. En outre, la grande complexité du milieu récifal corallien rend de plus en plus nécessaire l'utilisation d'indicateurs écosystémiques, tenant compte des interactions entre les espèces et leur environnement, plutôt que d'indicateurs strictement halieutiques (captures et efforts de pêche) ou mono spécifiques.

Potentiellement, toutes les variables mesurées sur les communautés exploitées (densité, biomasse, richesse spécifique, classe et niveau trophique, taille, comportement) peuvent servir d'indicateurs de l'état des ressources récifo-lagonaires. Toutefois, il faut identifier celles qui sont le plus faciles à mettre en œuvre, à obtenir, à comprendre et à utiliser pour un décideur. De plus, elles doivent mettre significativement en évidence un changement de l'état de la ressource dans un court laps de temps.

Le présent travail s'inscrit donc dans une perspective de gestion. L'objectif est de mettre en place, à travers une démarche méthodologique, un (des) indicateur(s) de suivi de l'état des ressources récifales de la zone d'impact du projet Koniambo. La difficulté réside dans le fait qu'il faut respecter les critères de qualité d'un indicateur (simplicité, facilité, fiabilité, robustesse), tout en tenant compte des contraintes logistiques : peu de temps pour échantillonner dans le cadre du stage, niveau d'expertise et budget limités, variabilité importante des biotopes et des espèces.

La démarche préconisée pour proposer ces indicateurs de suivi de l'état des ressources se décompose en deux étapes :

- 1 - l'utilisation de données antérieures pour prédéfinir une espèce ou un groupe d'espèces susceptible(s) de servir d'indicateur(s) de l'évolution et de l'impact d'une pression de pêche

- 2 - un test de faisabilité *in situ* sur ces espèces

Au cours de la première étape, on traitera des données existantes provenant d'inventaires de poissons et des relevés de substrat en Province Nord, concernant la zone étudiée. Ces données sont le fruit de la contribution entre le Service des Pêches de la Province Nord, le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Les espèces indicatrices seront déterminées en fonction a) de leur fréquence et de leur abondance sur les sites accessibles aux observateurs en plongée, b) de leur intérêt commercial, et c) de leur facilité d'identification sur le terrain.

La deuxième étape consistera à tester *a posteriori* la pertinence de ce choix d'espèces indicatrices par la récolte de nouvelles données terrain. Cette validation s'opèrera sur un biotope préalablement choisi (supportant la plus grande abondance et fréquence des espèces retenues). Sur ce biotope, une étude comparative sera effectuée à partir de quelques stations de deux zones du récif concerné par l'implantation de cette usine et contrastées du point de vue de la pêche.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I. Cadre général de l'étude

I.1. Contexte géographique

L'archipel de la Nouvelle-Calédonie est situé dans le Pacifique Sud-Ouest ($21^{\circ}30'S$, $165^{\circ}30'E$), à environ 1500 km à l'est de l'Australie. Il est composée de trois provinces : la Province des îles Loyauté, la Province Nord et la Province Sud, où se trouve la capitale, Nouméa (Figure 2).



Figure 2: Localisation de la Nouvelle-Calédonie dans le Pacifique

D'une superficie de 18575 km², la Grande Terre est entourée d'une barrière de corail continue qui délimite le second plus grand lagon du monde, géographiquement très proche des zones de diversité maximale de l'ichtyofaune de l'Indo-Pacifique. Au niveau des structures récifales, plusieurs unités se succèdent de la côte vers le large : le récif frangeant, le récif intermédiaire (formations coralliennes intra-lagonaires) et le récif barrière. La bathymétrie est variable mais dépasse très rarement les 40 m.

La population de la Nouvelle-calédonie est estimée à 210000 habitants : 10,6 % dans les îles, 21 % dans la Province Nord et 68,4 % dans la Province Sud, principalement autour de Nouméa (Falconbridge, 2001). Elle est pluriethnique : Mélanésiens, descendants d'Européens et Métropolitains, Polynésiens et Asiatiques vivent sur le Territoire. Cette population est en augmentation du fait de la croissance naturelle associée au développement industriel de l'île.

L'objectif du projet métallurgique de Koniambo est l'exploitation des gisements de nickel du massif du Koniambo et la mise en valeur des communes de Voh (nord de la zone), de Koné (chef lieu de la Province Nord, au centre de la zone) et de Pouembout (sud de la

zone), sur la côte ouest de la Province Nord. La zone d'impact du projet Koniambo est de 3266 km² (Figure 3).



Figure 3: Localisation de la zone d'impact du projet Koniambo (source : Falconbridge, 2001)

1.2. Contexte écologique

Au total, 107 espèces ont été observées dans la zone d'étude spécifique (ZES) du projet: 65 espèces sur les barrières récifales et 45 dans les estuaires, les mangroves et les plages littorales. Le nombre, la densité et la biomasse des poissons de la barrière récifale sont présentés dans le tableau I.

Tableau 1 : Information descriptive relative à l'ichtyofaune recensée sur les récifs barrières de la ZES (Falconbridge, 2001)

Barrière récifale (2.9 km ²)	Nombre de familles	Nombre d'espèces	Densité (indiv. /m ²)	Biomasse (g/m ²)	Familles les plus abondantes
Pente interne (0.8 km ²) 4 stations	14	52	0.042	29	Acanthuridae Scaridae Lutjanidae
Pente externe (0.7km ²) 4 stations	17	39	0.019	22	Acanthuridae Chaetodontidae

Les différentes formes d'exploitation pour les pêcheries de la ZES sont la pêche professionnelle, de loisir et de subsistance. Les poissons de ligne font l'objet d'une pression de pêche qui porte principalement sur les récifs et leurs abords.

A Koné, Voh et Pouembout, de 1993 à 2000, les mullets (*Mugilidae*), le bec de cane (*Lethrinus nebulosus*), le dawa (*Naso unicornis*), les Perroquets (*Scaridae*), les bossus (*Lethrinidae*) et les loches (*Serranidae*) sont les espèces les plus pêchées (Falconbridge, 2002). En outre, les fréquences cumulées de citations pour les poissons mangés le plus souvent en Province Nord (enquêtes de consommation réalisées auprès de 646 personnes en 1996) sont représentées dans le tableau II.

Tableau II: Fréquences cumulées des citations des groupes de poissons les plus consommés en Province Nord (d'après Labrosse & Letourneur, 1998)

Catégorie	Nombre	%
Mulets (Mugilidae)	334	16.8
Picots kanaks (Acanthuridae)	290	14.6
Bec de cane (Lethrinidae)	198	9.9
Dawas (Acanthuridae)	164	8.2
Autres	1006	50.4
Total	1992	100

II. Première étape : choix des indicateurs

Au cours de cette première étape, on a utilisé des données antérieures provenant des inventaires de poissons et les relevés de substrat en Province Nord, concernant la zone étudiée, afin de prédéfinir une ou un groupe d'espèce(s) susceptibles de servir d'indicateur(s) de l'évolution et de l'impact d'une pression de pêche.

II.1. Présentation des données existantes

La présente étude porte sur trois missions d'observation antérieures réalisées dans zone ouest de la Province Nord en :

- janvier-février 1996 (Service des Pêches de la Province Nord + IRD)
- décembre 1997 (Service des Pêches de la Province Nord + IRD)
- novembre-décembre 2002 (IRD + CPS + Service des Pêches de la Province Nord + Falconbridge)

On n'a retenu que les stations des récifs intermédiaires et barrières de la zone d'impact du projet Koniambo et les poissons dits « commerciaux », c'est-à-dire des principales espèces pêchées par les plaisanciers et les professionnels. On dispose du nombre d'individus (Annexe 2), de la densité (Annexe 3) et de la biomasse (Annexe 4) de chaque espèce ainsi que du nombre d'espèces, de la densité et de la biomasse de chaque famille et structure (groupes trophiques, classes de taille, comportement : grégarité et mobilité) pour chaque station.

Quatre zones contrastées d'un point de vue de la pêche (O1, O2, K et P) ont été définies arbitrairement, du Nord au Sud (Figure 4).

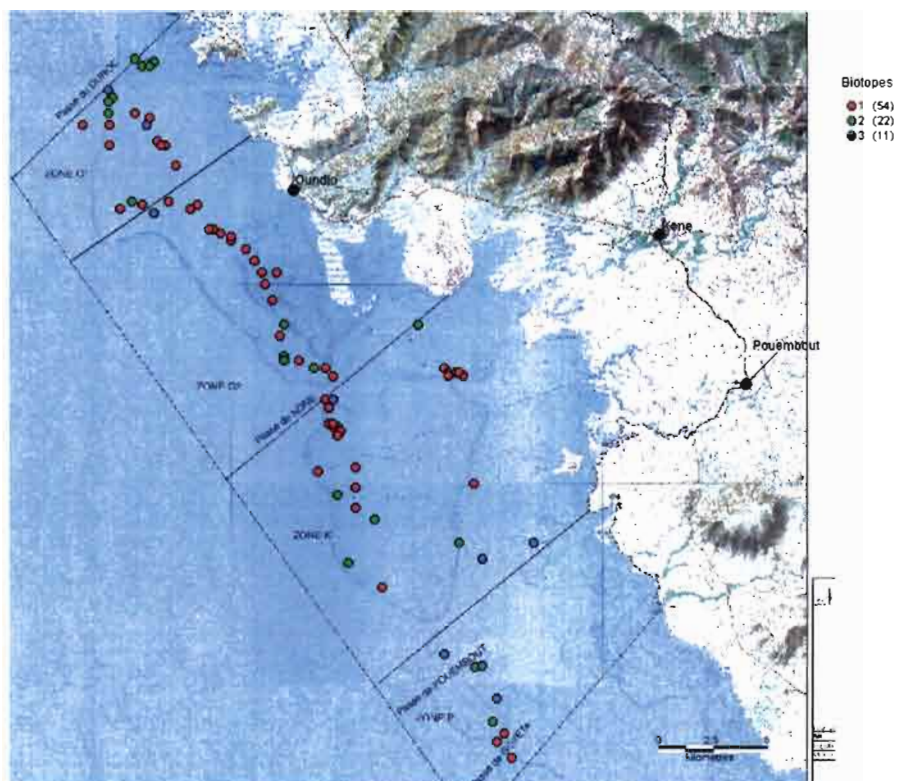


Figure 4 : Position des 87 stations échantillonnées en 1996 (Service des Pêches de la Province Nord + IRD), 1997 (Service des Pêches de la Province Nord + IRD) et 2002 (IRD + CPS + Service des Pêches de la Province Nord + Falconbridge) sur la ZES

O1 et O2 correspondent au territoire de pêche traditionnel de la tribu d'Oundjo. La principale zone de pêche (au filet), située sur le plateau en face de la tribu et sur les bordures de l'île Pingiane et de la presqu'île de Pinjen (Poignonec, 2002), est représentée par O2. Pour les pêcheurs de Koné, l'ensemble des zones K et P (de Pingen à Franco) sont pêchées car ouvertes à tous. Les principales zones de pêche sont les abords du plateau de Koniène et le nord-ouest de Foué (Poignonec, 2002). Cette zone K subit une pression de pêche importante. En effet, le seuil d'exploitation semble proche d'être atteint à Koné depuis 1997 (Labrosse *et al.*, 1998). Enfin, l'effet de la pêche est bien plus faible en face de Pouembout (récif de Goyeta, zone P) qu'à Koné, comme le montre le tableau III.

Tableau III : Contribution des pêcheurs de Koné et de Pouembout dans l'ensemble des captures de poissons de la côte ouest de la Province Nord (d'après Falconbridge, 2002)

	zone K	zone P
Captures de poissons	19 %	1 %
Pourcentage de pêcheurs	9 %	3 %

Par ailleurs, le nombre de stations et d'espèces échantillonnées par comptage visuel en plongée par zone, sur les 3 années antérieures, sont présentées dans le tableau IV.

Tableau IV: Nombre de stations et d'espèces observées

	Nombre de stations	Nombre d'espèces
O1	25	98
O2	23	96
K	31	107
P	8	71
total	87	130

II.2. Méthode d'échantillonnage

II.2.a. Echantillonnage des poissons

La clarté et la faible profondeur des eaux tropicales permettent l'échantillonnage des communautés de poissons par des évaluations visuelles *in situ*. Les comptages visuels en plongée (CVP) constituent l'une des méthodes les plus utilisées. Ces CVP ont été réalisés selon la technique des transects à largeur variable, en anglais « distance sampling » (Figure 5).

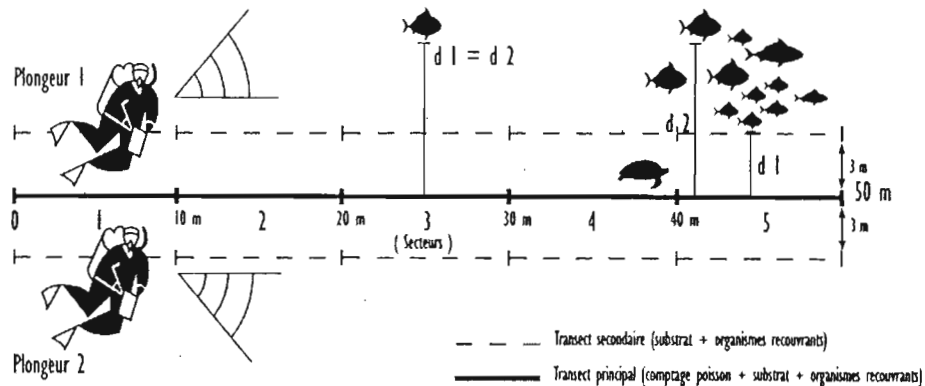


Figure 5: Comptage visuel sur transect - Vue plane : d_1 = distance séparant le poisson observé du transect (en m), dans le cas d'un banc ou d'un agrégat, indique la distance du poisson le plus proche au transect ; d_2 = égale d_1 si un seul poisson observé, sinon indique la distance du poisson le plus éloigné du transect dans le cas d'un banc ou d'un agrégat de poissons (source : Labrosse *et al.*, 2001)

Le long du transect de 50 m, deux plongeurs, équipés d'un scaphandre autonome, nagent lentement et comptent les poissons chacun d'un côté. Ils notent tous les poissons commerciaux observés, leur taille en cm et estiment la distance perpendiculaire (enregistrée par classes de 1 m entre 0 et 4 m, de 2 m au-delà de 5 m) entre le poisson et le ruban. Si le poisson fait partie d'un banc, le nombre d'individus sera estimé et les distances des poissons le plus proche et le plus éloigné seront notées (Labrosse *et al.*, 2001) (Annexe 6).

La technique du « distance sampling » repose sur le fait que tous les poissons détectables ne sont pas obligatoirement observés, la probabilité de détecter un poisson diminuant avec la distance d'observation (Buckland *et al.*, 1993). En d'autres termes, plus un individu est éloigné du transect, moins il a de chance d'être vu. On obtient une courbe de probabilité de voir un poisson en fonction de sa distance au transect. Cette courbe permet d'estimer les densités.

Les comptages (un transect par station) ont été répartis de façon à couvrir les trois types de récifs présents dans ces lagons (les récifs barrières et frangeants, avec environ une station par kilomètre, et les récifs intermédiaires, autour des îlots lagunaires). Les programmes successifs sont retournés sur les mêmes stations localisées par position GPS mais pas exactement les mêmes transects, non matérialisés sous l'eau. Ces derniers ne peuvent donc pas être considérés comme des répliqués dans le temps.

II.2.b. Echantillonnage du substrat

Les comptages sont réalisés en conjonction avec la méthode des quadrats (English *et al.*, 1997). Pour l'ensemble de la station, on note la visibilité, le courant, le type de récif, l'exposition au vent dominant et les caractéristiques du relief sur la partie haute de la fiche d'enregistrement des facteurs du milieu (Annexes 1 et 7).

Pour chacune des sections de 10 m, des quadrats virtuels de 5 m de côtés servent à identifier à la verticale du ruban le pourcentage de chaque catégorie de substrat (sable, débris, petits blocs, gros blocs, roche, corail substrat) et d'organismes vivants recouvrants (algues, alcyonaires, corail vivant) (annexe 5).

II.3. Traitement des données

Les analyses s'effectuent après vérification, saisie et mise en forme des données sur ordinateur.

II.3.a. Variables utilisées

Les variables brutes utilisées sont le nombre de poissons détectés et leur distance au ruban.

La densité (indiv./m²) par station a été obtenue à partir du calcul d'une distance moyenne des observations, pondérée par le nombre d'individus observés à chaque classe de distance au transect (Kulbicki & Sarramegna, 1999).

L'estimation correcte des densités repose sur trois hypothèses (Buckland, 1993):

1) tous les individus présents sur le ruban sont supposés être vus et dénombrés (ils sont détectés avec la probabilité 1)

- 2) la distance des poissons est fixée à la position où ils sont observés la première fois
- 3) les mesures sont correctes (les poissons ne sont pas comptés deux fois, les estimations de taille et de distance sont justes)

La biomasse (en g/m^2) est estimée à partir des poids observés pour chaque espèce. Le poids des individus est obtenu grâce à la relation qui lie la taille (L) et le poids (W) : $W = a \cdot L^b$. Les paramètres a et b sont caractéristiques de chaque espèce et proviennent de Letourneur *et al.* (1998 ; *in* Sarramegna, 2000) et de la base de données FISHEYE (Labrosse *et al.*, 1997 ; *in* Sarramegna, 2000)

La composition moyenne du substrat et des organismes recouvrants des sites échantillonnés est obtenue en calculant la moyenne des pourcentages de chaque catégorie de substrat et d'organismes recouvrants sur l'ensemble des cinq secteurs.

II.3.b. Définition des biotopes

Afin de procéder à une évaluation de l'impact de la pêche, il est nécessaire de regrouper les stations dont le substrat est analogue.

Les groupes de stations sont construits sur la base des variables indépendantes que constituent la profondeur, la visibilité ainsi que les catégories de substrat et d'organismes vivants mentionnées précédemment. Une classification non hiérarchique des 87 stations a été effectuée par la méthode des K-means. Cette technique procède par améliorations successives d'une partition de départ jusqu'à ce que la variabilité interclasse soit maximale et la variabilité intraclasse minimale (Bouroche & Saporta, 2002). Etant donné qu'il faut définir au préalable le nombre de classes que l'on veut obtenir, on a procédé par tâtonnements en effectuant plusieurs classements avec un nombre de classes différent. On optera pour le nombre de classes qui permet d'avoir suffisamment de stations des trois années (1996, 1997 et 2002), réparties de manière à peu près équilibrée, dans chacune de ces classes. Les variables ont été centrées et réduites afin d'homogénéiser les données en mètre (profondeur et visibilité) et les données en pourcentage (substrat et organismes recouvrants).

Une analyse de variance (ANOVA) à 1 critère de classification sera ensuite utilisée pour voir comment chacune des différentes catégories de substrat et d'organismes recouvrants discriminent les biotopes.

Le modèle est le suivant : % substrat ou organismes recouvrants = μ + biotope + ε

où substrat et organismes recouvrants sont des variables dépendantes quantitatives ; μ est la moyenne générale de toutes les observations ; biotope (variable qualitative, 3

modalités : 1, 2 et 3) désigne les écarts factoriels dus au type de biotope ; ε désigne les écarts résiduels.

II.3.c. Choix des indicateurs

Pour chacun des biotopes définis précédemment, on calcule la densité et la biomasse moyennes, ainsi que l'occurrence et l'abondance relative de chaque espèce.

occurrence = nombre d'observations de chaque espèce sur l'ensemble des stations du biotope / nombre total de stations du biotope

abondance relative (en %) = (nombre de poissons détectés pour chaque espèce sur l'ensemble des stations du biotope / nombre total des individus de l'espèce ou du groupe d'espèces détectés sur l'ensemble des stations du biotope) * 100

a) Compte tenu des problèmes logistiques, de savoir faire (comptage en plongée) ou de temps imparti à la présente étude, un nombre restreint d'espèces seront testées.

b) Les espèces indicatrices doivent être abondantes et présentes sur suffisamment de stations. Les espèces ont donc été classées par occurrence et abondance relative décroissantes afin de ne garder que les plus fréquentes et les plus abondantes.

c) Ces espèces seront choisies en fonction des groupes de poissons qui sont le plus pêchés et consommés.

d) On choisira des espèces faciles à identifier sur le terrain (forme, taille et couleurs distinctes) en vue d'une utilisation ultérieure par des gens peu expérimentés.

e) Les espèces indicatrices sélectionnées sont ensuite testées par rapport à leur pertinence dans la détection des différences significatives entre les zones et les biotopes.

Une ANOVA à 2 critères de classification a été utilisée pour tester l'effet de la zone (sachant que la pression de pêche y est différente) et du type de biotope sur la densité et la biomasse des espèces sélectionnées.

Le modèle est le suivant : biomasse ou densité = μ + zone + biotope + zone * biotope + ε

où biomasse et densité sont des variables dépendantes quantitatives ; μ est la moyenne générale de toutes les observations ; zone (variable qualitative, 4 modalités : O1, O2, K et P) et biotope (variable qualitative, 3 modalités : biotope1, 2 et 3) désignent les écarts factoriels

dus à la zone et au type de biotope ; zone*biotope désigne un terme d'interaction ; ε désigne les écarts résiduels.

L'ANOVA suppose l'égalité des variances et la normalité des populations d'origine (Scherrer, 1984). Les variables non normales ayant dans notre cas des distributions log-normales, une transformation en $\text{Log}_{10}(x+1)$ a permis de se rapprocher de ces conditions d'application.

Par la suite, pour déterminer quelles moyennes diffèrent significativement les unes des autres, on utilise le test de comparaison multiple des traitements de Newman-Keuls.

III. Deuxième étape : test de faisabilité

A la suite du choix des espèces indicatrices, un test *a posteriori*, ou de faisabilité, doit permettre de vérifier l'adéquation entre les indicateurs proposés et les caractéristiques théoriques (fiabilité, sensibilité, robustesse) et pratiques (facilité de mise en œuvre, d'interprétation, de compréhension,...) attendues. Ce test se fera par de nouvelles récoltes de données terrain.

III.1. Zone d'étude

Les régions de Koné (zone K) et de Pouembout (zone P) ont été retenues pour des raisons de logistiques (elles sont proches géographiquement) et parce que ces zones présentent un fort contraste de leur pression de pêche (cf II.1.). Le choix du biotope sera fonction de l'abondance de l'espèce ou du groupe d'espèces ciblée(s) et suite à l'étude des ressemblances environnementales entre les stations (II.3.b).

III.2. Méthode d'échantillonnage

Dans cette étude, on souhaite mettre en place des répliqués :

- aléatoires avec un aller-retour sur le même transect
- spatiaux avec deux transects par station
- temporels avec une visite en deux périodes différentes des mêmes stations localisées par position GPS.

Le plan d'échantillonnage est présenté dans le tableau V.

Tableau V : Plan d'échantillonnage

	Koné (zone K)	Pouembout (zone P)
Période 1 28-30/04/03	5 stations (K1 à K5) 2 transects (1 et 2)/station 1 aller-retour/transect = 2 réplicats/transect 2 plongeurs/transect	5 stations (P1 à P5) 2 transects (1 et 2)/station 1 aller-retour/transect = 2 réplicats/transect 2 plongeurs/transect
Période 2 12-15/05/03	5 stations (K1 à K5) 2 transects (3 et 4)/station 1 aller-retour/transect = 2 réplicats/transect 2 plongeurs/transect	5 stations (P1 à P5) 2 transects (3 et 4)/station 1 aller-retour/transect = 2 réplicats/transect 2 plongeurs/transect
total	5 stations 20 transects → échantillon de 40 unités d'échantillonnage	5 stations 20 transects → échantillon de 40 unités d'échantillonnage

Au sein de chaque zone, les stations ont été sélectionnées au hasard au sein du biotope choisi (les transects sont donc considérés comme représentatifs du biotope au sein de la zone) en établissant entre elles un espace d'environ 1 km. Pour chaque station, l'heure d'échantillonnage et l'état de la marée (descendante/montante) ont été notés.

Chaque plongeur, équipé en palmes-masque-tuba, effectue ses observations d'un seul côté du ruban de 50 m. A chaque observation de poisson correspond le nom de l'espèce, la taille de l'individu (notée par classes de 5 cm) et la distance au transect (enregistrée par classes de 1 m entre 0 et 4 m, 2 m au-delà de 5 m (annexe 8)).

III.3. Traitement des données

III.3.a. Variables utilisées

Les variables utilisées sont le nombre, la densité et la biomasse des poissons détectés, ainsi que leur taille et leur distance au ruban.

La densité (indiv./m²) est calculée à l'aide du logiciel Distance 4.0. La biomasse (g/m²) est obtenue grâce à l'utilisation de relations taille-poids (Letourneur *et al.*, 1998 ; *in* Sarramegna, 2000) et du logiciel Distance 4.0. Ces paramètres sont estimés à partir de tous les transects de toutes les stations de chaque zone. En effet, ayant trop peu d'individus par station pour effectuer les calculs nécessaires au calcul de la fonction de détection, le programme fait la sommation des données sur l'ensemble des transects d'une zone.

III.3.b. Test des indicateurs

- Détection de différences significatives entre les zones ?
 - a) A partir du nombre de poissons observés

On souhaite dans un premier temps voir la variabilité du nombre de poissons comptés entre l'aller et le retour sur un même transect, entre transects d'une même station, entre stations d'une même zone et entre zones d'une même période d'échantillonnage.

Dans un deuxième temps, une ANOVA à 2 critères de classification sera utilisée pour tester l'effet de la zone et de la période d'échantillonnage sur le nombre de poissons observés:

$$\text{nombre} = \mu + \text{zone} + \text{période} + \text{zone} * \text{période} + \varepsilon$$

où nombre est une variable dépendante quantitative ; μ est la moyenne générale de toutes les observations ; zone (variable qualitative, 2 modalités : K et P) et période (variable qualitative, 2 modalités : 1 et 2) désignent les écarts factoriels ; zone*periode désigne le terme d'interaction ; ε désigne les écarts résiduels.

Les variables ont été normalisées par une transformation en $\text{Log}_{10}(x+1)$.

Par la suite, pour déterminer quelles moyennes diffèrent significativement les unes des autres, on utilise le test de comparaison multiple des traitements de Newman-Keuls.

b) A partir de la structure de taille et de la distance au transect des espèces indicatrices

On souhaite tester l'influence de la pêche sur la structure de taille des espèces et sur leur comportement en terme de fuite. Les distributions de fréquences de tailles poissons et de leur distance au transect sont alors comparées entre zones pour chaque période d'échantillonnage à l'aide du test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov. Ce test consiste à calculer les différences existant entre les distributions de fréquences relatives cumulées de deux échantillons indépendants (ici les deux zones) et à vérifier si la plus grande des différences peut être le fruit de fluctuations fortuites d'échantillonnage (Scherrer, 1984).

c) A partir de la densité et de la biomasse des espèces indicatrices

Pour avoir une illustration globale de l'effet de la pêche, la densité et la biomasse totales sont comparées entre zones et entre périodes d'échantillonnage à partir des intervalles de confiance à 95 %, calculés par le logiciel Distance 4.0

- Problème de technicité : effet du plongeur ?

On souhaite tester les problèmes de technicité et de mise en œuvre de la méthode, donc l'effet du plongeur sur les comptages, les estimations de taille et de distance au transect. On cherche alors à tester l'hypothèse qu'il n'y a pas de différences significatives entre les

plongeurs ou entre les deux périodes d'échantillonnage pour un même plongeur (liées à l'apprentissage et à la capacité de reproduire la mesure).

Des ANOVAs à 2 critères de classification seront utilisées pour tester l'effet du plongeur et de la période d'échantillonnage :

$$\text{nombre ou taille ou distance} = \mu + \text{plongeur} + \text{période} + \text{plongeur} * \text{période} + \varepsilon$$

où nombre, taille et distance sont des variables dépendantes quantitatives ; μ est la moyenne générale de toutes les observations ; plongeur (variable qualitative, 2 modalités : CC et NC) et période (variable qualitative, 2 modalités : 1 et 2) désignent les écarts factoriels ; plongeur*période désigne le terme d'interaction ; ε désigne les écarts résiduels.

La variable « nombre » a été normalisée par une transformation en $\text{Log}_{10}(x+1)$.

Par la suite, pour déterminer quelles moyennes diffèrent significativement les unes des autres, on utilise le test de comparaison multiple des traitements de Newman-Keuls.

RÉSULTATS

I.1^{ère} étape : choix des indicateurs

I.1. Définition des biotopes

On a choisi de partitionner les 87 stations en trois classes (figure 4) par des couleurs différentes. Ces biotopes possèdent les caractéristiques suivantes (Tableau VI) :

Tableau VI: Paramètres physiques des trois biotopes (profondeur et visibilité en m)

Biotope	Nombre de stations	Prof. moy	Prof. mini	Prof. maxi	Visibilité moy
1	54	2.0	1.0	6.0	12.4
2	22	2.2	1.0	4.0	14.4
3	11	4.5	3.0	6.0	10.4

Plusieurs variables discriminent les trois biotopes (Tableau VII) :

Tableau VII: Moyennes des variables pour chaque classe (Les valeurs en gras sont les moyennes les plus élevées des trois biotopes)

	classe 1	classe 2	classe 3
Prof. mini	1.6574	1.8273	4.4000
Prof. maxi	2.4315	2.6273	4.6909
Visibilité	12.4038	14.3636	10.3636
sable	46.5035	15.8480	29.3692
débris	8.0371	33.3330	2.1507
petits blocs	2.1004	8.7988	1.4071
gros blocs	0.8841	0.9613	2.5455
roche	27.8336	28.3555	49.5896
corail substrat	11.8631	7.8059	11.5744
algues	0.5361	2.4159	0.0000
alcyonaires	0.8166	1.0587	7.3225
corail vivant	11.6513	8.0637	14.8973

Il s'agit du sable et du corail substrat (classe 1), de la visibilité, des débris, des petits blocs et des algues (classe 2), des profondeurs extrêmes, des gros blocs, des roches, des alcyonaires et du corail vivant (classe 3). Les variables profondeurs extrêmes, sable, débris, petits blocs, roche, algues et alcyonaires diffèrent significativement entre biotope (Tableau VIII).

Tableau VIII : Test du modèle « % substrat ou organismes recouvrants = μ + biotope + ε » (dl = degrés de liberté ; F = rapport des variances ; p = probabilité associée à l'ANOVA)

Source de variation	dl	F	p
prof min	86	57.112	0.000
prof max	86	21.510	0.000
visibilité	86	0.603	0.549
Sable	86	34.702	0.000
Débris	86	44.812	0.000
petits blocs	86	8.508	0.000
gros blocs ns	86	1.248	0.292
Roche	86	5.495	0.006
corail substrat	86	0.580	0.562
Algues	86	4.213	0.018
Alcyonaires	86	19.918	0.000
corail vivant ns	86	2.362	0.100

En fonction des trois biotopes, les différences les plus marquées dans la composition du « substrat moyen » concernent les catégories des sables, très présents sur le biotope 1 avec 48 %, des débris qui représentent jusqu'à 35 % dans le biotope 2 et seulement 2 % dans le biotope 3 et des roches qui sont très présentes dans le biotope 3 (Figure 6). Les coraux constituent une assez faible couverture de substrat mais sont néanmoins plus abondants dans les biotopes 1 où ils représentent respectivement 12 et 15 % de la couverture. Les algues sont absentes et les alcyonaires importantes (7 %) dans le biotope 3.

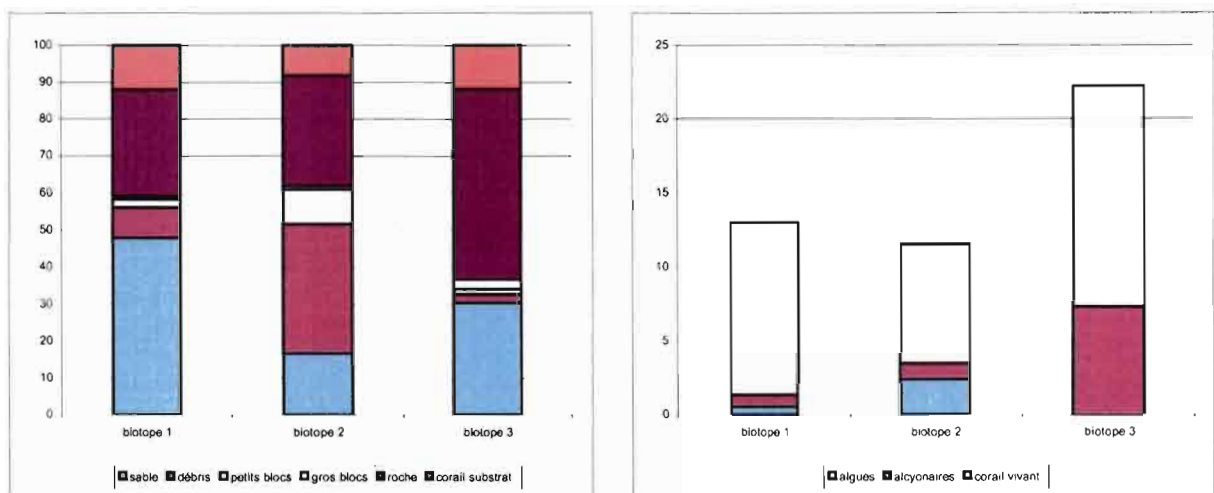


Figure 6: Composition moyenne du substrat et du recouvrement par les organismes vivants de chacun des trois biotopes, exprimés en pourcentage de recouvrement total

I.2. Choix des indicateurs

Les espèces les plus fréquentes et les plus abondantes sur l'ensemble des trois biotopes sont (Tableau IX) :

Tableau IX :Listes des 35 premières espèces de chaque biotope classées par ordre d'occurrence et d'abondance relative décroissantes (occurrence = nombre d'observations de chaque espèce sur l'ensemble des stations du biotope / nombre total de stations du biotope ; abondance relative (en %) = nombre de poissons détectés pour chaque espèce sur l'ensemble des stations du biotope / nombre total des individus de l'espèce ou du groupe d'espèces détectés sur l'ensemble des stations du biotope * 100). Les espèces en grisé sont les espèces indicatrices choisies comme indicateurs.

biotope1				
espèce	nombre	abondance relative	occurrence	
Ctenochaetus striatus	1133	10%	0.94	
Scarus sordidus	1302	11%	0.91	
Scarus ghobban	577	5%	0.80	
Scarus altipinnis	327	3%	0.70	
Scarus schlegeli	222	2%	0.65	
Parupeneus barberinus	93	1%	0.65	
Scarus rivulatus	313	3%	0.63	
Naso unicornis	287	2%	0.61	
Zebrasoma veliferum	241	2%	0.61	
Epinephelus merra	114	1%	0.61	
Hemigymnus melapterus	95	1%	0.61	
Scarus sp.	822	7%	0.57	
Monotaxis grandoculis	270	2%	0.57	
Acanthurus nigricauda	159	1%	0.54	
Cheilinus chlorourus	72	1%	0.54	
Acanthurus xanthopterus	551	5%	0.50	
Acanthurus blochii	291	2%	0.48	
Hipposcarus longiceps	100	1%	0.48	
Scarus psittacus	771	7%	0.46	
Acanthurus nigrofuscus	141	1%	0.46	
Lethrinus atkinsoni	106	1%	0.46	
Scarus microrhinos	98	1%	0.43	
Coris aygula	50	0%	0.43	
Scarus globiceps	161	1%	0.37	
Mulloides flavolineatus	646	6%	0.35	
Lethrinus obsoletus	231	2%	0.35	
Scarus sp. juvenile	305	3%	0.31	
Scarus frenatus	74	1%	0.30	
Lutjanus gibbus	132	1%	0.28	
Scarus niger	74	1%	0.28	
Cheilinus trilobatus	27	0%	0.28	
Parupeneus cyclostomus	23	0%	0.28	
Siganus doliatus	48	0%	0.26	
Siganus puellus	43	0%	0.26	
Siganus spinus	97	1%	0.24	

Tableau IX (suite) :

biotope 2				
espèce		nombre	abondance relative	occurrence
Scarus	sordidus	823	20%	0.91
Ctenochaetus	striatus	503	12%	0.86
Naso	unicornis	202	5%	0.82
Scarus	schlegeli	172	4%	0.82
Scarus	ghobban	83	2%	0.73
Epinephelus	merra	48	1%	0.68
Hemigymnus	melapterus	48	1%	0.64
Scarus	psittacus	129	3%	0.59
Acanthurus	gahri	79	2%	0.59
Cheilinus	chlorourus	70	2%	0.59
Zebrasoma	veliferum	45	1%	0.59
Scarus	sp.	270	6%	0.50
Acanthurus	nigrofuscus	57	1%	0.50
Parupeneus	barberinus	32	1%	0.50
Cheilinus	trilobatus	50	1%	0.45
Scarus	rivulatus	32	1%	0.45
Siganus	spinus	200	5%	0.41
Scarus	globiceps	153	4%	0.41
Scarus	frenatus	31	1%	0.41
Scarus	altipinnis	27	1%	0.41
Coris	aygula	15	0%	0.41
Hipposcarus	longiceps	73	2%	0.36
Lethrinus	obsoletus	73	2%	0.36
Siganus	doliatus	43	1%	0.36
Acanthurus	blochii	41	1%	0.36
Parupeneus	cyclostomus	18	0%	0.36
Scarus	microrhinos	28	1%	0.32
Lethrinus	atkinsoni	17	0%	0.32
Scarus	sp. juvenile	186	4%	0.27
Lutjanus	fulviflammus	83	2%	0.27
Acanthurus	xanthopterus	75	2%	0.27
Lethrinus	harak	43	1%	0.27
Lethrinus	xanthochilus	41	1%	0.27
Ctenochaetus	binotatus	37	1%	0.27
Scarus	chameleon	14	0%	0.27

Tableau IX (suite) :

biotope 3				
espèce		nombre	abondance relative	occurrence
<i>Ctenochaetus</i>	<i>striatus</i>	277	9%	1.00
<i>Scarus</i>	<i>sordidus</i>	222	8%	0.91
<i>Scarus</i>	<i>ghobban</i>	33	1%	0.91
<i>Scarus</i>	<i>rivulatus</i>	35	1%	0.82
<i>Parupeneus</i>	<i>barberinus</i>	15	1%	0.82
<i>Scarus</i>	<i>schlegeli</i>	51	2%	0.73
<i>Naso</i>	<i>unicornis</i>	38	1%	0.73
<i>Acanthurus</i>	<i>gahm</i>	32	1%	0.73
<i>Acanthurus</i>	<i>xanthopterus</i>	79	3%	0.64
<i>Scarus</i>	<i>microrhinos</i>	48	2%	0.64
<i>Epinephelus</i>	<i>merra</i>	16	1%	0.64
<i>Siganus</i>	<i>doliatus</i>	10	0%	0.64
<i>Scarus</i>	<i>psittacus</i>	34	1%	0.55
<i>Monotaxis</i>	<i>grandoculis</i>	32	1%	0.55
<i>Scarus</i>	<i>altipinnis</i>	28	1%	0.55
<i>Acanthurus</i>	<i>blochii</i>	23	1%	0.55
<i>Hipposcarus</i>	<i>longiceps</i>	20	1%	0.55
<i>Scarus</i>	<i>niger</i>	13	0%	0.55
<i>Scarus</i>	<i>oviceps</i>	10	0%	0.55
<i>Scarus</i>	sp.	113	4%	0.45
<i>Scarus</i>	<i>frenatus</i>	38	1%	0.45
<i>Siganus</i>	<i>punctatus</i>	13	0%	0.45
<i>Epinephelus</i>	<i>maculatus</i>	11	0%	0.45
<i>Zebrasoma</i>	<i>veliferum</i>	9	0%	0.45
<i>Hemigymnus</i>	<i>melapterus</i>	8	0%	0.45
<i>Bodianus</i>	<i>loxozonus</i>	7	0%	0.45
<i>Lutjanus</i>	<i>fulviflammus</i>	291	10%	0.36
<i>Scarus</i>	sp. juvenile	172	6%	0.36
<i>Parupeneus</i>	<i>ciliatus</i>	8	0%	0.36
<i>Cheilinus</i>	<i>chlorourus</i>	5	0%	0.36
<i>Lutjanus</i>	<i>gibbus</i>	578	20%	0.27
<i>Mulloides</i>	<i>vanicolensis</i>	12	0%	0.27
<i>Plectropomus</i>	<i>laevis</i>	8	0%	0.27
<i>Scarus</i>	<i>chameleon</i>	7	0%	0.27

Connaisant les groupes de poissons les plus pêchés et les plus consommés en Province Nord (cf II.3.c), on peut garder les espèces du genre *Scarus* (Scaridae) et du genre *Acanthurus* (Acanthuridae). Cependant, les différentes espèces de perroquets sont très difficiles à distinguer et pour des facilités d'identification sur le terrain (de par leur couleur et leur silhouette), le dawa (*Naso unicornis*) et les picots kanaks (*Acanthurus blochii*, *A. nigricauda* et *A. xanthopterus*) seront testées comme indicateur mono-spécifique et plurispécifique respectivement (Annexe 9).

1.3. Test *a priori* des indicateurs

1.3.a. Dawas

Des tendances se dégagent quant aux variations de densité et de biomasse en fonction de la zone (Figure 7).

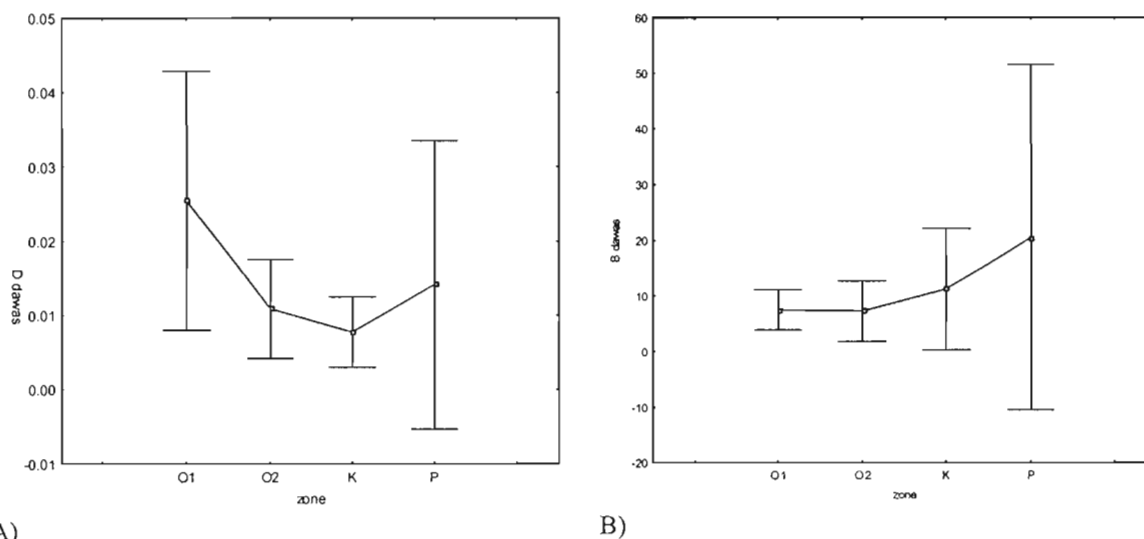


Figure 7: A) Moyenne des densités (indiv./m²) de dawas pour chaque zone ; B) Moyenne des biomasses (g/m²) de dawas pour chaque zone (les barres verticales représentent les intervalles de confiance à 95 %).

La densité des dawas au nord d'Oundjo est supérieure au sud et à Koné. La densité à Pouembout est intermédiaire. Avec beaucoup de réserve, étant donné les fortes variabilités observées, on peut classer ces densités de la façon suivante : K(0.008 indiv./m²) < O2(0.011 indiv./m²) < P(0.014 indiv./m²) < O1(0.025 indiv./m²). La biomasse des dawas ne suit pas la même évolution que la densité : la biomasse à Pouembout et Koné est supérieure aux autres zones : O2(7.262 g/m²) ≈ O1(7.506 g/m²) < K(11.202 g/m²) < P(20.546 g/m²).

Les résultats des ANOVA (Tableau X) ne montrent aucun effet significatif de la zone, du type de biotope ou de l'interaction entre zone et biotope sur la densité et la biomasse des dawas.

Tableau X: A) Test du modèle « densité des dawas = μ + zone + biotope + ε » ; B) Test du modèle « biomasse des dawas = μ + zone + biotope + ε » (dl = degrés de liberté ; F = rapport des variances ; p = probabilité associée à l'ANOVA ; R² pourcentage de variabilité expliqué par le modèle)

A)

Source de variation	dl	F	p
biotope	2	0.609	0.546
zone	3	1.238	0.302
biotope*zone	6	0.799	0.573

R² = 16.7 %

B)

Source de variation	dl	F	p
biotope	2	0.228	0.797
zone	3	0.689	0.561
biotope*zone	6	0.306	0.932

R² = 6.2 %

1.3.b. Picots kanaks

Des tendances se dégagent quant aux variations de densité et de biomasse en fonction de la zone (Figure 8).

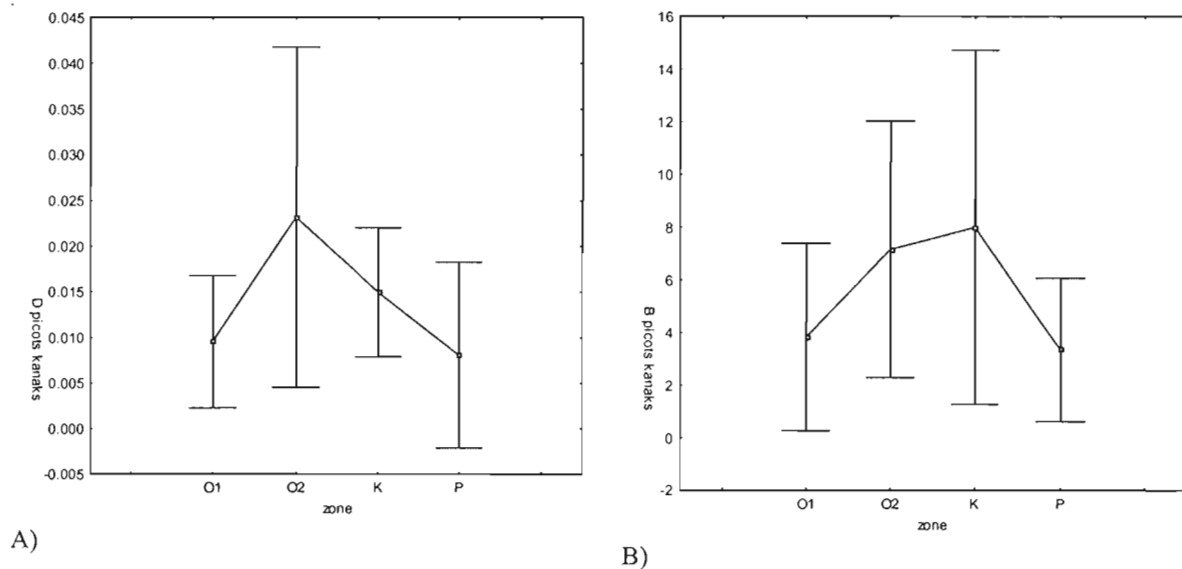


Figure 8: A) Moyenne des densités (indiv./m²) des picots kanaks pour chaque zone ; B) Moyenne des biomasses (g/m²) des picots kanaks pour chaque zone (les barres verticales représentent les intervalles de confiance à 95 %).

La densité des picots kanaks est nettement supérieure au sud d'Oundjo qu'au nord. La densité la plus faible est observée à Pouembout. Les densités à Oundjo-sud et à Koné sont intermédiaires. Avec beaucoup de réserve, étant donné les fortes variabilités observées, on peut classer ces densités de la façon suivante : P(0.008 indiv./m²) \approx O1(0.010 indiv./m²) < K(0.015 indiv./m²) < O2(0.023 indiv./m²). La biomasse des picot kanaks ne suit pas tout à fait la même évolution que la densité. La biomasse à Koné est supérieure aux autres zones : P(30347 g/m²) \approx O1(3.838 g/m²) < O2(7.165 g/m²) < K(8.002 g/m²).

De même que pour les dawas, les résultats des ANOVA ne montrent aucun effet significatif de la zone, du type de biotope ou de l'interaction entre zone et biotope sur la densité et la biomasse des picots kanaks (Tableau XI).

Tableau XI : A) Test du modèle « densité des picots kanaks = μ + zone + biotope + ε » ; B) Test du modèle « biomasse despicots kanaks = μ + zone + biotope + ε » (dl = degrés de liberté ; F = rapport des variances ; p = probabilité associée à l'ANOVA ; R² pourcentage de variabilité expliqué par le modèle)

A)

Source de variation	dl	F	p
biotope	2	0.19	0.827
zone	3	0.760	0.520
biotope*zone	6	0.556	0.763

R² = 9.8 %

B)

Source de variation	dl	F	p
biotope	0.13418	0.715	0.492
zone	0.48432	2.581	0.056
biotope*zone	0.32295	1.721	0.128

R² = 16.7 %

II 2^{ème} étape : test de faisabilité

II.1 Choix du biotope

L'examen du nombre moyen par station d'individus des espèces indicatrices pour biotope (Tableau XII) permet de sélectionner le type de biotope sur lequel se fera l'échantillonnage et ainsi diminuer la variabilité spatiale et augmenter le nombre de réplicats.

Tableau XII : Nombre moyen de picots kanaks et de dawas par station pour chaque biotope

	Biotope 1	Biotope 2	Biotope 3
Picots kanaks	6	3	4
Dawas	5	9	3
Total	11	12	7

Le biotope 1 et 2 contiennent plus de picots kanaks et de dawas (respectivement 11 et 12 par station) que le biotope 3 (7 par station). On choisit le biotope 1 car on y observe autant de picots kanaks que de dawas. Les nouvelles stations d'échantillonnage devront donc présenter les caractéristiques de ce biotope (cf figure 6). L'emplacement de ces stations dans la zone d'étude sont représentées sur la figure 9.

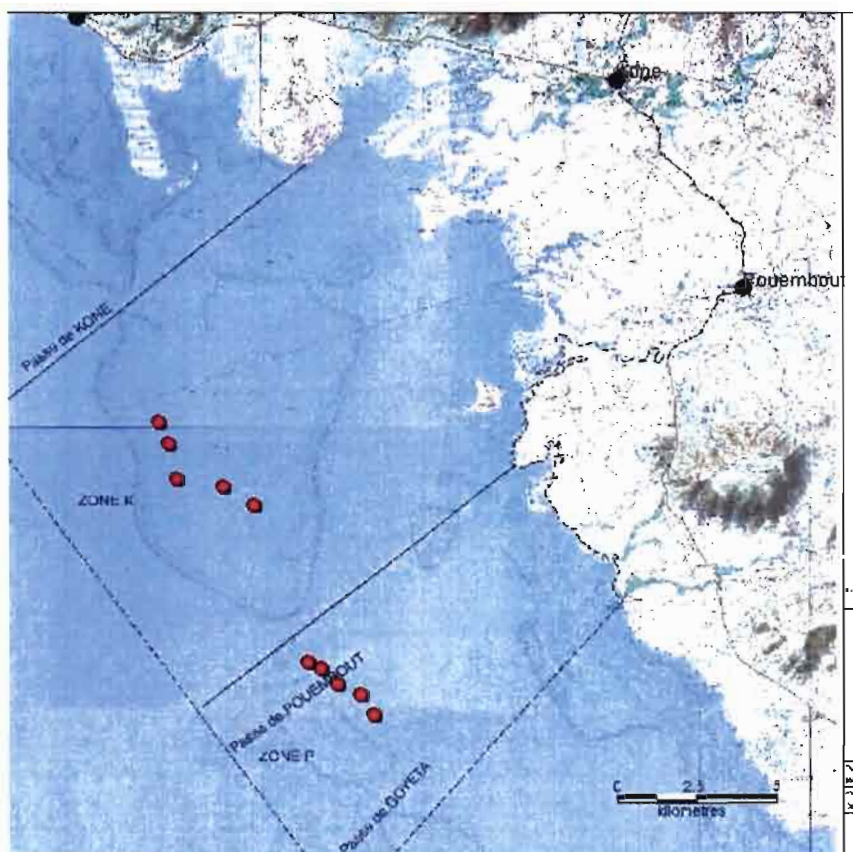


Figure 9: Position des 10 stations échantillonnées pour les espèces indicatrices en avril et mai 2003 (zone K = Koné ; zone P = Pouembout)

II.2. Détection de différences significatives entre les zones

II.2.a. Nombre de poissons observés

- Dawas

On remarque une forte variabilité d'une période à l'autre (Figure 10) avec globalement plus de poissons observés lors de la première campagne (≈ 300) que lors de la deuxième (≈ 260). En revanche, les variations sont faibles d'une zone à l'autre pour un même période. La variabilité s'observe essentiellement entre les stations d'une même zone (période 1, zone P : stations 1 et 2 >> stations 3 et 4 ; période 2, zone P : station 2 >> stations 3 et 5). Généralement, plus de poissons sont observés à l'aller qu'au retour avec parfois de très forts contrastes (période 1, zone K : transect 1 de la station 3, transect 2 de la station 4 ; période 2, zone K : transects 3 et 4 de la station 1, zone P : transect 3 de la station 2 et 4).

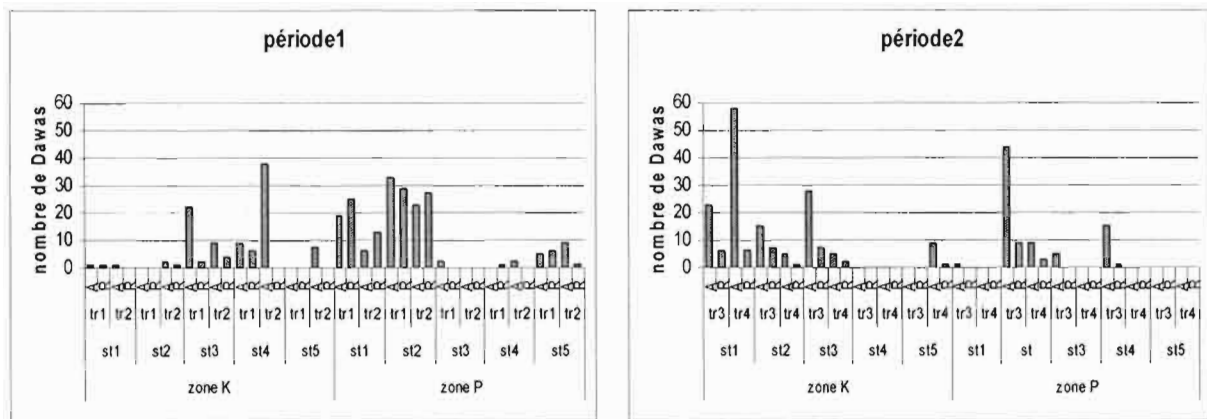


Figure 10: Nombre de dawas observés entre les deux périodes d'échantillonnage, les deux zones, les stations d'une même zone, les transects d'une même station et entre l'aller et le retour sur un même transect (st = station ; tr = transect ; A = aller ; R = retour)

Les tendances des moyennes (Figure 11) montrent que le nombre de dawas observés serait supérieur à Pouembout par rapport à Koné au cours de la première campagne. L'inverse est observé pour la deuxième campagne.

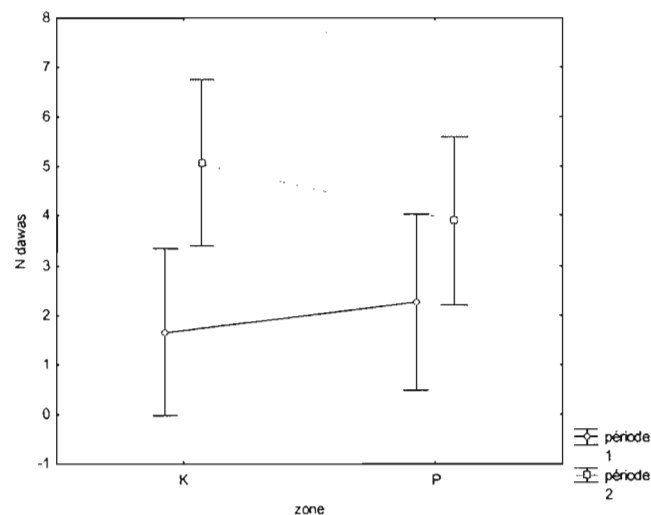


Figure 11: Nombre moyen de dawas observés en fonction de la zone et pour chaque période d'échantillonnage (les barres verticales représentent les intervalles de confiance à 95 %)

Le nombre de poissons observés diffère significativement entre les deux périodes d'échantillonnage. Par contre, la zone n'a aucun effet significatif pour une même campagne ni entre les deux campagnes (Tableau XIII).

Tableau XIII: Test du modèle « nombre de dawas = μ + zone + période + zone*période + ε » (dl = degrés de liberté ; F = rapport des variances ; p = probabilité associée à l'ANOVA)

Source de variation	dl	F	p
Zone	1	0.12	0.725
Période	1	12.37	0.001
Zone × période	1	0.40	0.530

- Picots kanaks

On remarque une forte variabilité d'une période à l'autre avec globalement plus de poissons observés lors de la deuxième campagne (≈ 360) que lors de la première (≈ 150). De plus, les variations sont importantes d'une période à l'autre pour une même zone (zone K : période 1 ≈ 70 poissons et période 2 ≈ 200 poissons) et d'une zone à l'autre pour une même période. On observe également d'importantes différences entre les stations d'une même zone (zone P : stations 2 et 3 \ll stations 4 et 5). En revanche, on remarque peu de variabilité entre les transects d'une même station. Généralement, plus de poissons sont observés à l'aller qu'au retour avec parfois de très forts contrastes (période 1, zone K : transect 2 de la station 4 ; zone P : transect 2 de la station 4).

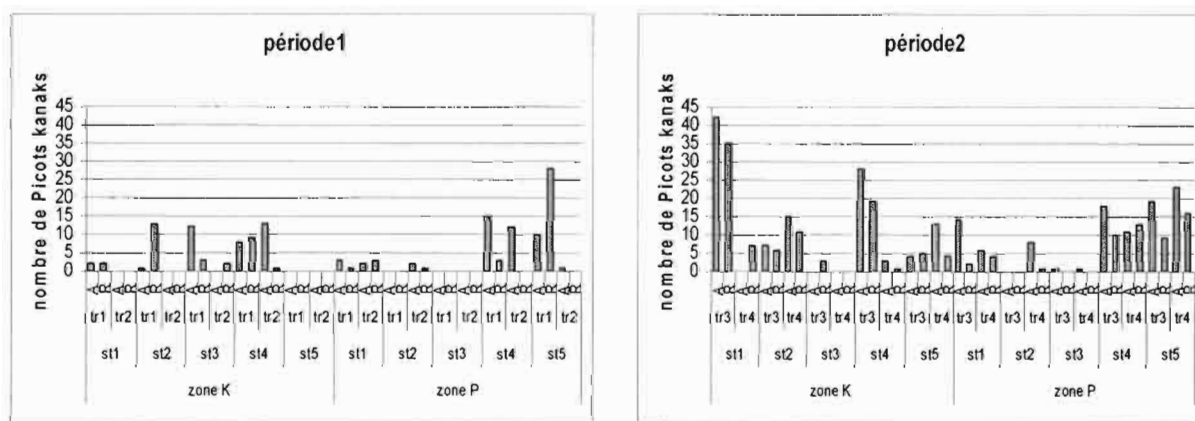


Figure 12: Nombre de picots kanaks observés entre les deux périodes d'échantillonnage, les deux zones, les stations d'une même zone, les transects d'une même station et entre l'aller et le retour sur un même transect (st = station ; tr = transect ; A = aller ; R = retour)

Comme pour les dawas, les tendances des moyennes (Figure 13) montrent que le nombre de picots kanaks serait supérieur Pouembout par rapport à Koné au cours de la première campagne. L'inverse est observé pour la deuxième campagne.

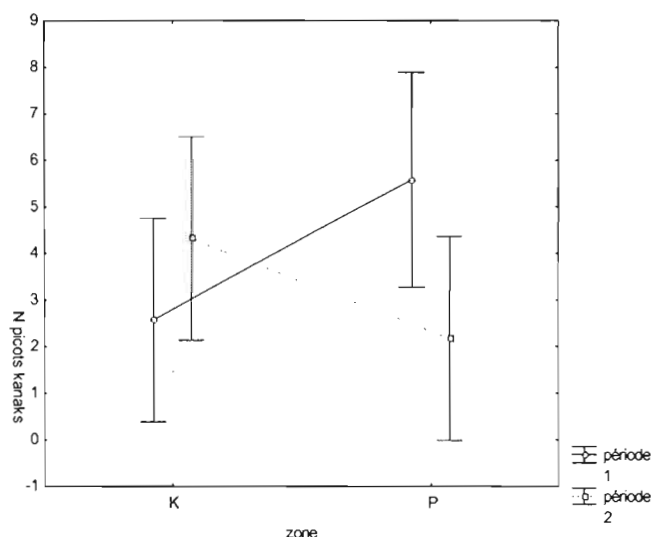


Figure 13: Nombre moyen de picots kanaks observés en fonction de la zone et pour chaque période d'échantillonnage (les barres verticales représentent les intervalles de confiance à 95 %)

Le nombre de picots kanaks observés montre une interaction significative entre les deux périodes d'échantillonnage et les deux zones (Tableau XIV). Le test de Newman-Keuls indique que le nombre de poissons observé à Pouembout diffère significativement entre les deux périodes, mais les deux zones ne montrent pas de différences.

Tableau XIV: Test du modèle « nombre de picots kanaks = μ + zone + période + zone*période + ε » (dl = degrés de liberté ; F = rapport des variances ; p = probabilité associée à l'ANOVA)

Source de variation	dl	F	p
Zone	1	0.20	0.654
Période	1	1.94	0.166
Zone × période	1	11.85	0.001

II.2.b Distribution des fréquences de tailles des espèces indicatrices

- Dawas

Pour les deux campagnes, la taille modale (taille comprenant la plus forte fréquence d'individus) est de 20 cm à Koné et de 25 cm à Pouembout (Figure 14). On remarque peu de différences du nombre de poissons entre les deux zones bien qu'en période 2, on observe deux gros pics : 40 % des poissons de Koné mesurent 20 cm et 55% des poissons de Pouembout, 25cm. Le test de Kolmogorov-Smirnov ne montre une différence significative entre les distributions de fréquences de tailles d'une zone à l'autre que pour la deuxième campagne ($p < 0.05$).

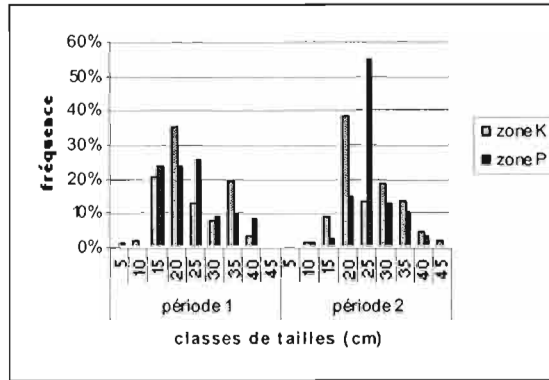


Figure 14: Distributions des fréquences de tailles (cm) des dawas en fonction de la zone pour chaque période d'échantillonnage

- Picots kanaks

Pour les deux campagnes, la taille modale est de 15 cm à Koné et à Pouembout (Figure 15). On remarque peu de différences du nombre de poissons entre les deux zones et les deux périodes bien qu'en période 2 les poissons entre 25 et 35 cm soient plus présents. Le test de Kolmogorov-Smirnov ne montre une différence significative entre les distributions de fréquences de tailles d'une zone à l'autre que pour la deuxième campagne également ($p < 0.05$).

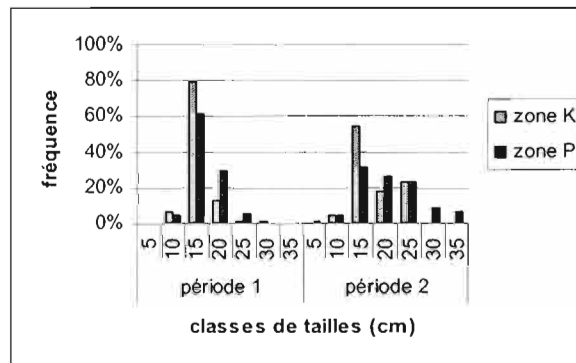


Figure 15 : Distributions des fréquences de tailles (cm) des picots kanaks en fonction de la zone pour chaque période d'échantillonnage

II.2.c Distribution des fréquences de distances au transect

- Dawas

La distance modale (distance comprenant la plus forte fréquence d'individus) est de 2 m à Koné et à Pouembout pour la première campagne et de 7 m au cours de la deuxième (Figure 16). On remarque que les poissons sont plus souvent observés entre 0 et 4 m à Pouembout et entre 5 et 9 m à Koné, bien que la variabilité du nombre de poissons observés

entre les deux zones soit plus importante en période 2. Le test de Kolmogorov-Smirnov ne montre une différence significative entre les distributions de fréquences de distances au transect d'une zone à l'autre que pour la deuxième campagne ($p < 0.05$).

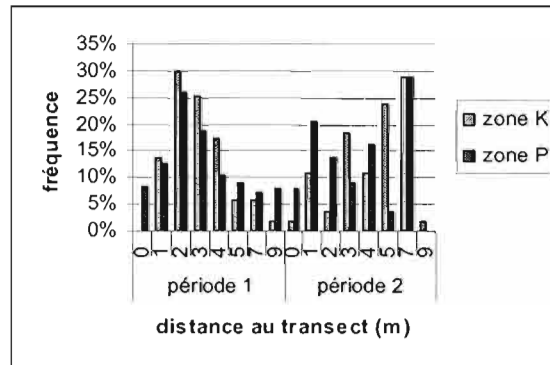


Figure 16: Distributions des fréquences de distances au transect (m) des dawas en fonction de la zone pour chaque période d'échantillonnage

- Picots kanaks

La distance modale est de 3 m à Koné et de 1 m à Pouembout pour la première campagne et de 5 m à Koné et de 2 m à Pouembout au cours de la deuxième (Figure 17). On remarque que les poissons sont plus souvent observés entre 0 et 3 m à Pouembout et entre 4 et 9 m à Koné. Le test de Kolmogorov-Smirnov ne montre une différence significative entre les distributions de fréquences de distances au transect d'une zone à l'autre que pour la deuxième campagne également ($p < 0.05$).

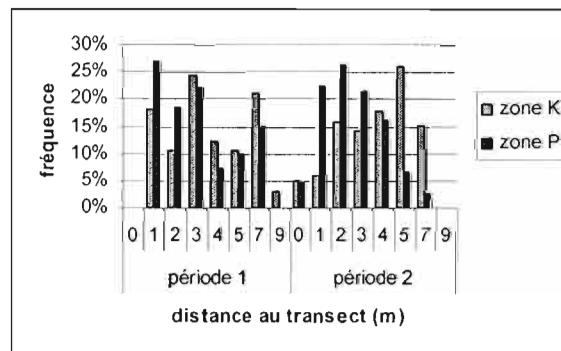


Figure 17: Représentation graphique des distributions des fréquences de distances au transect (m) des picots kanaks en fonction de la zone pour chaque période d'échantillonnage

II.2.d Densité et biomasse des espèces indicatrices

- Dawas

Globalement, la densité (0.031 indiv./m^2) et la biomasse (13.5 g/m^2) des dawas à Koné sont inférieures à celles de Pouembout (0.050 indiv./m^2 et 23.4 g/m^2). Ces variables sont supérieures lors de la première campagne d'échantillonnage (0.047 indiv./m^2 et 20.1 g/m^2) par rapport à la deuxième (0.033 indiv./m^2 et 16.7 g/m^2).

La densité et la biomasse des dawas à Pouembout suivent la même tendance : elles diminuent d'une période à l'autre (Figure 18). En revanche, la densité augmente et la biomasse diminue légèrement à Koné. La densité de Pouembout lors de la première campagne (P1) semble différer des autres (P2, K1 et K2) avec un pic de 0.069 indiv./m^2 .

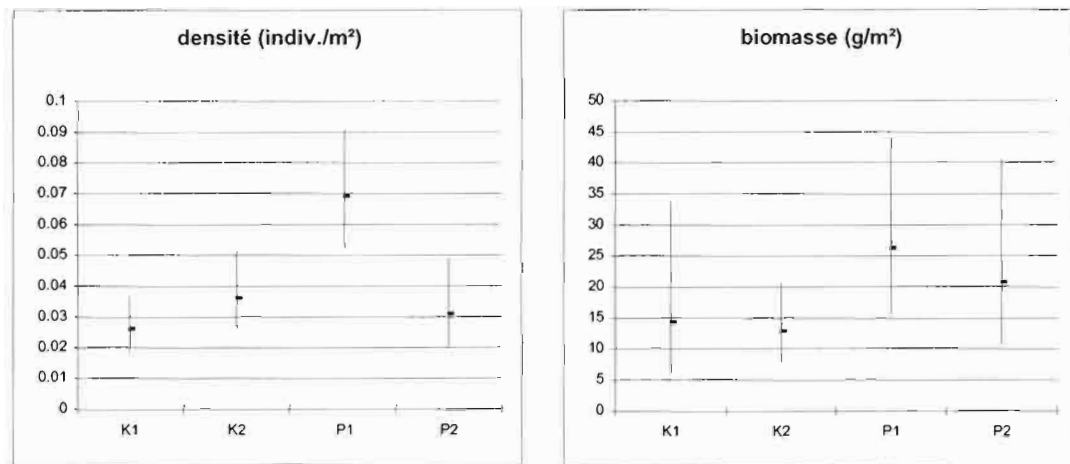


Figure 18: Densités et biomasses des dawas pour chaque zone en fonction de la période d'échantillonnage (les barres représentent les intervalles de confiance au seuil de 5 % autour des valeurs de densité et de biomasse)

- Picots kanaks

Globalement, la densité (0.033 indiv./m^2) et la biomasse (3.7 g/m^2) des picots kanaks à Koné sont également inférieures à celles de Pouembout (0.055 indiv./m^2 et 10.4 g/m^2). Cependant ces variables sont inférieures (0.025 indiv./m^2 et 4 g/m^2) lors de la première campagne d'échantillonnage par rapport à la deuxième (0.063 indiv./m^2 et 10 g/m^2).

La densité et la biomasse des picots kanaks de chaque zone suivent la même tendance : elles augmentent d'une période à l'autre (Figure 19). La biomasse de Koné lors de la première campagne (K1) semble différer des autres (K2, P1 et P2) avec à peine 0.8 g/m^2 . On note également la faible densité de Koné à la période 1 : 0.016 indiv./m^2 .

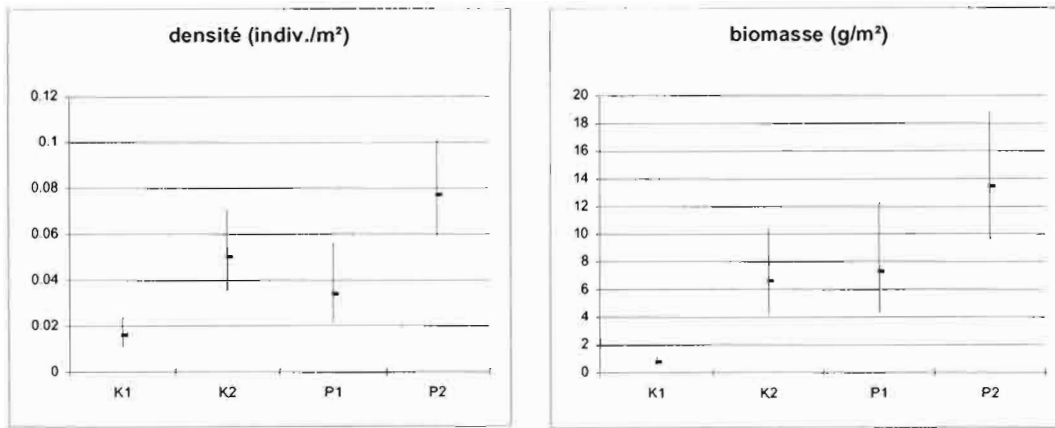


Figure 19: Densités et des biomasses des picots kanaks pour chaque zone en fonction de la période d'échantillonnage (les barres représentent les intervalles de confiance au seuil de 5 % autour des valeurs de densité et de biomasse)

II.3 Problème de technicité : effet du plongeur

II.3.a Estimation du nombre de poissons

- Dawas

On remarque une différence entre les nombres de poissons observés entre les deux plongeurs (Figure 20). Le plongeur CC a observé plus de poissons (≈ 170) durant la première campagne que lors de la deuxième (≈ 120). Les variations sont minimales pour le plongeur NC (≈ 140 poissons observés à chaque période). Le nombre de poissons comptés diffère significativement suivant la période (dl = 1, $F = 14.66$, $p = 0.000$).

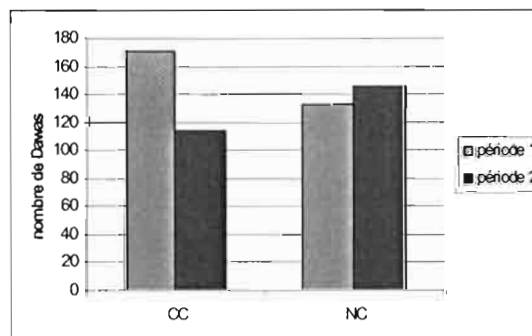


Figure 20 : Nombre de dawas observés entre les deux périodes d'échantillonnage pour un même plongeur (CC et NC)

- Picots kanaks

On remarque une très faible variabilité du nombre de poissons observés entre les deux plongeurs (Figure 21). Les plongeurs ont observé beaucoup moins de poissons (entre 60 et 90) durant la première campagne que lors de la deuxième (≈ 180).

Les résultats de l'ANOVA ne montrent aucun effet significatif du plongeur ou de la période sur le nombre de poissons observés.

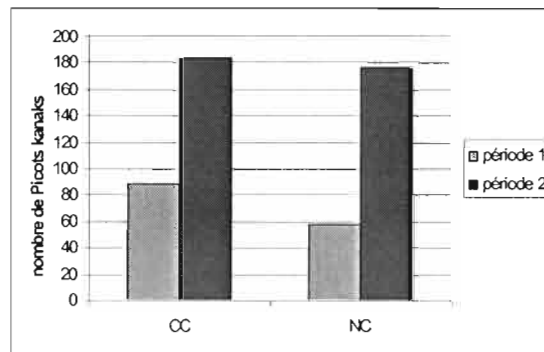


Figure 21: Nombre de picots kanaks observés entre les deux périodes d'échantillonnage pour un même plongeur (CC et NC)

II.3.b. Estimation de la taille des poissons

- Dawas

On remarque une plus grande variabilité du nombre de poissons estimés pour chaque classe de taille par le plongeur CC par rapport au plongeur NC entre les deux périodes (Figure 22). Le plongeur CC a tendance à compter davantage de poissons de la classe des 20 cm lors de la première campagne alors que la distribution est plus équilibrée lors de la deuxième campagne. Les résultats de l'ANOVA ($dl = 1, F = 6.107, p = 0.014$) et du test de Newman-Keuls montrent une différence significative dans l'estimation des tailles entre les deux périodes pour le plongeur CC.

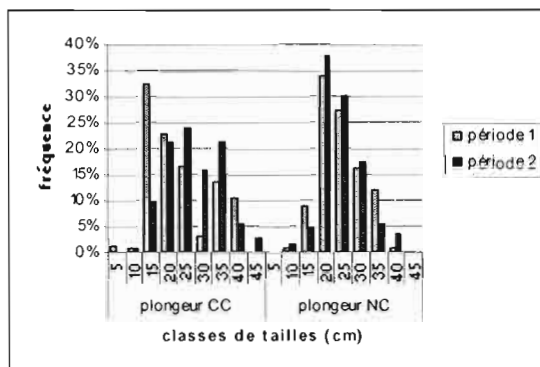


Figure 22: Distributions des fréquences de tailles (cm) des dawas en fonction de la période d'échantillonnage pour chaque plongeur (CC et NC)

- Picots kanaks

On remarque encore une plus grande variabilité du nombre de poissons estimés pour chaque classe de taille par le plongeur CC par rapport au plongeur NC entre les deux périodes (Figure 23). Le plongeur CC a tendance à compter davantage de poissons de la classe des 15 cm lors de la première campagne alors que la distribution est plus équilibrée lors de la deuxième campagne. Les résultats de l'ANOVA ($df = 1, F = 31.78, p = 0.000$) et de Newman-Keuls montrent une différence significative dans l'estimation des tailles entre les deux plongeurs pour la deuxième campagne et entre les deux campagnes pour le plongeur CC.

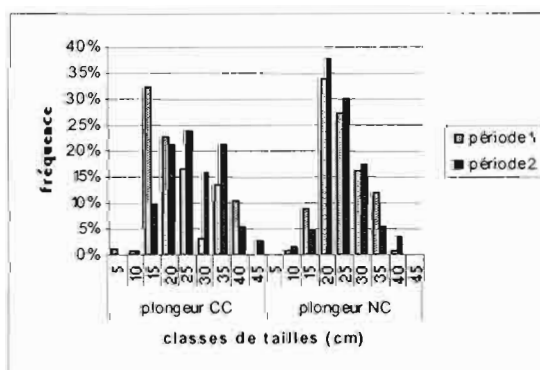


Figure 23 : Distributions des fréquences de tailles (cm) des picots kanaks en fonction de la période d'échantillonnage pour chaque plongeur

II.3.c. Estimation de la distance au transect

- Dawas

On remarque une grande variabilité du nombre de poissons estimés par les deux plongeurs pour chaque distance entre les deux périodes bien que globalement, plus de

poissons ont été observés entre 4 et 7 m lors de la deuxième campagne. D'une période à l'autre, plongeur CC a tendance à « préférer » la classe des 2 m puis celle des 3 m et le plongeur NC a tendance à « préférer » la classe des 3 m puis celle des 7 m. L'estimation des distances au transect diffère significativement entre les deux plongeurs ($d1 = 1$, $F = 5.872$, $p = 0.016$).

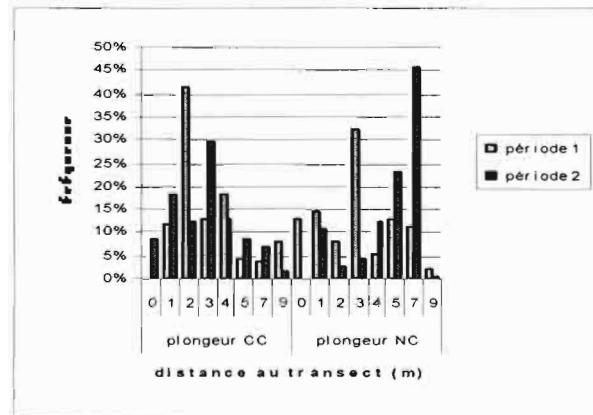


Figure 24: Distributions des fréquences de distances au transect (m) des dawas en fonction de la période d'échantillonnage pour chaque plongeur

- Picots kanaks

On remarque une plus grande variabilité du nombre de poissons estimés pour chaque distance par le plongeur NC par rapport au plongeur CC entre les deux périodes. Le plongeur NC a tendance à « préférer » la classe des 7 m au cours de la première campagne alors qu'au cours de la deuxième, il a tendance à « préférer » la classe des 2 m. L'estimation des distances au transect diffère également significativement entre les deux plongeurs ($d1 = 1$, $F = 12.82$, $p = 0.000$).

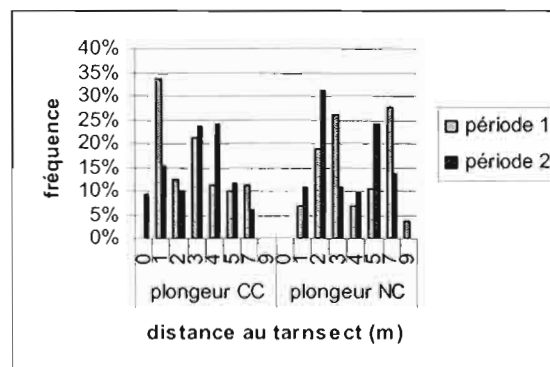


Figure 25: Représentation graphique des distributions des fréquences de distances au transect (m) des picots kanaks en fonction de la période d'échantillonnage pour chaque plongeur

DISCUSSION

L'objectif de ce travail était de proposer des indicateurs biologiques de suivi de l'état des ressources récifales à travers une démarche méthodologique en s'appuyant sur le cas de la zone d'impact du Projet Koniambo, dans la Province Nord de la Nouvelle-Calédonie.

La première étape de réponse à cette problématique est passée par l'analyse de données existantes provenant d'inventaires de poissons et de relevés du substrat de la zone étudiée. La deuxième étape a consisté à tester la faisabilité des indicateurs retenus par la récolte de nouvelles données sur le terrain en deux zones contrastées du point de vue de la pêche : Koné et Pouembout.

I. Validité de la méthode d'échantillonnage

Les comptages visuels en plongée (CVP) sont bien adaptés à l'étude des peuplements, notamment dans l'évaluation des ressources en poissons commerciaux et/ou d'intérêt pour la consommation. De plus, les CVP ont l'avantage d'être exhaustifs (ils prennent en compte tous les poissons du peuplement ciblé, ici les poissons commerciaux), précis et non destructeurs (Labrosse *et al.*, 2001), ce qui est important lorsque l'étude porte sur le suivi des peuplements ichtyologiques dans le temps et dans l'espace (Bohnsack & Bannerot, 1986 ; *in* Sarramegna, 2000). La technique du distance sampling (DS), de détection des poissons à distance variable, prend bien en compte les espèces peu mobiles et limite aussi les erreurs dues aux déplacements rapides ou aux fuites qui sont rencontrées avec les transects à largeur fixe. De ce fait, elle est mieux adaptée à l'évaluation des ressources (Kulbicki, 1998 ; Labrosse *et al.*, 2001).

Cependant, le DS est une méthode d'estimation. Il persiste en effet toujours un ensemble d'imprécisions et de biais aux hypothèses de base (Buckland *et al.*, 1993). Ils sont dus :

- au plongeur (erreurs d'observation)

Au cours des récoltes de données terrain, on a remarqué une différence significative de l'estimation des tailles et des distances au transect entre les deux périodes d'échantillonnage pour le plongeur CC, ainsi qu'un effet significatif des deux plongeurs sur l'estimation de ces paramètres. Les CVP nécessitent un entraînement à la fois pour identifier les espèces (forme, couleur de la livrée, comportement, biotopes préférentiels) et être capable d'estimer

précisément et rapidement leur abondance, leur taille et leur distance au transect (Samoilys, 1997). La comparaison avec les comptages effectués par des systèmes stéréo-vidéo (considérés comme des objets statique sous l'eau) n'ont montré que 10 % d'erreur dans les comptages de plongeurs expérimentés (Harvey *et al.*, 2001). L'estimation des tailles par classes de 5 cm et des distances par classes de 1 cm entre 0 et 4 m et de 2 cm entre 5 et 9 m a permis de limiter ces biais.

- à l'interaction observateur-poissons

Les poissons ne sont pas neutres et modifient leur comportement en présence du plongeur (fuite ou attirance). Le logiciel Distance 4.0 prend en compte l'éloignement du poisson au plongeur mais pas l'inverse.

- aux poissons

La répartition des espèces dans l'espace et dans le temps dépend de nombreux paramètres liés à l'habitat, au comportement et au rythme d'activité (Labrosse *et al.*, 2001)

- à la technique d'échantillonnage

La précision des estimations sur la population va dépendre de la taille de l'échantillon (nombre de transects) et de la variabilité (différences entre les mesures de chacun des transects). Le fait d'avoir mis en place des répliqués a permis de dégager les sources de variabilité à prendre en compte en terme de recommandation pour les indicateurs afin de réduire la variance et augmenter la puissance statistique. La mauvaise position GPS éventuelle des stations d'une campagne à l'autre rend difficile le fait de retrouver les mêmes transects. Il faut donc mettre en place plus de stations et plus de transects par station ou des transects permanents marqués physiquement. Grouper les répliqués permet de s'affranchir de ces variabilités spatiales (Buckland *et al.*, 1993). D'autre part, l'effet de fuite des poissons entre l'aller et le retour sur un même transect peut être annulé en effectuant plusieurs passages espacés dans le temps, afin d'obtenir une taille minimale de l'unité d'échantillonnage et donner une bonne estimation lors des analyses de comparaison des densités et des biomasses entre zones et entre périodes (Galzin, 1987).

- aux conditions environnementales

Les conditions environnementales (type d'habitat, conditions physiques) peuvent influencer le nombre d'objets détectés (Vernier, 1985 ; *in* Buckland, 1993). Le vent, de fortes précipitations, une faible visibilité rendent les comptages difficiles, donnant des estimations inattendues.

Ces biais sont pratiquement inévitables. Il faut s'attacher à les réduire autant que possible, et surtout faire en sorte qu'ils ne varient pas et permettent au moins de faire des comparaisons significatives spatio-temporelles (Labrosse *et al.*, 2001). Cette technique ne permet donc pas d'avoir une connaissance de la densité et de la biomasse absolues du site. Ces variables sont simplement utilisées à titre d'indices.

II. Critique de la démarche

II.1. Classification des stations et choix du biotope

Aucune espèce n'est parfaitement ubiquiste. On trouve différentes espèces sur les différents biotopes du récif. On a alors effectué une classification automatique des stations. Il a fallu définir au préalable le nombre de classes k que l'on voulait obtenir. Si ce nombre ne correspond pas à la configuration véritable du nuage de variables environnementales, on risque d'obtenir des partitions douteuses (Bouroche et Saporta, 2002). On a donc essayé diverses valeurs de k avant de choisir trois classes, ce qui augmente le temps de calcul. Parmi ces trois biotopes, on a choisi celui sur lequel on prévoyait de faire nos comptages en fonction de l'abondance et de la fréquence des espèces indicatrices proposées.

Il aurait peut-être été préférable d'améliorer la prise d'information au niveau de l'environnement en privilégiant la description du paysage : côte (baie, estuaire,...), lagon (récif frangeant, pinacles...), barrière récifale (pente interne ou externe, crête récifale, passe,...), relief et nature du fond, plutôt que de se restreindre aux catégories fines de substrat et d'organismes recouvrants.

II.2. Choix des espèces indicatrices

Sur la base des critères d'abondance, de fréquence et des contraintes logistiques (peu de temps pour échantillonner dans le cadre du stage, niveau d'expertise et budget limités), on a choisi de proposer un indicateur monospécifique, le dawa (*Naso unicornis*) et un indicateur multispécifique, les picots kanaks (*Acanthurus blochii*, *A. nigricauda* et *A. xanthopterus*). Tout échantillonnage complexe *in situ* était évidemment exclu.

Le dawa et les picots kanaks sont de grosse espèces, capturées au fusil sous marin ou au filet sur les récifs lors des marées hautes de mortes eaux. Leur chair est très appréciée (Laboute & Grandperrin, 1990). Ces espèces, grégaires, sont également faciles à voir et à déterminer. Elles sont caractérisées par leur abondance et leur longue durée de vie. Leur croissance est initialement rapide durant les deux à quatre premières années de leur vie et se stabilise. Ce

sont donc a priori des cibles appropriées pour la gestion des pêcheries (Choat & Axe, *in press*).

II.3. Test des espèces proposées

Dans cette étude, on ne teste pas l'effort de pêche mais la puissance des espèces choisies pour différencier deux zones où l'effort de pêche est supposé être distinct.

L'absence d'effet significatif de la zone ou du biotope à la suite du test *a priori* des indicateurs peut s'expliquer par une variabilité spatiale au niveau local importante (ce qui est souligné par le très faible pourcentage de variabilité expliqué par le modèle : entre 6 et 17 %) et un nombre insuffisant de transects. De plus, les deux indicateurs montrent un effet contraire entre les deux zones : les tendances de la densité et de la biomasse des dawas vont dans le sens de l'hypothèse de départ, à savoir des valeurs plus élevées à Pouembout qu'à Koné (zone très pêchée ouverte à tous) et à Oundjo-nord qu'à Oundjo-sud (zone la plus pêchée du territoire tribal). Par contre, ce n'est pas le cas pour les picots kanaks : les tendances de la densité et de la biomasse moyennes vont dans le sens inverse des hypothèses de départ.

En revanche, à la suite des campagnes de terrain, même si l'on n'a toujours pas détecté de différence significative entre les densités ou les biomasses de Koné et Pouembout, la variabilité observée est plus faible (surtout pour la densité) et va dans le sens des hypothèses de départ pour les deux types d'indicateurs : la densité et la biomasse des dawas et des picots kanaks sont supérieures à Pouembout qu'à Koné. Par ailleurs, la distribution des fréquences de tailles est significativement plus faible à Koné (25.7 cm pour les dawas et 17.8 cm pour les picots) qu'à Pouembout (25.9 cm pour les dawas et 20.7 cm pour les picots) pour la deuxième période d'échantillonnage, ce qui pourrait montrer un effet de la pression de pêche à Koné, la taille des poissons diminuant avec le niveau de pêche (Rochet & Trenkel, 2003). De plus, la distribution des fréquences de distances au transect est significativement plus grande à Koné (3.6 m pour les dawas et 3 m pour les picots) qu'à Pouembout (2.5 m pour les dawas et les picots) pour la deuxième période d'échantillonnage également. Ceci pourrait montrer un effort de pêche supérieur à Koné, la distance au transect augmentant avec l'intensité de la perturbation (Kulbicki, 1998).

Toutefois, les tendances intéressantes qui se dégagent sont à prendre avec beaucoup de recul étant donné la validité de l'évaluation de l'effort de pêche utilisée pour séparer les zones. De plus, la vérification de la différence de l'effort de pêche est difficile à cause du caractère éclaté, multi engin et multi spécifique des la pêche dans cette région.

III. Validité des indicateurs potentiels

III.1. Quel indicateur proposer ?

Le dawa apparaîtrait comme le plus puissant à déterminer les différences attendues entre les quatre zones (Oundjo-nord, Oundjo-sud, Koné et Pouembout) à la suite du test *a priori* des indicateurs. Cependant, il ne s'agit que d'une tendance et la variabilité des densités et des biomasses à l'intérieur de ces zones est particulièrement élevée. On retrouve cette même relation à la suite du test *a posteriori* avec les dawas, contrairement aux picots kanaks.

En revanche, on a remarqué un étrange effet croisé au niveau des deux indicateurs entre les deux campagnes. On a compté plus de dawas au cours de la première période qu'au cours de la deuxième et inversement pour les picots kanaks. A ce jour, nous ne possédons pas de données sur les variations temporelles inter-journalières des communautés ichthyologiques récifales de la zone d'étude spécifique du projet Koniambo. On peut émettre l'hypothèse de déplacements de dawas de Pouembout vers Koné et de nouveaux arrivages de picots kanaks à Koné. Les migrations à petite échelle pour la recherche de nourriture influencent les évaluations des stocks qui sont souvent menées sur des petites portions du récif (Jennings & Lock, 1996). Les pluies torrentielles ayant entrecoupé la deuxième campagne et la mauvaise visibilité qui en découlait dans la plupart des stations ont pu également biaiser nos comptages. Par ailleurs, un bon indicateur doit avoir une large répartition géographique.. Par ailleurs, les picots kanaks sont affiliés phylogénétiquement. Ceci entraîne des similitudes dans les caractéristiques biologiques de ces espèces, en particulier la nutrition, la croissance et le comportement (Kulbicki, 2001) ; cependant, prendre en compte trois espèces simultanément permet de s'affranchir de la variabilité liée aux périodes de recrutement de chaque espèce.

Par conséquent, il est difficile de conclure de manière tranchée quant à l'indicateur le plus pertinent entre le dawa et les picots kanaks.

III.2. Quelles variables proposer ?

La distance au transect et les structures de tailles semblent être les variables les plus fiables pour mettre en évidence un effet de la pression de pêche. Ce sont les seules qui ont mis en évidence des différences significatives entre Koné et Pouembout. De plus, la taille moyenne estimée sur l'ensemble des deux campagnes est inférieure pour les deux indicateurs à celle estimée en 1996 à Koné et aux îles Bélep (Tableau XV), situées dans le lagon Nord de la Province Nord, considérées comme quasiment vierges de toute exploitation (Labrosse *et al.*, 1998), montrant une différence spatiale (entre Koné et les Bélep) et éventuellement temporelle (à Koné entre 1996 et 2003) de l'intensité de la pêche.

Tableau XV : Densités ($\cdot 10^4$ indiv./m²), biomasses (g/m²) et tailles moyennes (cm) des dawas et des picots kanaks à Koné (zone ouest de la province Nord) et aux îles Bélep (zone Nord de la Province Nord) en 1996 (d'après Labrosse et al., 1996 et 1997) et données issues des campagnes d'avril et mai 2003 à Koné

	Koné (1996)			Iles Bélep (1996)			Koné (2003)		
	densité	biomasse	taille moy	densité	biomasse	taille moy	densité	biomasse	taille moy
dawa	67	12.22	42.2	64	5.9	33	310	13.5	24.9
picots kanaks	135	77.5	24.4	179	8	24.5	330	3.7	17.3

La densité des dawas et des picots kanaks en 2003 est environ deux à cinq fois supérieure à celle de Koné et des îles Bélep en 1996. La biomasse des dawas à Koné en 2003 est également supérieure à celle de Koné et des Bélep en 1996. La région étant considérée comme proche du seuil d'exploitation en 1997 (Labrosse *et al.*, 1998), ces variations interannuelles de densité et de biomasse peuvent éventuellement s'expliquer par des variations reliées au recrutement. Il est à noter qu'en 1996, la densité était approximée à partir de la distance moyenne pondérée, qui surestime les valeurs par rapport aux calculs du programme Distance 4.0 (Bozec, rapport de mission envoyé en 2003, com pers), utilisé pour le traitement des données d'avril et mai 2003.

Dans l'immédiat, les indicateurs définis dans ce rapport ne permettent pas à un gestionnaire de prendre de décision pour préserver l'état des ressources récifo-lagonaires de la zone d'impact du projet Koniambo. La démarche adoptée constitue donc une approche préliminaire simple de détermination d'indicateurs des pêcheries en milieu corallien dans une perspective de gestion des ressources.

Plusieurs leçons sont à tirer de ce travail. Tout d'abord, il est indispensable d'effectuer un suivi plus assidu (campagnes successives toutes les deux semaines par exemple) et plus long (pendant plusieurs mois) afin de déterminer le nombre de réplicats (nombre de stations, de transects et d'aller-retour sur le même transect) nécessaires pour donner au gestionnaire une chance de détecter les effets évoqués en hypothèse. De plus, ces indicateurs doivent être testés sur des jeux de données de zones suffisamment éloignées géographiquement (pour éviter le biais engendré par les déplacements des individus) et dont l'état des ressources marines est surtout mieux connu. Les îles Bélep, par exemple, non perturbées par la pêche, pourraient très bien convenir comme zone de référence.

Le gestionnaire a des besoins particuliers en matière de gestion de la ressource, plus ou moins éloignés des préoccupations du chercheur. Il n'a pas la connaissance de la complexité du système représenté et n'aura besoin que d'une « alarme » qui lui dira à partir

de quand une décision doit être prise, et dans quel sens. Il souhaite des indicateurs d'aide à la décision simples, peu coûteux et faciles à mettre en œuvre. On s'aperçoit qu'aujourd'hui, il est difficile de répondre à cette attente. On peut juste proposer un suivi allégé par le choix de quelques paramètres caractéristiques après avoir exploré la problématique à l'échelle scientifique (Virly *et al.*, 2001). En étudiant le système sous un angle écosystémique, il serait alors possible de définir des indices spécifiques pour chaque domaine d'étude (socio-économie : consommation des ménages, halieutique : captures et PUE, écologie : groupes trophiques, ratio carnivores/herbivores, comportement de fuite des poissons...). La comparaison des évolutions relatives de ces indices donnerait des renseignements de manière plus complète sur l'état des ressources dans la zone étudiée. Mais cette évaluation de l'état de la pêcherie qui se veut rapide, significative et multidisciplinaire dans un objectif de développement durable, nécessite un degré d'expertise suffisant, un budget conséquent et engendre certaines complications au niveau des protocoles expérimentaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOZEC Y.-M., FERRARIS J., KULBICKI M., 2002. Structure trophique des peuplements de poissons récifo-lagonaires: recherche d'un indicateur de perturbations anthropiques *in* Compte-rendu de l'atelier PNEC « Indicateurs et ressources vivantes en milieu corallien » (Ferraris J. et Bouvet G.), IRD, Nouméa. Résumé, p.10

BOUROCHE J.-M., SAPORTA G., 2002. Que sais-je ? L'analyse des données. Puf, Paris. 127 p.

BUCKLAND S.T., ANDERSON D.R., BURNHAM K.P., LAAKE J.L., 1993. Distance sampling-Estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall, London. 446 p.

CHOAT J.H., AXE L.M., *in press*. Growth and longevity in Acanthurid fishes; an analysis of otolith increments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*

ENGLISH S., WILKINSON C., BAKER V., 1997. Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Science, Twonville. 390 p.

Falconbridge NC SAS, 2001. Koniambo Project-Environmental Baseline Study-Summary. Roche. 93 p.

Falconbridge NC SAS, 2002. Marine Biology and Fisheries Literature Review. Roche. 92 p. + annexes

Falconbridge NC SAS, 2001. Projet Koniambo-Etude environnementale de base-Rapport final (volume B). Roche. NSR, Victoria, Australie. 148 p. + annexes

GALZIN R., 1987. Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs, I Spatial scale, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 41: 129-136

HARVEY E., FLETCHER D., MARK S., 2002. Estimation of reef fish length by divers and by stereo-video: a first comparison of the accuracy and precision in the field on living fish under operational conditions. *Fisheries Research*, 57: 255-265

JENNINGS S., LOCK J. M., 1996. Populations and ecosystem effects of reef fishing *in* Reef fisheries (eds Polunin N. V. C. and Roberts C. M.), Chapman and Hall-Fish and Fisheries Series 20, London. pp. 193-218

KULBICKI M., 1998. How the acquired behaviour of commercial reef fishes may influence the results obtained from visual census. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 222 : 11-30

KULBICKI M., 2001. Indicateurs en milieu récifal: réflexion à partir de l'exemple des poissons. Compte-rendu d l'atelier PNEC tenu à Nouméa (Nouvelle-Calédonie) du 2 au 13 août 2001, thème 5 (Formalisation d'indicateurs des milieux et des ressources récifo-lagonaires dans une perspective écosystémique).

KULBICKI M., SARRAMEGNA S., 1999. Comparison of density estimates derived from strip transect and distance sampling for underwater visual censuses: a case study of Chaetodontidae and Pomacanthidae. *Aquat. Living Resour.*, 12 (5) : 315-325

LABOUTE P., GRANDPERRIN R., 2000. Poissons de Nouvelle-Calédonie. C. Ledru, Nouméa. 520 p.

LABROSSE P., KULBICKI M., FERRARIS J., 2001. Comptage visuel de poissons en plongée : conditions d'utilisation et de mise en œuvre. Réat. CPS, Nouméa. 54 p.

LABROSSE P., LETOURNEUR Y., 1998. Définition et mise en œuvre de méthodes de suivi des stocks et de la pression de pêche des poissons d'intérêt commercial des lagons de la Province Nord de la Nouvelle-Calédonie. *Conventions Sciences de la Mer*. ORSTOM, Nouméa, 21. 25 p.+ annexes

LABROSSE P., LETOURNEUR Y., AUDRAN N., BOBLIN P., KULBICKI M., 1996. Evaluation des ressources en poissons démersaux commerciaux des lagons de la Province Nord de la Nouvelle-Calédonie : résultats des campagnes d'échantillonnage de la zone nord. *Conventions Sciences de la Mer*. ORSTOM, Nouméa, 16. 118 p.

LABROSSE P., LETOURNEUR Y., AUDRAN N., BOBLIN P., MALESTROIT P., PADDON J., KULBICKI M., 1997. Evaluation des ressources en poissons démersaux commerciaux des lagons de la Province Nord de la Nouvelle-Calédonie : résultats des campagnes d'échantillonnage de la zone ouest. *Conventions Sciences de la Mer*. ORSTOM, Nouméa, 17. 110 p.

LETOURNEUR Y., LABROSSE P., KULBICKI M., 2000. Distribution spatiale des stocks de poissons récifaux démersaux d'intérêt commercial et effort de pêche en Province Nord de Nouvelle-Calédonie (Pacifique occidental). *Oceanologica Acta*, 23 (5) : 595-606

LIESKE E., MYERS R.F., 1995. Guide des poissons des récifs coralliens (région Caraïbe, océan Indien, océan Pacifique, mer Rouge). Delachaux et Niestlé, Lausanne (Suisse).

POIGNONEC D., 2002. Proposition d'une démarche pour le développement d'indicateurs de suivi de l'état des ressources récifo-lagonaires et de leurs usages (application aux communautés ichtyologiques de la partie lagonaire de la zone d'impact d'un projet minier en Province Nord de la Nouvelle-Calédonie). Mémoire de fin d'études d'Ingénieur, spécialisation Halieutique, ENSA Rennes. 45 p. + annexes

ROCHET M.-J., TRENKEL V.M., 2003. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals. *Can. J. Aquat. Sci.*, 60 : 86-99

SAMOILYS M., 1997. Manual for assessing fish stocks on pacific coral reefs. Department of Primary Industries, Queensland. 78 p.

SARRAMEGNA S., 2000. Contributions à l'étude des réserves marines du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Thèse pour le titre de Docteur de l'Université de la Nouvelle-Calédonie, Spécialité : Biologie des populations, 255 p.

SCHERRER B., 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin éditeur, Québec. 850 p.

VIRLY S., FERRARIS J., KULBICKI M., SALAÜN S., 2001. Indicateurs et pêcheries en milieux coralliens. Compte-rendu d'atelier PNEC tenu à Nouméa (Nouvelle-Calédonie) du 2 au 13 août 2001, thème 5 (Formalisation d'indicateurs des milieux et des ressources récifo-lagonaires dans une perspective écosystémique).

ANNEXES

Annexe 1 : Zone, position, date, type de récif, profondeurs extrêmes et visibilité de chaque station de l'ensemble des campagnes de 1996, 1997 et 2002

Annexe 2 : Nombre d'individus des espèces pour chaque station des campagnes de 1996, 1997 et 2002

Annexe 3 : Densité (en indiv. / m²) des espèces pour chaque station des campagnes de 1996, 1997 et 2002

Annexe 4 : Biomasse (en g / m²) des espèces pour chaque station des campagnes de 1996, 1997 et 2002

Annexe 5 : Substrat et couverture par les organismes benthiques pour chaque station des campagnes de 1996, 1997 et 2002

Annexe 6 : Feuille d'enregistrement des comptages de poissons

Annexe 7: Feuille d'enregistrement des facteurs du milieu

Annexe 8 : Données brutes des comptages effectués au mois d'avril et mai 2003

Annexe 9 : Présentation sommaire des espèces choisies

Annexe 1

Zone, position, date, type de récif, profondeurs extrêmes et visibilité de chaque station de l'ensemble des campagnes de 1996, 1997 et 2002

Les positions sont en degrés, minutes, secondes

L'exposition est définie par le code : 1 au vent, 2 sous le vent

Les profondeurs et la visibilité sont en m

Le courant est défini suivant l'échelle : 0 courant nul, 1 courant faible, 2 courant fort

Zone	Station	Latitude			Longitude			Jour	Mois	Année	Type de récif	Exposition	Prof. mini	Prof. maxi	Visibilité	Courant
O1	1	20	59	18	164	37	24	25	11	2002	intermédiaire	1	4	6	12	0
O1	2	20	59	18	164	37	24	25	11	2002	intermédiaire	2	2	4	11	1
O1	3	20	59	18	164	37	24	25	11	2002	intermédiaire	1	3	3	20	1
O1	11	21	2	54	164	37	18	27	11	2002	barrière	2	1.5	2	20	1
O1	12	21	0	42	164	36	42	27	11	2002	barrière	1	2	3	?	0
O1	13	21	1	0	164	36	0	27	11	2002	barrière	1	1	2	22	0
O1	14	21	0	18	164	36	48	27	11	2002	barrière	2	1.5	2	22	1
O1	15	21	0	42	164	36	42	27	11	2002	barrière	2	1	1	25	1
O2	16	21	3	6	164	38	54	28	11	2002	barrière	1	1	1.5	18	0
O2	17	21	3	0	164	37	36	28	11	2002	barrière	2	1	2	22	1
O1	18	21	2	54	164	38	18	28	11	2002	barrière	1	2	3	17	0
O2	19	21	3	42	164	39	42	28	11	2002	barrière	1	1	3	25	0
O2	20	21	3	54	164	40	0	28	11	2002	barrière	2	1.5	2	22	2
O2	21	21	3	0	164	39	6	28	11	2002	barrière	0	1	4	?	0
O1	22	21	0	42	164	37	24	29	11	2002	intermédiaire	2	2	3	15	0
O1	23	21	1	24	164	38	0	29	11	2002	intermédiaire	2	2	6	15	0
O1	24	21	1	0	164	37	42	29	11	2002	intermédiaire	2	5	4	15	0
O1	25	20	59	30	164	37	36	29	11	2002	intermédiaire	2	1	3	14	0
O1	26	20	59	24	164	37	54	29	11	2002	intermédiaire	2	1	4	10	0
O1	27	20	59	30	164	37	48	29	11	2002	intermédiaire	2	4	1	15	0
O2	28	21	7	6	164	42	30	2	12	2002	barrière	2	1	1	15	1
O2	29	21	6	54	164	41	48	2	12	2002	barrière	2	1	1	11	0
O2	30	21	7	6	164	42	12	2	12	2002	barrière	1	1	2	20	0
O2	31	21	6	54	164	41	24	3	12	2002	barrière	2	1	3	15	1
O2	32	21	5	24	164	41	6	3	12	2002	barrière	2	2	1	15	0
O1	33	20	59	18	164	37	24	3	12	2002	barrière	2	1	2	25	1
O2	34	21	4	24	164	40	36	3	12	2002	barrière	2	1	3	15	0
O2	35	21	5	0	164	40	54	3	12	2002	barrière	2	2	1	15	0
O2	36	21	6	18	164	41	18	3	12	2002	barrière	2	1	1	25	1
O2	37	21	3	36	164	39	30	3	12	2002	barrière	2	1	3	15	0
O2	38	21	3	48	164	40	0	3	12	2002	barrière	2	1	3	16	0
O2	39	21	4	6	164	40	24	3	12	2002	barrière	2	1	1	25	0
O1	46	21	1	30	164	36	42	5	12	2002	barrière	2	1	4	16	1
O1	47	21	0	24	164	36	42	5	12	2002	barrière	2	2	2	20	1
O1	48	21	1	0	164	36	42	5	12	2002	barrière	1	1	1	22	0
O1	49	21	1	30	164	38	12	5	12	2002	intermédiaire	2	2	4	8	0
O1	50	21	2	0	164	38	30	5	12	2002	barrière	2	2	3	11	1
O1	51	21	1	6	167	37	48	5	12	2002	intermédiaire	1	1	3	8	0
K	52	21	10	36	164	43	18	6	12	2002	barrière	2	1	3	22	0
K	53	21	10	6	164	43	18	6	12	2002	barrière	2	2	3	16	1
K	54	21	10	54	164	43	48	6	12	2002	barrière	2	1	3	30	0
O1	407	21	0	6	164	36	42	6	2	96	barrière	1	5.4	5.4	7	0
K	414	21	6	0	164	45	0	6	2	96	intermédiaire	1	3.8	3.8	5	1
O1	416	21	0	48	164	37	48	7	2	96	barrière	1	2.2	2.4	6	0
K	417	21	6	48	164	41	24	7	2	96	barrière	1	3	3.4	8	1
O2	418	21	3	12	164	37	54	7	2	96	barrière	1	5.8	5.8	10	1
O2	419	21	6	0	164	41	24	7	2	96	barrière	1	2	2	8	1
K	420	21	3	6	164	37	0	7	2	96	barrière	1	1	1	10	1
O1	424	21	1	30	164	38	6	7	2	96	intermédiaire	1	2	3	8	0
K	426	21	7	54	164	42	30	8	2	96	barrière	1	2.4	3.6	12	1
O2	428	21	7	18	164	42	42	8	2	96	barrière	1	2	3	10	2
K	430	21	8	36	164	42	48	8	2	96	barrière	1	1.4	2.4	13	0
K	432	21	9	36	164	43	18	8	2	96	barrière	1	1.4	1.4	10	0
K	433	21	11	30	164	46	6	8	2	96	intermédiaire	1	2	3	5	0
R	434	21	14	36	164	46	30	10	2	96	barrière	2	2.6	3.4	16	0
K	435	21	12	36	164	44	0	8	2	96	barrière	1	1	2	10	0
R	436	21	14	18	164	45	42	10	2	96	barrière	2	4.2	5	7	0
K	437	21	12	0	164	43	6	8	2	96	barrière	1	1.2	2.2	10	0
R	438	21	16	0	164	47	0	10	2	96	barrière	1	3.6	4	12	0
K	439	21	10	18	164	42	48	8	2	96	barrière	1	2	3	13	0
R	440	21	16	18	164	47	18	10	2	96	intermédiaire	1	3	4	9	0
K	441	21	9	42	164	42	18	8	2	96	barrière	1	2.6	5	12	0
R	442	21	16	54	164	47	30	10	2	96	barrière	1	1	2	12	0
R	443	21	15	24	164	47	6	10	2	96	barrière	1	5	5	11	0
R	444	21	14	36	164	46	42	10	2	96	barrière	1	4.4	4.4	9	1
R	445	21	16	30	164	47	6	10	2	96	barrière	1	2.8	2.8	10	1
K	447	21	11	30	164	48	6	11	2	96	intermédiaire	1	5	5.2	5	0
K	448	21	11	54	164	46	42	11	2	96	barrière	1	3.6	4.2	10	0
K	460	21	10	0	164	46	30	13	2	96	intermédiaire	1	3	3.4	5	0
O2	466	21	4	42	164	40	48	13	2	96	barrière	1	2	2	9	0
O2	467	21	4	42	164	41	12	13	2	96	intermédiaire	2	1.6	1.6	9	0
O2	468	21	3	36	164	39	24	13	2	96	barrière	1	1.6	1.6	15	1
O2	946	21	7	54	164	42	42	10	12	97	barrière	1	3	3.6	8	0
K	947	21	8	6	164	42	36	10	12	97	barrière	1	2	2	6	0
K	948	21	8	30	164	42	36	10	12	97	barrière	1	2.8	3	7	0
K	949	21	8	36	164	42	42	10	12	97	barrière	1	2.2	2.6	8	0
K	950	21	8	30	164	42	42	11	12	97	barrière	1	1	2	8	0
K	951	21	8	42	164	42	54	11	12	97	barrière	1	3	3	8	0
K	952	21	8	48	164	42	48	11	12	97	barrière	1	2	3	6	0
K	953	21	8	48	164	42	48	11	12	97	barrière	1	2	2.4	7	0
K	954	21	7	6	164	45	42	11	12	97	intermédiaire	2	1	1.2	4	0
K	955	21	7	12	164	45	48	11	12	97	intermédiaire	2	1	1	4	0
K	956	21	7	18	164	45	48	12	12	97	intermédiaire	2	1	1	5	0
K	957	21	7	12	164	46	0	12	12	97	intermédiaire	2	2.4	2.6	5	0
K	958	21	7	12	164	46	0	12	12	97	intermédiaire	2	2	2	5	0
K	959	21	7	12	164	46	6	12	12	97	intermédiaire	2	1.6	1.8	5	0
K	960	21	7	18	164	46	12	12	12	97	intermédiaire	2	1	1	8	0

Annexe 2

Nombre d'individus des espèces pour chaque station des campagnes
de 1996, 1997 et 2002

Annexe 3

Densité (en indiv. / m²) des espèces pour chaque station des campagnes de 1996, 1997 et 2002

Non-vertebrate		Station																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Code	Code	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	O19	O20	O21	O22	O23	O24	O25	O26	O27	O28	O29	O30	O31	O32	O33	O34	O35	O36	O37	O38	O39	O40	O41	O42	O43	O44	O45	O46	O47	O48	O49	O50	O51	O52	O53	O54	O55	O56	O57	O58	O59	O60	O61	O62	O63	O64	O65	O66	O67	O68	O69	O70	O71	O72	O73	O74	O75	O76	O77	O78	O79	O80	O81	O82	O83	O84	O85	O86	O87	O88	O89	O90	O91	O92	O93	O94	O95	O96	O97	O98	O99	O100	O101	O102	O103	O104	O105	O106	O107	O108	O109	O110	O111	O112	O113	O114	O115	O116	O117	O118	O119	O120	O121	O122	O123	O124	O125	O126	O127	O128	O129	O130	O131	O132	O133	O134	O135	O136	O137	O138	O139	O140	O141	O142	O143	O144	O145	O146	O147	O148	O149	O150	O151	O152	O153	O154	O155	O156	O157	O158	O159	O160	O161	O162	O163	O164	O165	O166	O167	O168	O169	O170	O171	O172	O173	O174	O175	O176	O177	O178	O179	O180	O181	O182	O183	O184	O185	O186	O187	O188	O189	O190	O191	O192	O193	O194	O195	O196	O197	O198	O199	O200	O201	O202	O203	O204	O205	O206	O207	O208	O209	O210	O211	O212	O213	O214	O215	O216	O217	O218	O219	O220	O221	O222	O223	O224	O225	O226	O227	O228	O229	O230	O231	O232	O233	O234	O235	O236	O237	O238	O239	O240	O241	O242	O243	O244	O245	O246	O247	O248	O249	O250	O251	O252	O253	O254	O255	O256	O257	O258	O259	O260	O261	O262	O263	O264	O265	O266	O267	O268	O269	O270	O271	O272	O273	O274	O275	O276	O277	O278	O279	O280	O281	O282	O283	O284	O285	O286	O287	O288	O289	O290	O291	O292	O293	O294	O295	O296	O297	O298	O299	O300	O301	O302	O303	O304	O305	O306	O307	O308	O309	O310	O311	O312	O313	O314	O315	O316	O317	O318	O319	O320	O321	O322	O323	O324	O325	O326	O327	O328	O329	O330	O331	O332	O333	O334	O335	O336	O337	O338	O339	O340	O341	O342	O343	O344	O345	O346	O347	O348	O349	O350	O351	O352	O353	O354	O355	O356	O357	O358	O359	O360	O361	O362	O363	O364	O365	O366	O367	O368	O369	O370	O371	O372	O373	O374	O375	O376	O377	O378	O379	O380	O381	O382	O383	O384	O385	O386	O387	O388	O389	O390	O391	O392	O393	O394	O395	O396	O397	O398	O399	O400	O401	O402	O403	O404	O405	O406	O407	O408	O409	O410	O411	O412	O413	O414	O415	O416	O417	O418	O419	O420	O421	O422	O423	O424	O425	O426	O427	O428	O429	O430	O431	O432	O433	O434	O435	O436	O437	O438	O439	O440	O441	O442	O443	O444	O445	O446	O447	O448	O449	O450	O451	O452	O453	O454	O455	O456	O457	O458	O459	O460	O461	O462	O463	O464	O465	O466	O467	O468	O469	O470	O471	O472	O473	O474	O475	O476	O477	O478	O479	O480	O481	O482	O483	O484	O485	O486	O487	O488	O489	O490	O491	O492	O493	O494	O495	O496	O497	O498	O499	O500	O501	O502	O503	O504	O505	O506	O507	O508	O509	O510	O511	O512	O513	O514	O515	O516	O517	O518	O519	O520	O521	O522	O523	O524	O525	O526	O527	O528	O529	O530	O531	O532	O533	O534	O535	O536	O537	O538	O539	O540	O541	O542	O543	O544	O545	O546	O547	O548	O549	O550	O551	O552	O553	O554	O555	O556	O557	O558	O559	O560	O561	O562	O563	O564	O565	O566	O567	O568	O569	O570	O571	O572	O573	O574	O575	O576	O577	O578	O579	O580	O581	O582	O583	O584	O585	O586	O587	O588	O589	O590	O591	O592	O593	O594	O595	O596	O597	O598	O599	O600	O601	O602	O603	O604	O605	O606	O607	O608	O609	O610	O611	O612	O613	O614	O615	O616	O617	O618	O619	O620	O621	O622	O623	O624	O625	O626	O627	O628	O629	O630	O631	O632	O633	O634	O635	O636	O637	O638	O639	O640	O641	O642	O643	O644	O645	O646	O647	O648	O649	O650	O651	O652	O653	O654	O655	O656	O657	O658	O659	O660	O661	O662	O663	O664	O665	O666	O667	O668	O669	O670	O671	O672	O673	O674	O675	O676	O677	O678	O679	O680	O681	O682	O683	O684	O685	O686	O687	O688	O689	O690	O691	O692	O693	O694	O695	O696	O697	O698	O699	O700	O701	O702	O703	O704	O705	O706	O707	O708	O709	O710	O711	O712	O713	O714	O715	O716	O717	O718	O719	O720	O721	O722	O723	O724	O725	O726	O727	O728	O729	O730	O731	O732	O733	O734	O735	O736	O737	O738	O739	O740	O741	O742	O743	O744	O745	O746	O747	O748	O749	O750	O751	O752	O753	O754	O755	O756	O757	O758	O759	O760	O761	O762	O763	O764	O765	O766	O767	O768	O769	O770	O771	O772	O773	O774	O775	O776	O777	O778	O779	O780	O781	O782	O783	O784	O785	O786	O787	O788	O789	O790	O791	O792	O793	O794	O795	O796	O797	O798	O799	O800	O801	O802	O803	O804	O805	O806	O807	O808	O809	O810	O811	O812	O813	O814	O815	O816	O817	O818	O819	O820	O821	O822	O823	O824	O825	O826	O827	O828	O829	O830	O831	O832	O833	O834	O835	O836	O837	O838	O839	O840	O841	O842	O843	O844	O845	O846	O847	O848	O849	O850	O851	O852	O853	O854	O855	O856	O857	O858	O859	O860	O861	O862	O863	O864	O865	O866	O867	O868	O869	O870	O871	O872	O873	O874	O875	O876	O877	O878	O879	O880	O881	O882	O883	O884	O885	O886	O887	O888	O889	O890	O891	O892	O893	O894	O895	O896	O897	O898	O899	O900	O901	O902	O903	O904	O905	O906	O907	O908	O909	O910	O911	O912	O913	O914	O915	O916	O917	O918	O919	O920	O921	O922	O923	O924	O925	O926	O927	O928	O929	O930	O931	O932	O933	O934	O935	O936	O937	O938	O939	O940	O941	O942	O943	O944	O945	O946	O947	O948	O949	O950	O951	O952	O953	O954	O955	O956	O957	O958	O959	O960	O961	O962	O963	O964	O965	O966	O967	O968	O969	O970	O971	O972	O973	O974	O975	O976	O977	O978	O979	O980	O981	O982	O983	O984	O985	O986	O987	O988	O989	O990	O991	O992	O993	O994	O995	O996	O997	O998	O999	O1000

Annexe 4

Biomasse (en g / m²) des espèces pour chaque station des campagnes de 1996, 1997 et 2002

Annexe 5

Substrat et couverture par les organismes benthiques pour chaque station des campagnes de 1996, 1997 et 2002

Les données (%) représentent la moyenne des cinq secteurs du transect de chaque station. Le cumul des données substrat doit faire 100 % par ligne, alors que le cumul des organismes recouvrants n'atteint pas nécessairement 100 %

Station	Substrat						Organismes recouvrants		
	sable	débris	petits blocs	gros blocs	roche	corail substrat	algues	alcyonaires	corail vivant
1	26	3	1	0	48	21	0	13	18
2	3	23	4	0	25	45	6	1	27
3	10	7	0	0	29	53	0	11	42
11	6	12	46	0	32	4	0	0	5
12	66	16	2	2	9	6	0	0	4
13	49	9	0	0	28	14	0	0	6
14	17	48	2	0	28	4	0	1	10
15	19	41	1	0	37	2	0	0	2
16	48	11	2	3	25	12	0	8	18
17	37	9	4	0	38	8	0	0	13
18	74	22	0	0	3	1	0	0	2
19	56	10	0	0	25	9	0	0	21
20	28	11	7	0	36	18	0	0	21
21	49	10	0	0	17	23	0	0	17
22	30	26	1	0	21	21	0	1	15
23	46	9	0	0	40	4	0	1	5
24	60	2	0	0	32	7	0	0	3
25	6	46	1	0	25	22	20	1	22
26	0	51	3	0	44	2	9	10	13
27	1	19	21	0	32	28	0	0	17
28	59	9	0	0	22	10	0	4	10
29	75	1	0	0	12	12	7	1	11
30	38	37	2	5	12	6	0	5	8
31	15	36	4	3	22	19	0	0	11
32	32	6	0	0	42	19	0	2	32
33	24	44	0	0	26	5	0	0	11
34	66	6	2	2	21	3	0	0	11
35	28	5	0	0	44	22	0	0	31
36	31	25	0	0	43	1	0	0	16
37	46	28	1	0	20	5	0	0	4
38	65	12	0	0	17	7	0	0	12
39	70	5	1	0	14	5	0	0	15
46	31	23	1	0	29	16	0	1	30
47	11	40	3	0	43	3	0	2	6
48	51	27	1	0	16	4	0	3	9
49	40	5	0	0	53	2	0	0	4
50	48	9	1	0	38	4	0	1	7
51	22	41	0	0	36	1	0	0	6
52	32	14	0	0	49	4	0	1	7
53	37	19	1	0	22	21	0	0	25
54	2	58	2	3	34	1	1	0	5
407	0	0	0	0	100	0	0	15	21
414	18	80	2	0	0	0	0	0	22
416	44	0	12	0	30	14	0	0	10
417	8	42	4	2	40	4	0	0	1
418	30	0	0	20	50	0	0	0	0
419	36	30	6	6	2	0	0	0	0
420	5	0	0	0	95	0	0	0	25
424	38	8	6	0	0	40	0	4	16
426	34	7	3	0	0	52	1	0	20
428	50	0	2	0	0	40	2	8	21
430	46	14	10	3	0	33	1	0	7
432	26	0	0	0	74	0	0	0	17
433	10	25	11	0	49	0	0	2.6	0.2
434	18	16	10	2	30	24	6	0	3.2
435	48	0	0	0	46	6	0	0	6.6
436	24	4	0	0	72	0	0	0	0
437	34	12	18	0	34	2	0	0	2.8
438	2	22	32	0	42	0	0	0	0
439	37	10	22	0	31	0	0.4	0	3
440	45	6	8	0	0	42	2.6	5	10
441	53	4	2	0	41	0	0	0	5.4
442	44	0	0	0	56	0	0	2	16
443	40	0	0	0	60	0	0	0	25
444	48	0	2	0	50	0	0	14	20
445	28	0	4	0	56	12	0	0	9
447	0	0	0	0	70	0	0	0.6	8
448	35	8	4	0	0	46	0	19	13
460	36	3	0	0	30	12	0	0	7.6
466	30	0	0	0	0	70	0	0	25
467	52	0	0	0	48	0	0	0	20
468	30	10	10	0	50	0	2	0	14
946	50	0	8	8	34	0	0	8	14
947	52	0	13	5	30	0	0	0.8	4
948	56	0	0	14	30	0	0	0	20
949	64	0	14	14	8	0	7	0	0
950	42	3	3	4	48	0	1.6	0	1.4
951	46	2	1	1	48	2	1.6	0	3
952	50	0	0	0	50	0	0	0	6
953	56	14	0	0	22	8	0	0	6.2
954	36	22	0	0	4	0	0	0	4
955	20	0	0	0	0	0	12	0	0
956	40	10	0	0	0	0	2	0	0
957	76	0	0	0	0	24	0	0	3
958	62	0	0	0	4	34	0	0	5
959	60	2	2	0	36	0	0	0	3
960	68	0	0	0	12	0	1.4	0	0

Annexe 6

Feuille d'enregistrement des comptages de poissons

Code : code numérique permettant d'identifier l'espèce

Nombre : nombre vu par observation

Taille (en cm) : taille à la fourche

Secteur : secteur du transect (tranche de 10 m) où est réalisée l'observation ; codé de 0 à 4

D1 : distance séparant le poisson observé du transect (en m), dans le cas d'un banc ou d'un agrégat, indique la distance du poisson le plus proche au transect

D2 : égale d1 si un seul poisson observé, sinon indique la distance du poisson le plus éloigné du transect dans le cas d'un banc ou d'un agrégat de poissons

Annexe 7

Feuille d'enregistrement des facteurs du milieu

N° de Station: _____ Lieu dit: _____ Visibilité (en m.): __
 Latitude (deg/min/sec): _____ Longitude (deg/min/sec): _____
 Date(jour/mois/an): _____ Courant (nul: 0, faible: 1, fort:2): _
 Récif frangeant: _ Récif intermédiaire: _ Récif barrière: _ Herbière: _
 Autres (préciser): _____ Au vent: _ Sous le vent: _
 Description du site (15-20 mots): _____

Secteur	Prof. (min., max.)	Substrat (100% / secteur)	%	Organismes recouvrants	%
0	vase..... sable fin..... sable grossier..... graviers 2mm- 1cm .. débris 1-5 cm pt blocs 5-30 cm gros blocs 30-100 cm roche dalle pâté corallien .....	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....	algues filament./cyano algues vertes algues brunes alcyonaires coraux .....	.........................
1	vase..... sable fin..... sable grossier..... graviers 2mm- 1cm .. débris 1-5 cm pt blocs 5-30 cm gros blocs 30-100 cm roche dalle pâté corallien .....	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....	algues filament./cyano algues vertes algues brunes alcyonaires coraux .....	.........................
2	vase..... sable fin..... sable grossier..... graviers 2mm- 1cm .. débris 1-5 cm pt blocs 5-30 cm gros blocs 30-100 cm roche dalle pâté corallien .....	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....	algues filament./cyano algues vertes algues brunes alcyonaires coraux .....	.........................
3	vase..... sable fin..... sable grossier..... graviers 2mm- 1cm .. débris 1-5 cm pt blocs 5-30 cm gros blocs 30-100 cm roche dalle pâté corallien .....	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....	algues filament./cyano algues vertes algues brunes alcyonaires coraux .....	.........................
4	vase..... sable fin..... sable grossier..... graviers 2mm- 1cm .. débris 1-5 cm pt blocs 5-30 cm gros blocs 30-100 cm roche dalle pâté corallien .....	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....	algues filament./cyano algues vertes algues brunes alcyonaires coraux .....	.........................

Annexe 8

Données brutes des comptages effectués au mois d'avril et mai 2003

Les positions sont en degrés, minutes, secondes

Les profondeurs et la hauteur d'eau sont en m

L'état de la marée est défini par le code : M montante, D descendante

Zone	Station	Latitude	Longitude	Jour	Mois	Année	H début	H fin	Maree	Hauteur d'eau	Transect	Côte	Plongeur	Espèces	Nombre	Taille	D1	D2
K	1	21 9 55,3	164 43 9	28	4	2003	14h00	14h30	M	0,69	1A	L	CC	Picots kanaks	1	15	5	-
K	1	21 9 55,3	164 43 9	28	4	2003	14h00	14h30	M	0,69	1A	R	NC	Picots kanaks	1	15	2	-
K	1	21 9 55,3	164 43 9	28	4	2003	14h00	14h30	M	0,69	1A	R	CC	Dawa	1	20	2	-
K	1	21 9 55,3	164 43 9	28	4	2003	14h00	14h30	M	0,69	1R	L	NC	Dawa	1	10	3	-
K	1	21 9 55,3	164 43 9	28	4	2003	14h00	14h30	M	0,69	1R	L	CC	Picots kanaks	1	15	2	-
K	1	21 9 55,3	164 43 9	28	4	2003	14h00	14h30	M	0,69	1R	L	CC	Picots kanaks	1	15	2	-
K	1	21 9 55,3	164 43 9	28	4	2003	14h00	14h30	M	0,69	1R	R	CC	---	0	---	---	---
K	1	21 9 55,3	164 43 9	30	4	2003	7h40	7h55	D	1,45	2A	L	CC	---	0	---	---	---
K	1	21 9 55,3	164 43 9	30	4	2003	7h40	7h55	D	1,45	2A	R	CC	Dawa	1	10	1	-
K	1	21 9 55,3	164 43 9	30	4	2003	7h40	7h55	D	1,45	2R	L	NC	---	0	---	---	---
K	1	21 9 55,3	164 43 9	30	4	2003	7h40	7h55	D	1,45	2R	R	CC	---	0	---	---	---
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	28	4	2003	15h00	15h20	M	0,82	1A	L	CC	---	0	---	---	---
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	28	4	2003	15h00	15h20	M	0,82	1A	R	NC	Picots kanaks	1	10	1	-
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	28	4	2003	15h00	15h20	M	0,82	1R	L	CC	Picots kanaks	1	20	2	-
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	28	4	2003	15h00	15h20	M	0,82	1R	L	CC	Picots kanaks	10	15	7	-
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	28	4	2003	15h00	15h20	M	0,82	1R	L	NC	Picots kanaks	1	25	9	-
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	28	4	2003	15h00	15h20	M	0,82	1R	L	NC	Picots kanaks	1	30	9	-
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	28	4	2003	15h00	15h20	M	0,82	1R	R	CC	---	0	---	---	---
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	30	4	2003	8h15	8h30	D	1,15	2A	L	CC	Dawa	1	15	4	-
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	30	4	2003	8h15	8h30	D	1,15	2A	L	CC	Dawa	1	17	5	-
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	30	4	2003	8h15	8h30	D	1,15	2A	R	CC	---	0	---	---	---
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	30	4	2003	8h15	8h30	D	1,15	2R	L	CC	Dawa	1	20	3	-
K	2	21 10 17,8	164 43 19,3	30	4	2003	8h15	8h30	D	1,15	2R	R	CC	---	0	---	---	---
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	L	CC	Picots kanaks	3	14	4	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	L	CC	Picots kanaks	5	16	1	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	L	CC	Dawa	2	25	2	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	L	CC	Dawa	10	35	3	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	L	CC	Dawa	1	20	2	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	L	CC	Dawa	2	15	3	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	R	NC	Picots kanaks	1	15	2	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	R	CC	Picots kanaks	2	15	2	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	R	CC	Picots kanaks	1	35	1	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	R	CC	Picots kanaks	1	20	1	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	R	NC	Dawa	4	30	1	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	R	CC	Dawa	1	30	4	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1A	R	CC	Dawa	1	35	3	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1R	L	NC	Dawa	1	30	5	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1R	L	NC	Picots kanaks	1	15	4	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1R	R	CC	Dawa	1	18	2	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1R	R	CC	Picots kanaks	1	17	4	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	8h55	9h05	D	1,21	1R	R	CC	Picots kanaks	1	18	3	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2A	L	CC	Dawa	1	14	1	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2A	R	NC	Dawa	1	25	9	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2A	R	CC	Dawa	3	20	1	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2A	R	CC	Dawa	1	20	2	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2A	R	CC	Dawa	1	25	7	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2A	R	CC	Dawa	2	20	3	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2R	L	CC	---	0	---	---	---
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2R	L	CC	Picots kanaks	1	16	3	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2R	R	CC	Dawa	1	20	4	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2R	R	CC	Picots kanaks	1	17	5	-
K	3	21 10 56,3	164 43 27,4	30	4	2003	11h25	11h40	D	0,4	2R	R	CC	Dawa	3	24	2	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1A	L	CC	Picots kanaks	2	15	1	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1A	L	CC	Picots kanaks	1	11	1	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1A	L	CC	Picots kanaks	1	10	1	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1R	R	CC	Dawa	1	6	3	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1A	R	CC	Picots kanaks	2	20	3	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1A	R	CC	Picots kanaks	2	20	4	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1A	R	CC	Dawa	2	30	7	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1A	R	CC	Picots kanaks	1	15	2	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1A	R	CC	Picots kanaks	1	20	8	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1R	L	CC	Picots kanaks	1	10	2	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1R	L	CC	Picots kanaks	1	15	3	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1R	L	CC	Picots kanaks	5	15	5	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1R	R	CC	Dawa	4	30	6	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1R	R	CC	Picots kanaks	2	20	8	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	9h30	9h40	D	1,09	1R	R	CC	Dawa	2	22	3	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	12h00	12h15	D	0,4	2A	L	CC	Picots kanaks	13	13	3	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	12h00	12h15	D	0,4	2A	L	CC	Dawa	22	22	2	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	12h00	12h15	D	0,4	2A	L	CC	Dawa	15	15	4	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	12h00	12h15	D	0,4	2A	R	CC	Dawa	1	20	3	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	12h00	12h15	D	0,4	2R	L	CC	---	0	---	---	---
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	12h00	12h15	D	0,4	2R	L	CC	Picots kanaks	1	16	1	-
K	4	21 11 4,4	164 44 19,1	30	4	2003	12h00	12h15	D	0,4	2R	R	CC	---	0	---	---	---
K	5	21 11 24,6	164 44 52,9	30	4	2003	10h15	10h20	D	0,54	1A	L	CC	---	0	---	---	---
K	5	21 11 24,6	164 44 52,9	30	4	2003	10h15	10h20	D	0,54	1A	R	CC	---	0	---	---	---
K	5	21 11 24,6	164 44 52,9	30	4	2003	10h15	10h20	D	0,54	1R	L	CC	---	0	---	---	---
K	5	21 11 24,6	164 44 52,9	30	4	2003	10h15	10h20	D	0,54	1R	R	CC	---	0	---	---	---
K	5	21 11 24,6	164 44 52,9	30	4	2003	12h35	12h45	D	0,4	2A	L	CC	Dawa	3	40	1	-
K	5	21 11 24,6	164 44 52,9	30	4	2003	12h35	12h45	D	0,4	2A	R	CC	Dawa	1	35	1	-
K	5	21 11 24,6	164 44 52,9	30	4	2003	12h35	12h45	D	0,4	2A	R	CC	Dawa	3	35	7	-
K	5	21 11 24,6	164 44 52,9	30	4	2003	12h35	12h45	D	0,4	2R	L	CC	---	0	---	---	---
K	5	21 11 24,6	164 44 52,9	30														

ANNEXE 9

Présentation sommaire des espèces indicatrices choisies

A) Dawa ; B) Picots kanaks

(d'après Laboute & Grandperrin, 1990 ; Lieske & Myers, 1994)



Naso unicornis (Forsskål, 1775)

Taille : 70 cm

Grégarité : habituellement par groupes

Régime alimentaire : herbivore (se nourrit principalement de macro algues brunes)

Habitat : ubiquiste, dans tous les récifs coralliens (3 à 30 m)

A)



Acanthurus blochii (Valenciennes, 1835)

Taille : 40 cm

Grégarité : souvent par groupes

Régime alimentaire : herbivore (râcle le film algal des surfaces sableuses)

Habitat : récifs coralliens des lagons (2 à 12 m)



Acanthurus nigricauda (Duncker & Mohr, 1929)

Taille : 40 cm

Grégarité : forme de grands bancs, mélangés aux *Acanthurus olivaceus*

Régime alimentaire : herbivore (se nourrit de micro algues)

Habitat : zones peu profondes du lagon sous influence océanique dans un environnement sableux, près des affleurements rocheux ou coralliens (4 à 8 m)



Acanthurus xanthopterus (Valenciennes, 1835)

Taille : 50 cm

Grégarité : petits groupes

Régime alimentaire : herbivore (se nourrit du film algal recouvrant le sable et d'algues filamenteuses sur substrats durs)

Habitat : récifs érodés du lagon à proximité de fonds sédimentaires (5 à 20 m)

B)

RÉSUMÉ

La zone d'impact du projet minier sur le massif du Koniambo, en Province Nord de Nouvelle-Calédonie, est un cadre d'étude représentatif des pays insulaires de la zone pacifique. La croissance de la population va se traduire par une augmentation des impacts anthropiques sur les ressources ichthyologiques, avec un développement prévisible des activités de pêche. Le présent travail vise à proposer des indicateurs de suivi de l'état des ressources récifales, à travers une démarche méthodologique. La première étape est l'analyse de données antérieures provenant d'inventaires de poissons en Province Nord, concernant la zone d'influence, pour déterminer une espèce ou un groupe d'espèces susceptible(s) de servir d'indicateur(s). La deuxième étape consiste à tester la pertinence des indicateurs retenus par la récolte de nouvelles données terrain par comptages visuels en plongée. Cette validation s'opère sur un biotope préalablement choisi, par une étude effectuée à partir de quelques stations de Koné et de Pouembout, deux zones du récif concernées par l'implantation de l'usine et supposées contrastées du point de vue de la pêche. Sur la base des caractéristiques théoriques et pratiques attendues d'un indicateur et des contraintes logistiques, le dawa (*Naso unicornis*) et les picots kanaks (*Acanthurus blochii*, *A. nigricauda* et *A. xanthopterus*), très prisés par les pêcheurs, sont proposés en tant qu'indicateurs de la pression halieutique. Le cadre temporel de l'étude ne permet pas de définir quelle espèce est la plus pertinente en terme d'abondance. Cependant, la taille des poissons et leur distance au transect révèlent des différences significatives entre les deux zones, vérifiant l'hypothèse d'un effet de la pêche supérieur à Koné (poissons plus petits et fuyants). Ces indicateurs devront être testés sur le long terme et généralisés sur d'autres zones dont l'état des ressources marines est bien connu, afin de limiter les sources de variabilité spatiale et temporelle à prendre en compte en terme de recommandation pour ces indicateurs.

Mots clé : indicateurs, pression de pêche, poissons récifaux, gestion durable, Nouvelle-Calédonie

ABSTRACT

The impact zone of Koniambo massif mining project, in the Northern Province of New Caledonia, is a framework of study, representative of the pacific insular countries. The population growth will result in an increase in anthropogenic impacts on the ichthyologic resources, with a foreseeable development of fishing activities. The present work aims at proposing resource health indicators through a methodological step. The first stage is the analysis of former data coming from fish inventories in the Northern Province, relating to the influence zone, to determine a species or a group of species susceptible to be used as indicators. The second stage consists in testing the relevance of the retained indicators by new data collecting, using underwater visual censuses. The validation takes place on a forehand selected biotope by a study carried out with some stations of Koné and Pouembout. The reef part of these zones is concerned with the establishment of the factory and these zones are supposed to be contrasted regarding fishing. On the basis of theoretical and practical characteristics expected from an indicator and logistic constraints, the dawa (*Naso unicornis*) and picots kanaks (*Acanthurus blochii*, *A. nigricauda* and *A. xanthopterus*), very prized by fishermen, are proposed as indicators of fishing pressure. The temporal framework of the study does not make it possible to define which species is most relevant in term of abundance. However, the fish size and their distance from the line reveal significant differences between the two zones, checking the assumption of an effect of higher fishing at Koné (smaller and evasive fishes). These indicators will have to be tested on the long term and to be generalized on other zones which state of marine resources is well-known. Thus, we will limit the spatial and temporal variability sources to take into account in term of recommendation for these indicators.

Keywords : indicators, fishing pressure, reef fishes, sustainable management, New Caledonia