COMPOSANTE 2A - Projet 2A3
Indicateurs de suivi de l'état de santé des écosystèmes coralliens

Avril 2011

CRISP
Coral Reef InitiativeS for the Pacific
Initiatives Corail pour le Pacifique

GUIDE PRATIQUE

Indicateurs d'évaluation et de suivi des écosystèmes coralliens

IRD
Institut de recherche pour le développement

Jocelyne Ferraris et Esther Emmanuelli

CRISP

Coral Reef InitiativeS for the Pacific
Initiatives Corail pour le Pacifique

L'initiative pour la protection et la gestion des récifs coralliens dans le Pacifique (CRISP), portée par la France et préparée par l'AFD dans un cadre interministériel depuis 2002, a pour but de développer une vision pour l'avenir de ces milieux uniques et des peuples qui en dépendent. Elle vise à mettre en place des stratégies et des projets visant à préserver leur biodiversité et à développer dans le futur les services économiques et environnementaux qu'ils apportent tant au niveau local que global. Elle est conçue, en outre, comme un vecteur d'intégration entre états développés (Australie, Nouvelle-Zélande, Japon, USA), collectivités françaises de l'outre-mer et pays en développement du Pacifique.

Pour ce faire, l'initiative développe une approche spécifique qui vise à :

- associer activités de réseau et projets de terrain ;
- articuler recherche, aménagement et développement ;
- combiner les apports de disciplines scientifiques diverses, incluant la biologie, l'écologie, l'économie, la sociologie, le droit et les sciences humaines ;
- intervenir sur l'ensemble des thèmes - terrestres et marins - intéressant les récifs (y compris l'assainissement et la gestion des bassins versants) ;
- ne pas créer de structure nouvelle, mais apporter des ressources financières à des partenaires déjà opérationnels et souhaitant développer leurs activités dans un esprit de coopération régionale. C'est la raison pour laquelle l'initiative a été préparée sur la base d'un appel à propositions auprès de l'ensemble des institutions et réseaux.

Cellule de Coordination CRISP (CCU)
Chef de programme Éric CLUA
CPS - BP D5
98848 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie
Tél./Fax : (687) 26 54 71
E-mail : ericc@spc.int
www.crisponline.net

Cette approche se décline sur une série d'objectifs thématiques qui sont :

Objectif 1 : Meilleure connaissance de la biodiversité, de l'état et du fonctionnement des écosystèmes coralliens.
Objectif 2 : Réalisation d'opérations de protection et de gestion des écosystèmes coralliens à une échelle significative.
Objectif 3 : Valorisation du potentiel économique reposant sur les valeurs d'usage et la biodiversité des écosystèmes coralliens.
Objectif 4 : Diffusion de l'information et des savoirs ; renforcement des capacités et animation des réseaux locaux, nationaux et internationaux.

Le dispositif d'intervention du CRISP se structure en trois composantes majeures :

Composante 1A : AMP et bassins versants

- 1A1 : Planification de la conservation de la biodiversité marine
- 1A2 : Aires marines protégées (AMP)
- 1A3 : Renforcement institutionnel et mise en réseau
- 1A4 : Gestion intégrée des zones côtières récifales et des bassins versants

Composante 2 : Développement des écosystèmes coralliens

- 2A : Connaissance, valorisation et gestion des écosystèmes coralliens
- 2B : Restauration récifale
- 2C : Valorisation des Substances actives marines (SAM)
- 2D : Mise en place d'une base de données régionale (ReefBase Pacifique)

Composante 3 : Coordination et valorisation du programme

- 3A : Capitalisation, valorisation et vulgarisation des acquis du programme CRISP
- 3B : Coordination, promotion et développement du Programme CRISP
- 3C : Appui aux filières économiques alternatives et durables
- 3D : Vulnérabilité des écosystèmes et des espèces
- 3E : Cellule économique

LE PROGRAMME CRISP EST FINANCÉ PAR LES ORGANISATIONS SUIVANTES :

AFD Agence Française de Développement · FFEM · Liberté • Égalité • Fraternité République Française Fonds Pacifique · Conservation International · WWF · United Nations Foundation · IFRECOR

Guide Pratique sur les Indicateurs d'Evaluation et de Suivi des Ecosystèmes Coralliens

Collecter, analyser et interpréter des données
sur l'état de santé des récifs coralliens et des pêcheries récifales

Applications aux îles du Pacifique sud

Institut de recherche
pour le développement

Jocelyne FERRARIS et Esther EMMANUELLI

Avec la contribution scientifique de ***: Ambroise Brenier, Pascale Chabanet, Pascal Dumas, Antoine Gilbert, Nicolas Guillemot, Marc Léopold, Edward Lovell, Nicolas Pascal, Dominique Pelletier, Hélène Sykes, Caroline Vieux***

Conception et rédaction du guide ***: Jocelyne Ferraris, Esther Emmanuelli et Charles Gonson***

AVANT – PROPOS

Ce guide sur les indicateurs d'évaluation et de suivi des écosystèmes coralliens a pour objectif de capitaliser les actions de recherche réalisées entre 2006 et 2009 dans le programme **CRISP « InitiativeS Corail dans le Pacifique »** sur différentes îles du Pacifique Sud par trois organismes de recherche, l'Institut de Recherche pour le Développement (**IRD**), l'Ecole Pratique des Hautes études (**EPHE**) et l'Université du Pacifique Sud (**USP**). Les écosystèmes coralliens, milieux fragiles d'une biodiversité exceptionnelle dont la dégradation interpelle l'ensemble de la communauté internationale, doivent être protégés et gérés en fonction des services écosystémiques rendus pour le développement social et économique des états insulaires de la région. Scientifiques, gestionnaires, ONG et communautés locales doivent se mobiliser pour préserver l'état de santé des écosystèmes coralliens. Des mesures de gestion existent, telles que la mise en place d'aires marines protégées (AMPs), de réseaux de surveillance de l'état des récifs à l'échelle régionale (Reef Check, GCRMN) ou d'implication des communautés locales (LMMA), mais les moyens financiers et humains des pays concernés sont souvent limités pour permettre leur mise en œuvre ou en assurer une efficacité pérenne. Les perturbations des écosystèmes coralliens concernent la surexploitation des ressources halieutiques (poissons, invertébrés), la destruction des habitats (mouillage, piétinement, remblayage, sédimentation), la pollution (organique, chimique, déchets) et les aléas naturels (augmentation de la température, cyclone, invasion d'acanthaster) : ces perturbations naturelles et anthropiques affectent l'état du récif corallien, des ressources et de leurs usages, principalement la pêche récifale et les activités touristiques.

Ce guide concerne les indicateurs sur l'état des récifs coralliens et des pêcheries récifales et vise à fournir des éléments de diagnostic et de suivi des mesures de gestion. A caractère méthodologique, il se veut avant tout pragmatique et synthétique afin d'illustrer une panoplie de méthodes testées et validées par des études scientifiques. Il est basé sur la constitution d'une grille de lecture d'indicateurs utilisés dans différentes études menées par la composante C2A du programme CRISP qui avait pour objectif d'améliorer la connaissance, le suivi, la gestion et la valorisation des récifs coralliens. Vingt fiches descriptives sur des **méthodes d'observation** (10) et des **indicateurs-types** (10) illustrent et mettent en exergue les points techniques de mise en œuvre de ces outils destinés à des scientifiques, gestionnaires ou communautés locales. La bibliographie accessible sur le site web du CRISP, ainsi que les références des personnes-contacts sont données afin de fournir toutes les informations de base à l'utilisateur désireux d'en savoir plus : ce guide ne se veut donc pas exhaustif des indicateurs sur les écosystèmes coralliens mais a pour ambition d'être pratique et complémentaire à la majorité des guides disponibles sur les indicateurs des écosystèmes marins, basés souvent sur des considérations conceptuelles et théoriques. Elaboré sur la base d'une synthèse des actions menées dans le cadre de la composante C2A, ce guide souligne les caractéristiques principales des outils recommandés à partir des applications concrètes mises en œuvre dans le cadre du programme CRISP par les scientifiques. Consultable et téléchargeable par internet (www.crisponline.net), il comprend des liens interactifs permettant de télécharger les documents du CRISP et est accompagné d'un fichier de synthèse des actions ayant permis de décrire les indicateurs (Grille synthèse indicateur.xls).

SOMMAIRE

Des indicateurs pourquoi faire? p. 4

Qualité d'un indicateur p. 5

Usage de l'indicateur p. 6

Grille de synthèse des actions de recherche p. 7

Quelle(s) méthode(s) pour quel(s) indicateur(s)? p. 11

Fiches « Méthode » p. 12

Fiches « Indicateur » p. 13

Fiches « Méthodes d'observation et de collecte des données »

M1 : Enquête écoliers p. 15
M2 : Enquête consommation p. 17
M3 : Enquête perception p. 19
M4 : Méthode Vidéo p. 21
M5 : Méthode Photographique p. 23
M6 : Comptage en surface p. 25
M7 : Cahier de pêche p. 27
M8 : Capteur environnemental p. 29
M9 : Réseau de surveillance des récifs coralliens p. 31
M10 : Méthode spatialisée p. 33

Fiches « Indicateurs des récifs coralliens et des pêcheries récifales »

I1 : Pourcentage de corail vivant p. 36
I2 : Espèce(s) caractéristique(s) p. 38
I3 : Biodiversité (Richesse spécifique – occurrence) p. 40
I4 : Capture par Unité d'Effort (CPUE) p. 42
I5 : Densité d'invertébrés exploités p. 44
I6 : Carte de pression / impact de pêche p. 46
I7 : Consommation en produits de la mer p. 48
I8 : Contexte environnemental p. 50
I9 : Ecologie-Halieutique p. 52
I10 : Ecosystémique p. 54

Bibliographie CRISP p. 56

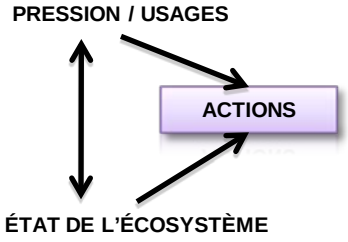
Pour en savoir plus … p. 57

DES INDICATEURS POURQUOI FAIRE?

Ce guide sur des indicateurs d'évaluation et de suivi des écosystèmes coralliens et des pêcheries récifales décrit les méthodes d'observation, d'analyse et de restitution utilisées dans des études réalisées par des scientifiques dans des îles du Pacifique sud. La synthèse de ces études permet d'illustrer de façon pragmatique quels indicateurs sont préconisés par les scientifiques dans le but de favoriser leur transfert et leur mise en application dans des cas d'étude similaires. L'utilisateur peut trouver les méthodes et indicateurs potentiellement intéressants pour son cas d'étude, les documents décrivant de façon détaillée les actions de recherche à la base de cette synthèse et les contacts de la ou les personne(s) référente(s) afin d'obtenir plus d'informations si nécessaires. Ce guide s'adresse à des scientifiques, gestionnaires et personnes impliquées dans l'étude, le suivi ou la gestion des écosystèmes coralliens.

Un indicateur est défini comme une variable quantitative ou qualitative obtenue à partir de données de terrain (ou de modèles) et indiquant un effet.

Les indicateurs ont pour finalité **d'évaluer l'état et/ou la dynamique d'un système** dans l'objectif d'améliorer sa gestion par une prise de décision rapide et efficace. Ceci suppose une bonne connaissance du système observé, un objectif de gestion précis, avec un ou des effets attendus, et le choix d'un indicateur adapté. En pratique, un indicateur d'évaluation et de suivi des écosystèmes coralliens doit faciliter le passage entre la connaissance sur l'état de la biodiversité et les ressources de l'écosystème marin, des usages et des pressions liés à ce système et les actions nécessaires à mettre en œuvre en réponse à des changements d'état.



L'évolution de l'indicateur doit donc être interprétable comme révélateur d'un état et d'une variation du paramètre utilisé pour mesuré l'effet désiré (AMP, pêche, changement climatique). La variable observée ou calculée à partir des observations de terrain (appelée aussi métrique car elle est mesurable avec des bornes minimales et maximales) permet d'estimer le paramètre utilisé dont les propriétés statistiques dictent la performance de l'indicateur. Les indicateurs de suivi sont donc des comparaisons dans le temps des valeurs du paramètre estimé (stabilité, diminution, augmentation). Un indicateur performant devrait donc permettre de mettre en évidence des variations spatio-temporelles du paramètre, en différenciant la variabilité naturelle de la variabilité liée aux impacts anthropiques : généralement ceci nécessite d'utiliser des méthodes statistiques appropriées (protocole de collecte et méthode d' analyse)

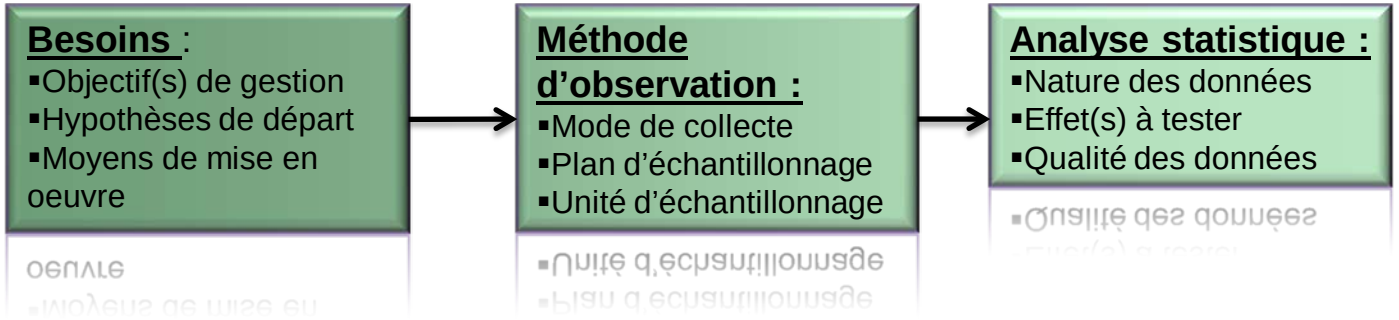
QUALITÉ D'UN INDICATEUR

Un indicateur est choisi en fonction de sa **pertinence** (sensible et spécifique à l'effet attendu) et de son **efficacité** par rapport aux moyens dont on dispose. La définition d'objectif de gestion permet de préciser le besoin et l'effet attendu par l'utilisateur de l'indicateur (ex : effet d'une aire marine protégée afin d'en évaluer sa performance et optimiser les mesures de régulation des usages) et ainsi de garantir sa pertinence. L'indicateur sert d'outil de communication et doit donc être facilement compréhensible et interprétable.

Le choix de l'indicateur repose donc sur plusieurs questions préalables :
• quel est l'objectif de l'étude?
• quel est l'effet étudié, c'est-à-dire que cherche-t-on à savoir au travers de l'indicateur?
• à qui va servir le résultat ? comment les résultats seront-ils utilisés ? quel est le niveau de précision à atteindre?
• quels sont les moyens humains et financiers aujourd'hui et sur le long terme (entraînant un certain choix de méthodes d'observation et d'analyse)?

L'indicateur peut servir d'aide à la connaissance afin d'apporter un savoir supplémentaire au fonctionnement de l'écosystème (Habitat / Communautés / Population), son environnement et ses usages. L'indicateur n'est alors pas directement relié à une prise de décision. On s'intéresse ici à des **indicateurs d'aide à la gestion** faciles à mettre en œuvre et utilisables par des scientifiques, gestionnaires, populations locales ou acteurs du développement (société civile, politiques, industriels) en tant qu'outil pour répondre à une question de gestion liée au diagnostic ou à la surveillance d'un écosystème corallien. On distingue différentes **catégories d'indicateurs** en fonction du type d'information qu'ils apportent. Les indicateurs halieutiques, par exemple, portent sur les usages de la pêche et leurs impacts (pression de pêche, espèces cibles, vente de poissons, consommation des produits de la mer, etc.) ; les indicateurs de biodiversité renseignent sur la diversité de l'écosystème ou de ces composants (poissons, invertébrés, coraux).

La combinaison **Besoin x Méthode d'observation x Analyse statistique** permet d'identifier l'indicateur le plus pertinent et le plus efficace.

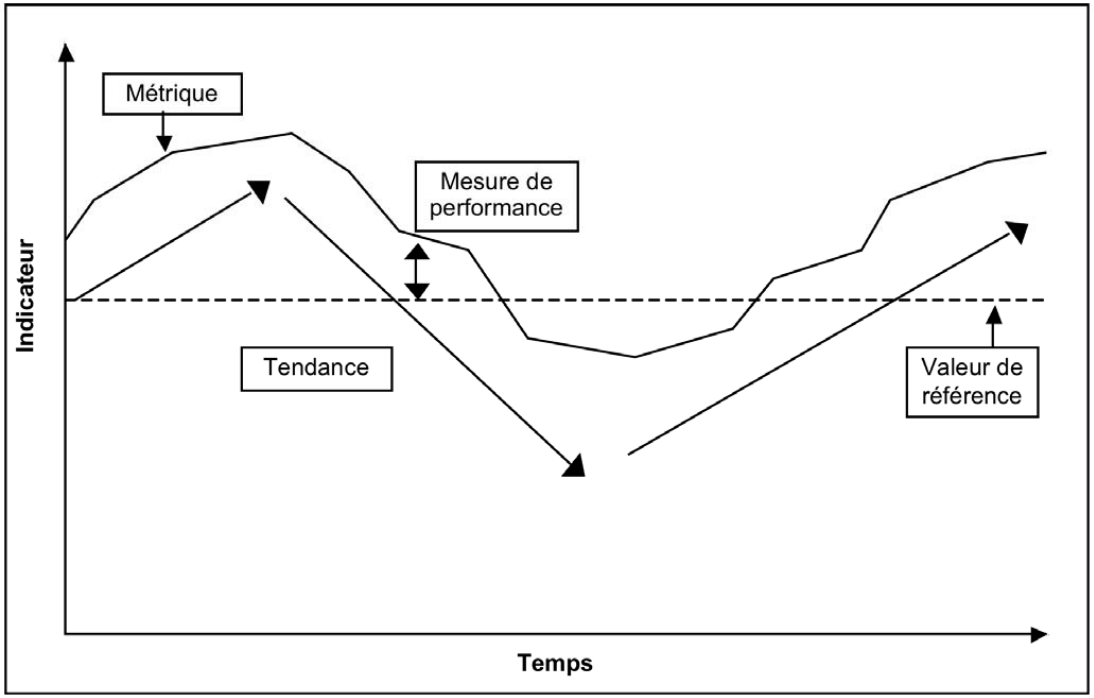


Un indicateur peut être utilisé en tant qu'**indicateur d'état**, c'est-à-dire que les valeurs de la métrique et du paramètre statistique utilisé indiquent une variation ou un état significatif de l'objet observé (habitat, espèce, ressource, usage) ou en tant qu'**indicateur de pression**, lorsque ces valeurs renseignent sur le degré de menaces qui pèsent sur le système observé. Une batterie d'indicateurs permet de récapituler, dans un **Tableau de Bord,** une grande quantité d'informations en quelques signaux appropriés utiles au gestionnaire pour évaluer l'état des ressources et des espèces associées, de l'environnement et des activités humaines.

USAGE DE L'INDICATEUR

Les valeurs des variables mesurées (métrique) sont interprétées au moyen d'une **grille de lecture** qui permet de confronter ces valeurs à des points de comparaison (valeurs seuil ou valeurs de référence) dans l'espace et/ou dans le temps en fonction de l'effet étudié. L'écart à la valeur de référence permet d'évaluer la performance de la mesure de gestion en regard de l'effet étudié (ex : augmentation de la biomasse dans une aire marine protégée par rapport à une zone comparable non protégée ou à une période antérieure). L'interprétation des variations de ces valeurs (tendance à l'augmentation ou à la diminution par rapport à sa valeur de référence, dépassement de la valeur limite, etc.) doit guider des **actions de gestion**. L'interprétation de la métrique en fonction de sa valeur permet de décider de l'action de gestion en fonction de l'enjeu de départ (maintien de la biodiversité, maintien de la pêche, sécurité alimentaire des populations locales, etc.). Cette interprétation passe par l'utilisation d'un **paramètre statistique**, tel que la moyenne et l'écart-type calculés sur l'échantillon, afin de savoir si l'effet est significatif ou non. La métrique est un indicateur pertinent, si et seulement si, elle indique un effet significatif et si on sait comment interpréter cet effet ! Par exemple, on s'attend à avoir une augmentation de la biomasse ou de la taille d'une espèce ciblée par la pêche dans une aire marine protégée. Ceci nécessite alors l'utilisation d'un test statistique. Un indicateur ne sera pertinent et efficace que si il permet de prendre des décisions éclairées.

Courbe théorique de l'évolution d'un indicateur autour d'une valeur de référence et paramètres d'interprétation



GRILLE DE SYNTHÈSE DES ACTIONS DE RECHERCHE

Une grille de synthèse est proposée afin de faire la compilation d'études réalisées sur les indicateurs d'évaluation et de suivi des écosystèmes coralliens. L'objectif est de catégoriser les indicateurs et leurs caractéristiques. Cette grille doit permettre au lecteur de faciliter le choix d'un indicateur en fonction des moyens et des objectifs, avec l'illustration des méthodes et recommandations pour l'obtenir. Une vingtaine d'actions de recherche ont été identifiées dont l'objectif était de tester, valider ou utiliser des indicateurs d'évaluation et de suivi des écosystèmes coralliens. Une même étude peut-être divisée en différentes actions si plusieurs méthodes d'observation ou d'analyse ont été utilisées. Une action correspond à une combinaison [**méthode de collecte - méthode d'analyse**] conduisant à un (ou plusieurs) indicateur(s), et donc à un objectif spécifique avec un effet particulier que l'on cherche à tester avec un ou plusieurs indicateurs.

Tableau récapitulatif des actions présentées dans le guide avec l'auteur principal

N°	Nom de l'action	Scientifique responsable
1	Pêche au crabe de palétuvier dans la commune de Voh (Nouvelle-Calédonie)	Marc Léopold
2	Perception des pêcheurs de Navakavu sur l'évolution de leurs captures (Fidji)	Marc Léopold
3	Estimation de la consommation en poissons des ménages de Haapiti (Moorea, Polynésie française)	Antoine Gilbert
4	Perception des usagers de Moorea sur l'évolution des ressources (Polynésie française)	Ambroise Bernier
5	Suivi des captures via les pêcheurs à Moorea et Tikehau (Polynésie française)	Ambroise Bernier
6	Suivi des captures par les maréyeuses de Tuléar (Madagascar)	Ambroise Bernier
7	Comptage in situ par des volontaires à Moorea et Tikehau (Polynésie française)	Ambroise Bernier
8	Enquête des ménages via les écoliers de Tikehau (Polynésie française)	Ambroise Bernier
9	Pêche de poissons récifo-lagonaires dans la zone de Voh-Koné-Pouembout (Nouvelle-Calédonie)	Nicolas Guillemot
10	Suivi des poissons récifaux exploités dans la zone de Voh-Koné-Pouembout (Nouvelle-Calédonie)	Pascale Chabanet
11	Suivi du réseau GCRMN - Polynesia Mana (Pacifique Sud)	Caroline Vieux
12	Suivi du réseau GCRMN (Fidji)	Helen Sykes
13	Suivi des captures des pêcheurs de Tikehau (Polynésie française)	Nicolas Pascal
14	Suivi participatif des ressources à Emau (Vanuatu)	Pascal Dumas
15	Description de l'habitat par méthode photographique (Nouvelle-Calédonie)	Pascal Dumas
16	Mise en place d'un programme d'enregistrement de la température de l'eau (Fidji)	Edward R. Lovell
17	Carottage de corail à Vanuatu Levu Suva (Fidji)	Edward R. Lovell
18	Comparaison de comptages en surface et en plongée (Nouvelle-Calédonie)	Marc Leopold
19	Video sous-marine (Nouvelle-Calédonie)	Dominique Pelletier
20	Identification d'espèces indicatrices pour le suivi des AMPs de Moorea (Polynésie française)	Esther Emmanuelli

La grille de synthèse permet de **visualiser l'ensemble des actions** portant sur les indicateurs de suivi de l'état de santé des récifs coralliens et des pêcheries récifales à la base de la typologie des indicateurs proposés. Ces actions illustrent différentes **méthodes d'observation et d'analyse** aboutissant, au final, à différents **types d'indicateurs**.

Tableau récapitulatif des informations contenues dans la grille de synthèse des 20 actions de recherche

Intitulé	Description
N° d'action	Numéro d'identification de l'action
Catégorie de l'étude	L'étude est catégorisée soit en « **Evaluation** », c'est-à-dire un état des lieux à un temps t, soit en **« Suivi** » à plus ou moins long terme (un indicateur défini dans le cadre d'une étude d'évaluation pour un diagnostic pouvant par ailleurs servir à une étude de suivi). L'action peut porter, soit sur l'**écosystème,** soit sur les **usages**. Il y a 4 choix possibles : • **Evaluation de l'écosystème** • **Evaluation des usages** • **Suivi de l'écosystème** • **Suivi des usages**
Catégorie de l'indicateur	Les indicateurs sont classés en 4 catégories qui regroupent plusieurs types d'indicateurs, chacun relié à un objectif précis. • **Halieutique** • **Biodiversité** • **Contextuel** • **Multi-thématique** Les indicateurs halieutiques concerne principalement la composante humaine, c'est à dire les usagers (activités de pêche, consommation en poisson) et leurs impacts, alors que les indicateurs de biodiversité sont d'ordre écologique (population, communauté et habitat). Les indicateurs contextuel sont liés à l'environnement (naturel, socio-économique) de l'écosystème et donc aux menaces possibles (changement de température). Les indicateurs multi-thématiques concernent des études intégrant différentes catégories d'indicateur (écologique, halieutique, socio-économique)
Sur qui/quoi porte l'indicateur	Sur quel(s) **composant**(s) du système porte l'indicateur, soit un objet concret (substrat, pêcheur) soit une action (activité de pêche, consommation)
Objectif de l'indicateur	Objectif général de l'indicateur
Application	Nom de l'action illustrée dans la grille
A qui est destiné l'usage de l'indicateur	A qui sont destinées l'usage et la mise en œuvre de l'indicateur : **scientifiques** (chercheurs ou gestionnaires de formation scientifique), **gestionnaires** (personnes ayant une connaissance du milieu et des problématiques de gestion), **populations locales** (habitants, pêcheurs, écoliers), **divers** (services gouvernementaux, industriels miniers, politiques)
Méthode d'observation	Méthode d'observation sur le terrain permettant de collecter une ou plusieurs variables : • **In situ** • **Enquête** • **Collecte en routine** • **Spatiale**

Commentaire sur la méthode d'observation	Précision sur la méthode : (i) **type d'observation** (par exemple le type d'enquête pour la méthode d'enquête), (ii) **qui observe**, (iii) **qui est observé** et (iv) **l'unité d'échantillonnage** ou sur quoi porte l'observation en fonction du type de méthode. 'Qui est observé' peut être identique à 'Sur quoi porte l'observation' ou à 'unité d'échantillonnage '.
Variable(s) collectée(s)	La ou les variables collectées sur le terrain et permettant de calculer l'indicateur. Ne décrire que les variables nécessaires au calcul de l'indicateur; la ou les catégories des variables collectées nécessaires pour le calcul de l'indicateur peuvent être précisées.
Logiciel d'analyse	Logiciel utilisé pour calculer les métriques et tester l'indicateur (savoir si des moyens ou des compétences spécifiques sont nécessaires pour l'utilisation de l'indicateur).
Méthode d'analyse	Méthode d'analyse statistique utilisée (méthodes univariées ou multivariées). Préciser les paramètres statistiques utilisés : ratio, moyenne, fréquence,…
Variables calculées	Métrique à calculer, à partir des variables observées, afin de construire l'indicateur. Ne pas oublier de préciser l'unité de mesure.
Avantage et inconvénients des méthodes	Principaux avantages (+) et inconvénients (-) des méthodes d'observation et d'analyse
Indicateur(s) identifié(s)	Indicateur(s) utilisés dans l'exemple d'application
Qualité de l'indicateur	La valeur de l'indicateur est : • **Une valeur quantitative** • **Une information qualitative** • **Une tendance** • **Une information spatiale** (carte par exemple)
Règle de lecture de l'indicateur	En fonction de l'indicateur et de sa qualité, les règles de lecture et l'interprétation seront différentes. Les tendances vont montrer une augmentation ou une diminution. Une valeur quantitative peut être soit comparée à une valeur de référence ou à une valeur cible, ou à des valeurs antérieures et montrer alors une tendance si elle est suivie au cours de temps. Une information qualitative pourra être transformée en donnée quantitative (rang, fréquence) ou graphe pour favoriser son interprétation. L'utilisation de test statistique est alors mentionnée.
Comparaison à une valeur de référence	On cherche à savoir s'il existe ou non une valeur de référence pour cet indicateur dans le contexte de l'étude. Si il existe une valeur, l'indiquer, préciser la référence (rapport, article, etc.) et s'il s'agit d'une valeur de référence locale ou une valeur de référence générique (article scientifique).
Avantage et inconvénients généraux des indicateurs identifiés	Principaux avantages (+) et inconvénients (-) du (ou des) indicateur(s)
Source de l'exemple illustré	Source à partir de laquelle est tiré l'exemple. Une liste complète de références de l'auteur est proposée à la fin du guide
Personne contact	Nom et adresse courriel de la personne pouvant être contactée pour plus d'informations

Tableau des méthodes d'observation utilisées pour chaque action

Méthodes d'observation	Actions																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Enquêtes (fiches M1, M2, M3)	■	■	■	■				■	■											
Suivi du cahier de pêche (fiche M7)					■	■							■							
Echantillonnage au débarquement													■							
Comptages visuels (fiches M6, M9)							■			■		■		■				■		■
Comptages par photo ou vidéo (fiches M4, M5)											■				■				■	
Relevés environnementaux (fiche M8)												■				■	■			

Ce tableau croise la ou les méthode(s) utilisée(s) pour chacune des actions décrites. Les méthodes sont regroupées par **catégorie de méthode** regroupant plusieurs méthodes spécifiques propres aux cas d'étude.

Tableau des catégories d'indicateurs identifiées pour chaque action

Catégories d'indicateurs	Sous-catégories d'indicateurs	Actions																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Halieutique	Activités de pêche (Pression) (fiche I6)	■							■	■											
	Activités de pêche (Impact) (fiche I4)	■	■			■	■		■	■				■							
	Ressources exploitées (fiche I5)		■		■			■							■				■		
	Socio-économique (fiche I7)			■					■												
Biodiversité	Population (fiche I2)				■								■								■
	Communauté (fiche I3)										■									■	
	Habitat (fiche I1)				■							■	■			■					
Contexte	Environnement (fiche I8)												■				■	■			
Multithématique	(fiche I9, I10)				■	■	■	■	■	■	■		■								

Ce tableau croise les différentes **catégories d'indicateurs** utilisées dans chaque action. Compte tenu de l'importance des perturbations dues aux pêcheries récifales et de la demande d'indicateurs d'effet des AMPs, un focus particulier est porté aux indicateurs halieutiques. La catégorie multi-thématique correspond à l'utilisation d'un Tableau de Bord ou à une analyse statistique intégrant différents types d'indicateurs.

QUELLE(S) MÉTHODE(S) POUR QUEL(S) INDICATEUR(S)

Tableau présentant le croisement entre les méthodes d'observation réalisées et les catégories d'indicateurs identifiées

Catégories d'indicateurs / Méthode d'observation	Halieutique				Biodiversité			Contexte	Multi-thématique
	Act. pêche (Pression)	Act. pêche (Impact)	Ress. exploitées	Socio-éco	Population	Communauté	Habitat	Environnement	
Enquêtes									
Suivi de cahier de pêche									
Echantillonnage au débarquement									
Comptages visuels									
Comptages par images photographiques									
Relevés environnementaux									

Le croisement entre les méthodes d'observation et les catégories d'indicateur montre que certaines méthodes (enquêtes) sont préconisées pour une seule catégorie d'indicateurs (Halieutique) alors que d'autres (comptages visuels) couvrent différentes catégories. Les indicateurs « Impact de l'activité de pêche », « Ressources exploitées » , « Habitat » et « Contexte environnement » sont proposés avec différentes méthodes d'observation. Les catégories « Pression de l'activité de pêche », « Socio-économie » et « Population » par contre, sont liées à une seule méthode d'observation. Cette typologie ne se veut pas exhaustive des méthodes d'observation et de type d'indicateurs utilisés dans les milieux coralliens. Les indicateurs de gouvernance n'ont par exemple pas été traités dans les études considérées, menées par des scientifiques des sciences environnementales, écologiques ou halieutiques mais non du domaine des sciences sociales et humaines.

FICHES DESCRIPTIVES

Vingt fiches descriptives sur les **Méthodes (10)** et les **Indicateurs (10)** présentent en détails l'application de certaines méthodes d'observation et les valeurs d'indicateurs obtenus dans des cas d'étude particuliers. Elles ont pour finalité d'illustrer par des exemples concrets les indicateurs préconisés sur la base d'études scientifiques et de servir de références pour des études ultérieures.

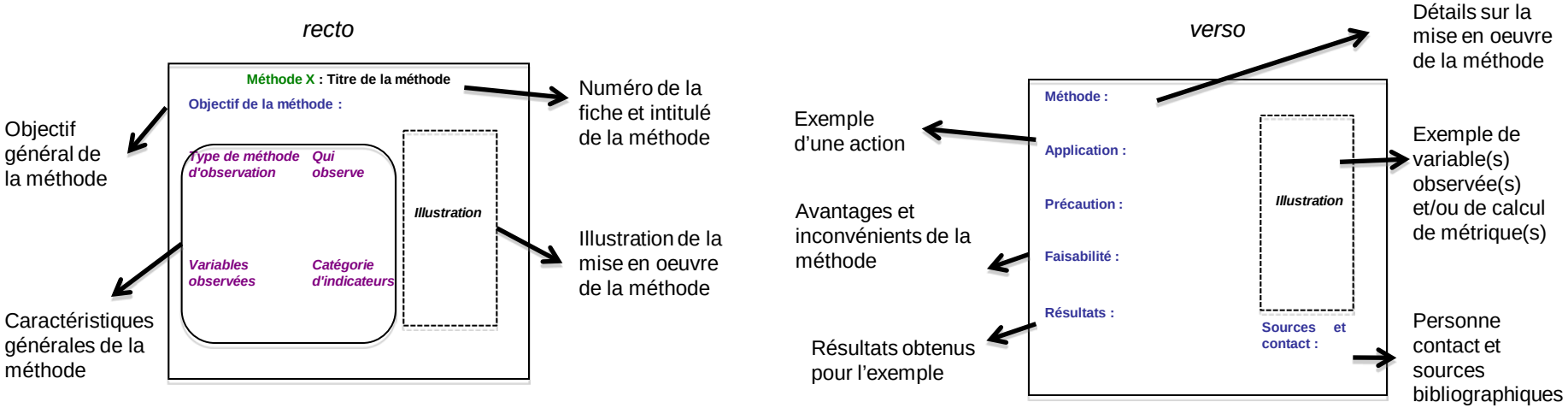
FICHES « MÉTHODES »

Une fiche méthode illustre la mise en œuvre et les indicateurs d'une méthode d'observation. La nature et la valeur d'un indicateur sont directement reliés au moyen d'observation. On distingue quatre grandes catégories de méthodes : les méthodes d'enquête à terre, comme les enquêtes de consommation ou de perception, et les méthodes *in situ*, comme les comptages visuels ou les méthodes photographiques. Les méthodes utilisées en routine dans le cadre d'observatoire ou de réseau de surveillance font l'objet d'une catégorie à part entière avec des indicateurs validés et reconnus par la communauté d'utilisateurs concernés (halieutique : cahier de pêche ou logbook ; surveillance de l'état des récifs : Global Reef Monitoring Network ou Reef Check). Enfin on distingue une catégorie de méthodes portant un intérêt particulier à l'espace; la prise en compte de la dimension spatiale impliquant des méthodes d'observation et de restitution particulières, basées sur des cartes, l'outil SIG (Système d'Information Géographique) et des statistiques spatiales (géostatistique), avec donc des compétences requises spécifiques.

Liste des fiches « Méthode »

Catégories de méthodes	N° fiche	Nom de la fiche
Enquête à terre	M1	Enquête écoliers
	M2	Enquête consommation
	M3	Enquête perception
Observation *in situ*	M4	Méthode Vidéo
	M5	Méthode Photographique
	M6	Comptage en surface
Suivi de routine	M7	Suivi Cahier de pêche
	M8	Capteur environnemental
	M9	Réseau de surveillance des récifs
Méthode spatiale	M10	Méthode spatialisée

Fiche « Méthode - type »



FICHES « INDICATEUR »

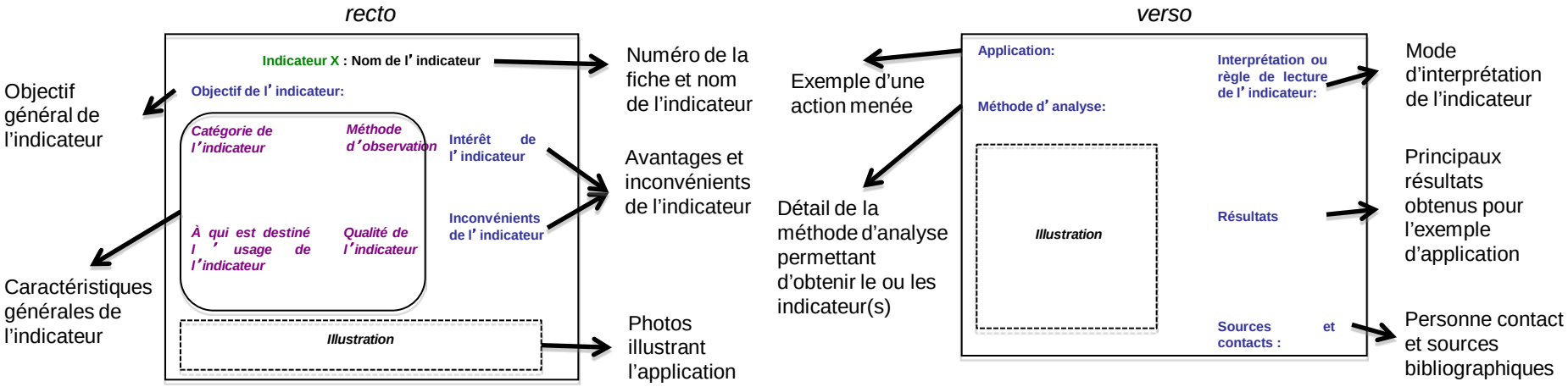
Les fiches indicateurs présentent **un indicateur-type** (ex : CPUE) pouvant être obtenu par différentes méthodes d'observation ou de calcul. Sont présentés des indicateurs utilisés dans plusieurs actions, comme par exemple la CPUE ou la densité qui permettent de souligner le panel de méthodes et d'analyse menant vers un même indicateur, ainsi que ses différentes interprétations possibles. Des indicateurs composites basés sur les différentes catégories d'indicateurs définies plus haut sont également illustrés.

L'objectif est de montrer que la combinaison [méthode d'observation x variables x calcul des paramètres x interprétation] donne un indicateur-type et qu'un même indicateur-type peut résulter de plusieurs combinaisons différentes.

Liste des fiches « Indicateur »

Catégorie d'indicateur	N° fiche	Nom de la fiche
Biodiversité	I1	Pourcentage de corail vivant
	I2	Espèce(s) caractéristique(s)
	I3	Biodiversité (Richesse spécifique–occurrence)
Halieutique	I4	Capture par unité d'effort (CPUE)
	I5	Densité d'invertébrés exploités
	I6	Carte de pression / impact de pêche
	I7	Consommation en produit de la mer
Contexte	I8	Contexte environnemental
Multithématique	I9	Écologie halieutique
	I10	Écosystèmique

Fiche « Indicateur - type »



FICHES METHODES

Méthode 1 : Enquête halieutique par les écoliers auprès des ménages

Objectif de la méthode : Évaluer l'impact des pêcheries récifales sur l'écosystème dans le cadre d'un suivi participatif impliquant les écoliers à partir d'une enquête menée auprès de leur ménage respectif.

Type de méthode d'observation :
Enquête halieutique par questionnaire fermé

Qui observe :
Écoliers

Sur qui / quoi porte l'observation :
Pêcheurs et consommateurs de poissons

Unité d'échantillonnage :
Ménage

Variables observées :
- Adresse et taille du ménage, fréquence de consommation en poissons, origine du poisson consommé, nombre de bateaux et de pêcheurs dans le ménage
- Nom, taille, et nombre des poissons consommés au cours des repas des trois derniers jours
- Sites de pêche, technique de pêche, fréquence de pêche, espèces ciblées par chaque pêcheur du ménage

Catégorie d'indicateurs :
Halieutique
(pression et impact de pêche, socio économique)

Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Consommation en produit de la mer (Fiche I7)
- Ecosystémique (Fiche I10)

Source : A. Brenier

Sensibilisation et formation des écoliers (à gauche), écoliers avec leur questionnaire (à droite)

Exemple de variables observées

Demain soir, mercredi 22 février, après le repas du soir, pose les questions suivantes à la personne qui prépare les repas :

13) Est-ce que vous avez mangé du poisson de Tikehau, aujourd'hui (mercredi 22 février) (en comptant les repas du matin, du midi **et du soir**) ? *(mettre une croix)*

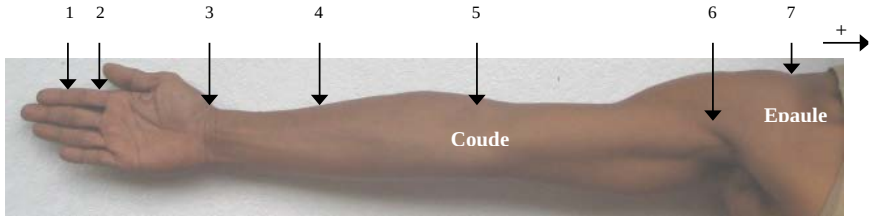
Oui	Non

Si oui, répondre aux questions suivantes :

	Nom du poisson mangé	Nombre	Taille *(mettre 1, 2, 3, 4, 5, 6 , 7 ou +, taille qui correspond à la taille sur le bras. Voir schéma page 6)*
1-			
2-			
3-			
4-			
5-			

Bravo, tu as fini cette enquête scientifique. N'oublie pas de ramener le questionnaire jeudi à l'école.

Chiffres correspondant aux différentes tailles des poissons



Méthode : Cette méthode fait appel aux écoliers pour recueillir des informations auprès de leur ménage respectif à partir d'un questionnaire distribué et expliqué en classe. Après une courte introduction sur l'intérêt du questionnaire et une séance d'entraînement en classe, les écoliers ont pour responsabilité de compléter le questionnaire à la maison et de le ramener en classe quelques jours plus tard.

Application : Tikehau et Moorea (Polynésie française) en février 2006

Précautions :

- Former les élèves à la pratique du questionnaire en classe.
- Simplifier le questionnaire (phase de test auprès de quelques classes).
- Utiliser des unités de mesure en adéquation avec leur propre système de mesure et des noms d'espèces vernaculaires.
- Utiliser la langue couramment utilisée par les élèves

Faisabilité :

- Mise en œuvre relativement simple.
- Nécessite l'implication des professeurs et des directeurs d'école afin de légitimer le questionnaire et accroître l'application des élèves dans ce travail.

Résultats : Grâce aux élèves d'une classe de primaire de l'atoll de Tikehau 24 ménages représentant 35,3 % des ménages de l'île, soit 132 personnes, furent enquêtés, à Tikehau (sur un total de 68 ménages et 407 habitants). Le taux de retour des questionnaires a été de 96 %. Au sein de ces ménages, 32 pêcheurs lagonaires, hommes ou femmes de plus de 16 ans, ont rempli un questionnaire renseignant sur leur activité de pêche. L'âge des écoliers était d'environ 9 ans. **Suite à une démarche de validation des résultats, le nombre d'indicateurs d'impact potentiel de la pêche recommandés par cette méthode et dans cette étude s'élève à 8** : (1) rendement de la pêche lagonaire; (2) nombre de pêcheurs lagonaires; (3) principales techniques de pêche utilisées; (4) nombre de bateaux à moteur; (5) nombre de sorties de pêche par mois; (6) répartition de l'effort de pêche; (7) quantité de poissons lagonaires consommés; (8) espèces de poissons les plus consommés.

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées

Les valeurs suivantes ont été obtenues suite aux enquêtes réalisées à Tikehau :

INDICATEUR	VALEUR (moyenne)	RENSEIGNE SUR
Rendement de la pêche lagonaire (tonne/an)	150 ± 39	L'activité et l'impact de pêche
Nb de pêcheurs par km2	0,2	La pression de pêche
Consommation en poissons (kilogramme/habitant/an)	115 ± 55	La production en poissons

Exemple du calcul du rendement de la pêche lagonaire (kg.an-1)

Quantité consommée par an par l'ensemble des habitants de Tikehau (kg/an) = moyenne par ménage du poids de poissons consommés en trois jours (Kg) / 3 x 365 x (nombre d'habitants / nombre de personnes vivant au sein du ménage)

$$Q = O + R + S - T$$

importation de poissons lagonaires

consommation en poissons lagonaires non importés dans les restaurants de l'île

exportation de poissons lagonaires

Sources et contacts :

Brenier A. (2009). Pertinence des approches participatives pour le suivi écosystémique des pêcheries récifales. Thèse de Doctorat, Université Paris VI, 222 p.

Ambroise Brenier : ambroise.brenier@gmail.com

Méthode 2 : Enquête de consommation de poissons auprès des ménages

Objectif de la méthode :

Évaluer la production halieutique d'une localité à partir d'une estimation de la consommation de poissons des ménages.

Type de méthode d'observation
Enquête halieutique par questionnaire fermé

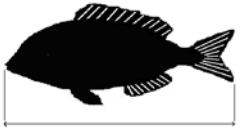
Qui observe
Scientifique

Sur qui / quoi porte l'observation
Consommation de poissons dans le ménage

Unité d'échantillonnage
Ménage

Variables observées
- Fréquence de consommation, origine du poisson, taille du ménage
- Nom vernaculaire, taille, nombre ou poids des poissons consommés au cours des repas

Catégorie d'indicateurs
Halieutique (socio-économique)



Silhouette de poisson permettant d'évaluer la taille du poisson consommé par la personne enquêtée

Photographie d'une personne enquêtée utilisant des gabarits pour identifier la taille du poisson consommé

Exemples de variables observées

Volet consommation du ménage

1. Les personnes qui vivent sous votre toît mangent-elles du poisson ?
Oui [1] Non [2]

2. Combien de fois par semaine préparez vous la cuisine ?
4x fois et plus [1] entre 1 et 3 fois [2] 1 fois [3] moins [4]

3. Quand avez-vous mangé du poisson la dernière fois ?
___/___/2007

4. Quel(s) poisson(s) et quelle(s) quantité(s) avez-vous préparé ce jour là ?
(si le poids n'est pas connu, demander le nombre et la taille du poisson via gabarits)

Repas (Pdej, Dej, Din)	*Nom*	*Code*	*Nombre*	*Taille (cm)*	*Quantité (g)*	*Origine P, A, D*

5. Préparez-vous en général la même quantité par repas ?

Oui [1] Non [2] Préciser	*Nbre Pdej*	*Taille (cm)*	*Quantité (g)*	*Nbre Dej*	*Taille (cm)*	*Quantité (g)*	*Nbre Din*	*Taille (cm)*	*Quantité (g)*

En ce moment (septembre-octobre), cette quantité par repas est-elle la même ?

Oui [1] Non [2] Préciser	*Nbre Pdej*	*Taille (cm)*	*Quantité (g)*	*Nbre Dej*	*Taille (cm)*	*Quantité (g)*	*Nbre Din*	*Taille (cm)*	*Quantité (g)*

6. Quelles espèces de poissons mangez-vous en général ?
(Plus important 1/ moins important 3]

1	2	3

En ce moment (septembre-octobre), ces espèces sont elles les même ?

Oui [1] **Non [2]**

	1	2	3
Préciser			

7. En général combien de jours par semaine préparez-vous du poisson frais (entourez au hasard x jours) et préciser pour chaque jour le nombre de repas (mettez une croix pour chaque jour décrit) ?

	L	M	M	J	V	S	D
Pdej							
Dej							
Din							

En ce moment (septembre-octobre), cette fréquence est elle la même ?
Oui [1] **Non [2]** **Préciser**

	L	M	M	J	V	S	D
Pdej							
Dej							
Din							

Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Consommation en produit de la mer (Fiche I7)

Méthode : Toutes les habitations de la localité sont numérotées sur une carte ou à partir d'une photographie aérienne. Les ménages de l'échantillon sont ensuite sélectionnés au hasard (aléatoire simple ou stratifié). L'enquêteur interroge à domicile la personne du ménage préparant habituellement les repas. Le questionnaire porte sur les poissons consommés à la période de l'enquête et le reste de l'année. L'activité de pêche du ménage est également renseignée.

Application : Haapiti (Moorea, Polynésie française) de septembre à octobre 2007

Précautions :

- Choisir les ménages à enquêter de manière aléatoire pour éviter les biais d'un échantillon non représentatif
- Enquêter un nombre conséquent de ménages, en raison de la forte variabilité des comportements alimentaires
- Utiliser des gabarits de poisson pour faciliter l'estimation de la taille des poissons consommés par repas
- Tenir compte de la variabilité saisonnière des poissons consommés dans le questionnaire

Faisabilité :

- Méthode simple à mettre en œuvre sur le terrain
- Questionnaire court mais durée de l'enquête dépendante de la disponibilité des personnes à rencontrer
- Fréquence de consommation parfois difficile à estimer par les personnes interviewées

Résultats : La méthode a été utilisée sur 25 ménages enquêtés suite au tirage aléatoire de 100 habitations de la commune d'Haapiti. Les comportements alimentaires sont très variables d'un ménage à l'autre. La méthode a été validée par la pesée systématique du poisson consommé par les ménages au cours d'un mois : avec l'aide des gabarits de taille, l'estimation de la quantité de poissons par repas pour les espèces concernées est fiable et précise mais la fréquence des repas à base de poissons a tendance à être surestimée, et en conséquence la consommation annuelle des ménages. Ce biais doit être considéré dans la manière de conduire le questionnaire ; il est recommandé d'estimer la fréquence de consommation par semaine et par mois pour mesurer la variabilité temporelle.

Le nombre d'indicateurs recommandés par cette méthode et dans cette étude s'élève à 4 : (1) Espèces de poissons les plus consommés; (2) Quantité de poissons lagonaires consommée par habitant; (3) Origine du poisson consommé; (4) Fréquence de l'activité de pêche.

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées

Les valeurs suivantes ont été obtenues suite aux enquêtes réalisées à Haapiti :

INDICATEUR	VALEUR (écart-type)	RENSEIGNE SUR
Principales espèces consommées - espèces hauturières - *Acanthuridae & Scaridae* - *Holocentridae* - *Serranidae & Siganidae*	 34 % 14 % 12 % 7 %	La production en poissons
Consommation de poisson (kg/hab/an) - espèces lagonaires - espèces hauturières	45,8 (42,5) 25,9 (28,8) 20,0 (22,4)	La production en poissons
Origine du poisson - monétaire - non monétaire	 58 % 42 %	La filière « pêche »

Exemple de calcul de la consommation annuelle moyenne par habitant (kg/hab/an)

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{m} c_i \times f_i \times 52 / p_i}{m}$$

Quantité moyenne de poissons préparée par repas du ménage i

Nombre moyen de repas à base de poissons par semaine du ménage i

Nombre de personnes dans le ménage

Nombre de ménages de l'échantillon

Sources et contacts :

Gilbert A., Léopold M., Maihota N. and J. Ferraris (2008). Précision et biais des estimations de la consommation de poissons par enquêtes auprès des ménages : Cas de la commune de Haapiti (Moorea), Polynésie française. Rapport CRISP, IRD, Tahiti, 37 p.

Antoine Gilbert : antoine.gilbert@gmail.com

Méthode 3 : Enquête de perception auprès des pêcheurs

Objectif de la méthode :

Estimer l'évolution de l'état des ressources récifales par des enquêtes de perception auprès des pêcheurs

Type de méthode d'observation
Enquête par entretien semi-directif individuel

Qui observe
Scientifique

Sur qui / quoi porte l'observation
Activité de pêche

Unité d'échantillonnage
Pêcheur

Variables observées
- Tailles et quantités des principaux types de poissons pêchés au cours des ans
- Effort de pêche (nombre de sorties / semaine)

Catégorie d'indicateurs
Halieutique (impact de l'activité de pêche)
Biodiversité (population et habitat)

Exemple de variables observées

Espèces (ordre décroissant)	Situation 2006				Evolution / 2002		Evolution / 2004	
	Combinaison zone de pêche / engin	Nb sorties / semaines	Qté	Taille	Qté	Taille	Qté	Taille
Tous poissons								
1								

Entretiens auprès de pêcheurs en Polynésie

Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Capture par unité d'effort (CPUE (Fiche I4)
- Ecosystémique (Fiche I10)

Méthode : Cette méthode vise à impliquer les pêcheurs dans une gestion participative des ressources en leur demandant leur perception sur l'évolution des espèces au cours du temps. Utile lorsqu'il existe peu ou pas de données, elle permet de connaître la façon dont les utilisateurs perçoivent l'état des ressources et de jauger leur motivation à s'impliquer dans la gestion.

Application : Navakavu (île de Viti Levu, Fidji) de septembre 2006 à janvier 2007

Précautions :

- Tester les tendances seulement sur des espèces ou groupe d'espèces bien représentées (espèces les plus pêchées)
- Risque de sous-estimation de l'abondance (captures pour consommation privée souvent non mentionnées) et de surestimation de la taille des espèces
- L'information est fonction des connaissances, des croyances et des valeurs de la personne et fournit des indicateurs qualitatifs (échelle de 1 à 5) ou de tendance
- Difficulté du pêcheur à donner un nombre moyen de poissons pêchés sur l'année
- Dégradation de l'information au fur et à mesure que l'on remonte dans le temps (variabilité des réponses augmente)
- Validation des données de perception avec les données observées sur le terrain
- Diminution de la variabilité des réponses en posant des questions par espèce X engin

Faisabilité :

- Permet de combler un manque de données à partir de la connaissance locale des pêcheurs les plus actifs ou de personnes ressources
- Peu coûteux et peu contraignant par rapport aux enquêtes aux débarquement ou comptage en plongée
- Résultats (évolution des captures et des tailles) représentés sous forme de graphiques faciles à comprendre
- Utilisation de différents jeux de profils de poissons pour les gabarits de taille pour faciliter l'estimation des tailles de poissons pêchés

Résultats : Les enquêtes, menées auprès de 22 pêcheurs actifs dans deux zones adjacentes à l'AMP de Navakavu (670 habitants répartis dans 4 villages) – 2 heures d'entretien environ par pêcheur – montrent : i) pas d'évolution de la biomasse totale, mais forte variabilité des perceptions entre pêcheurs; ii) augmentation du rendement par sortie en poids pour les *Lethrinidae* pour les lignes, validée par des données de comptages en plongée réalisés en 2004-2005; iii) diminution des *Parupeneus* pêchés au filet*; iv)* augmentation de la taille moyenne pour toutes les espèces depuis 2002. Perception plus homogène pour la taille, sans dégradation de l'information avec le temps. Les tests de tendance ont été faits avec un niveau de risque de 10 % (erreur α = 0,1) jugé suffisant compte tenu des incertitudes des enquêtes de perception et de l'importance de détecter un effet pour stimuler les pêcheurs.

Le nombre d'indicateurs d'impact potentiel de la pêche recommandés par cette méthode et dans cette étude s'élève à 9 : (1) Biomasse moyenne par unité d'effort; (2) Biomasse moyenne des poissons pêchés par engin par unité d'effort, (3) Biomasse moyenne des poissons pêchés par espèce, engin et unité d'effort, (4) nombre moyen des poissons pêchés par unité d'effort, (5) nombre moyen des poissons pêchés par engin par unité d'effort, (6) nombre moyen des poissons pêchés par espèce, engin et unité d'effort, (7) taille moyenne des poissons pêchés, (8) taille moyenne des poissons pêchés par engin, (9) taille moyenne des poissons pêchés par espèce, engin.

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées (*Navakavu*)

INDICATEUR	VALEUR (écart-type)	RENSEIGNE SUR
Prise par unité d'effort (poids) moyenne des *Lethrinidae harak, L. obsoletus, L. lentjan* pêchés à la ligne entre 2002 et 2006 (kg/sortie)	4,2 à 6,9 (↗ 63 %)	L'impact de l'activité de pêche
Prise (nombre) par unité d'effort moyenne des *Parupeneus sp.* pêchés entre 2002 et 2006 (nombre/sortie)	7,7 à 5,4 (↘ 29 %)	L'impact de l'activité de pêche
Taille moyenne des *Lethrinidae atkinsoni* pêchés entre 2002 et 2006 (cm)	20,8 à 22,8 (↗ 10 %)	L'impact de l'activité de pêche

Sources et contacts :

Hubert A. (2007). Utilisation de la perception des pêcheurs dans la gestion participative des ressources : Etude de cas à Navakavu (Fidji). Rapport de master. IRD Unité CoReUs/Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes, 51 p.

Marc Léopold : marc.leopold@ird.fr

Méthode 4 : Observations en vidéo sous-marine

Objectif de la méthode :

Evaluer l'état et l'évolution de la biodiversité sous-marine visible (macrofaune et habitat) sans plongeur, à partir de la surface en bateau

Type de méthode d'observation :
Comptages *in situ* par système vidéo sous-marine

Qui observe :
In situ : Scientifique ; Gestionnaire
Laboratoire : Scientifique

Qui est observé = Sur qui / quoi porte l'observation :
Macrofaune et habitat

Unité d'échantillonnage :
Station – point fixe

Variables observées :
- Nombre d'espèces de la macrofaune
- Abondance par espèce ou groupe d'espèces
- Recouvrement biotique ou abiotique

Catégorie d'indicateurs :
Halieutique (ressources) et Biodiversité

Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Biodiversité (Fiche I3)

Déploiement des stations

Matériel utilisé (ordinateur, livre, disque dur externe) pour l'identification des espèces et le comptage des individus sur les vidéos

Exemple de variables observées

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1						Secteur						0-5m			>5-10m				
2	Nom du point	Famille	Genre	Espece	Rotation	s1	s2	s3	s4	s5	s6	Pinf5	Minf5	Ginf5	Psup5	Msup5	Gsup5	Distance estimée	Commentaires
3	173	Lethrinidae	Lethrinus	nebulosus	1			x									2	6	2 poissons (lethrinidae à 03:58)
4	173	Lethrinidae	Lethrinus	nebulosus	2					x							3	6	2 poissons (lethrinidae à 07:48)
5	175	Scaridae	Chlorurus	sordidus	0					n		0	0	0	0	0	0		Pas d'observation. Le secteur 5 de rotation 3 a sauté.
6	176	Lethrinidae	Lethrinus	nebulosus	1					x			1			1		5	3 Poissons (03:49 ; se rapproche vers 04:10)
7	176	Lethrinidae	NA	sp	2	n		x											1 poisson (05:18)
8	181	Scombridae	Scomberomorus	commerson	1					x				5					(03:30 ; 5 poissons en pleine eau (Thazards ?))
9	184	Dasyatidae	Himantura	sp	1	x	x				n			2					2 énormes raies plus quelques poissons (dont 1 lethri au fond) à 01:00
10	184	Mullidae	Parupeneus	heptacanthus	1	x					n		30	10					
11	184	Serranidae	Epinephelus	cyanopodus	1	x					n			1					Loche bleue
12	184	Scaridae	NA	sp	1					x	n					1		7	1 poisson (03:04)
13	184	Mullidae	Parupeneus	heptacanthus	2	x					n		15	20					Plusieurs petits poissons (03: 46) + 1 loche
14	184	Serranidae	Epinephelus	cyanopodus	2	x					n			1					
15	184	Mullidae	Parupeneus	heptacanthus	3	x					n		15	10					Plusieurs petits poissons (06: 10)
16	184	Serranidae	Epinephelus	cyanopodus	3	x					n			1					
17	184	Lethrinidae	Lethrinus	nebulosus	3			x			n						1	7	1 Lethri (07:04)
18	184	Carcharhinidae	Negaprion	acutidens	3						x			1					Requin citron plus remora (08:33) (2m)
19	99	Scaridae	Scarus	altipinnis	1	x											2	7	
20	99	Serranidae	Cromileptes	altivelis	1	x								1					
21	99	Siganidae	Siganus	argenteus	1	x								8					
22	99	Lethrinidae	Lethrinus	atkinsoni	1		x							1					
23	99	Labridae	Coris	aygula	1	x	e							1					après fil avec bande bleue
24	99	Mullidae	Parupeneus	barberinus	1		x							1					
25	99	Acanthuridae	Naso	brevirostris	1	x								1					
26	99	Mullidae	Parupeneus	cyclostomus	1	x							1						
27	99	Siganidae	Siganus	doliatus	1		x							2					
28	99	Labridae	Choerodon	graphicus	1	x	x	x					1	3					
29	99	Priacanthidae	Priacanthus	hamrur	1	x											1	8	
30	99	Scaridae	Scarus	microrhinos	1	x								1					
31	99	Acanthuridae	Acanthurus	nigricauda	1	x	x							2					
32	99	Lethrinidae	Lethrinus	obsoletus	1				x				2						
33	99	Siganidae	Siganus	punctatus	1						x			2					
34	99	Scaridae	Scarus	rivulatus	1	x											1	8	
35	99	Acanthuridae	Naso	tonganus	1	x					x		9						
36	99	Acanthuridae	Naso	unicornis	1					x	x			2					
37	99	Acanthuridae	Acanthurus	xanthopterus	1	x								3					
38	99	Siganidae	Siganus	argenteus	2	x								18					
39	99	Acanthuridae	Naso	brevirostris	2	x								4					
40	99	Siganidae	Siganus	doliatus	2		x	x						4					
41	99	Serranidae	Epinephelus	fasciatus	2			x						1					
42	99	Labridae	Choerodon	graphicus	2						x			1					

Méthode : Les indicateurs sont obtenus à partir de l'analyse des images fournies par les systèmes vidéo sur un réseau de stations disposé en fonction des objectifs de l'étude. On dépose par exemple sur le fond une station vidéo rotative qui tourne pas à pas de 60° environ toutes les 30 secondes. La station est laissée en place entre 12 et 15 mn, comptées lorsque le bateau est suffisamment éloigné.

Application : Lagons sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie, de 2007 à 2010, par système de vidéo rotative autonome

Précautions :

- Suivre le guide méthodologique pour la réalisation du terrain
- S'assurer de la bonne visibilité de la station par le système vidéo (turbidité de l'eau, obstacle devant la caméra)
- La profondeur minimale de déploiement de la station rotative est de 1,4 m actuellement (il est cependant possible de modifier la structure de l'armature pour pouvoir aller jusqu'à 0,5 m de profondeur)
- La profondeur maximale pour le déploiement de la station rotative dépend du matériel utilisé (notamment du caisson d'étanchéité)

Faisabilité :

- Technique d'observation facile à mettre en œuvre sur le terrain (pas de connaissance des poissons requise, ni d'aptitude à la plongée sous-marine) et produisant une grande masse d'information
- Profondeurs de 1 à 25 m (requiert de poser le système horizontalement)
- 15 mn par station sur le terrain, soit au moins 20 stations réalisables par jour avec un système de vidéo
- Analyse des images nécessite une formation à l'identification en fonction du niveau de précision de l'analyse
- Temps d'analyse d'une station de 15 minutes : 10 minutes pour l'habitat, de 10 minutes à 1 heure pour la macrofaune
- Possibilité de déployer plusieurs stations vidéo de manière simultanée (2 stations pour l'exemple présenté)

Résultats :

- Possibilité d'établir des cartes par indicateur grâce au grand nombre d'observations réalisables
- Du fait de l'absence de plongeur, les espèces-cibles de la pêche sont observées plus souvent et en plus grandes quantités, ainsi que des espèces remarquables.

10 indicateurs d'impact potentiel de la pêche peuvent être obtenus par cette méthode

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées

Les valeurs suivantes ont été obtenues à partir de 564 observations dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie

INDICATEUR	VALEUR (écart-type)	RENSEIGNE SUR
Richesse spécifique totale Richesse spécifique des espèces ciblées par la pêche	225 (sur 841 espèces référencées) 72 (sur 98 espèces référencées)	La diversité des ressources
Densité des espèces-cibles de la pêche (ind/100 m^2) Densité de Lethrinus (ind/100 m^2) Densité de Naso (ind/100 m^2) Densité de *Plectropomus leopardus* (ind/100 m^2) Densité de Scarus (ind/100 m^2)	0.096 (0.0953) 0.00675 (0.0277) 0.0020 (0.0099) 0.000756 (0.01372) 0.0061 (0.0360)	Le niveau d'abondance des ressources
Fréquence d'observation d'espèces emblématiques: -tortues -raies	1.0 % Hors Réserve (HR) et 1.2 % Réserve (RE) 0.4 % (HR) et 1.3 % (RE)	Les espèces patrimoniales ou emblématiques

Sources et contacts :

Guilpart N., Pelletier D., Leleu K., Mallet D. and G. Hervé (2009). Suivre et observer la biodiversité et les ressources marines avec la vidéo sous-marine haute-définition. Guide méthodologique pour la mise en oeuvre et l'analyse des stations vidéos rotatives, 65 p.

Dominique Pelletier : Dominique.Pelletier@ifremer.fr

Méthode 5 : Description photographique de l'habitat depuis la surface

Objectif de la méthode : Décrire le substrat à partir de photographies prises en surface afin d'établir une cartographie des habitats et d'obtenir des variables quantitatives représentatives permettant l'interprétation des données de comptage des espèces récifales associées.

Type de méthode d'observation :
Comptages *in situ* à partir de photographies sous-marines

Qui observe :
Tout opérateur capable d'effectuer des photographies en Palme-Masque-Tuba depuis la surface

Sur qui / quoi porte l'observation :
L'habitat à partir du substrat décrit par les organismes et structures sédimentaires présentes

Unité d'échantillonnage :
Transect (de 20 à 200 m^2)

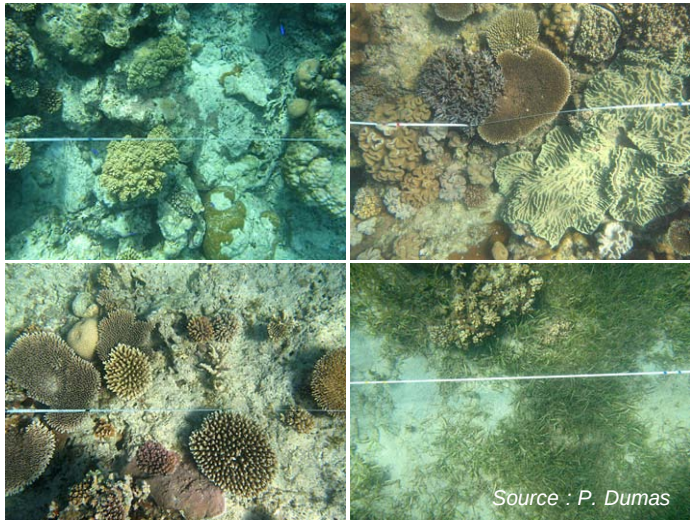
Variables observées :
Pourcentages d'occurrence des principaux types de coraux (formes de croissance), de substrats durs, de substrats meubles et de végétaux

Catégorie d'indicateurs :
Biodiversité (habitat)

Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Pourcentage en corail vivant (Fiche I1)

Photographie d'un observateur en surface (gauche), matériels utilisés pour la méthode d'observation et photographies de l'habitat (droite)

Exemple de variables observées



Méthode : La méthode a été développée afin d'être utilisée conjointement à l'échantillonnage des invertébrés récifaux par comptage visuel en plongée (UVC) le long de transects. La description des habitats est effectuée après la mise en place d'un décamètre matérialisant le transect. Sur le terrain, l'opérateur en Palme-Masque-Tuba (PMT) se déplace en surface le long du décamètre en effectuant une série de photographies du substrat. Les clichés successifs, pris perpendiculairement au fond, permettent de couvrir la totalité ou une fraction de la surface du couloir défini par le transect, à l'aide d'un appareil photo numérique placé dans un caisson étanche (résolution conseillée ≥ 8 Megapixel). En laboratoire, les images sont importées dans le logiciel Coral Point Count (CPCe). La superficie du substrat photographié est calculée à partir des repères fournis par le décamètre sur les images grâce à des procédures de calibration du logiciel. Cette valeur permet de déduire le nombre de points à superposer sur les images, en se basant sur un ratio de 9 points par m^2. L'opérateur identifie alors visuellement le substrat de chaque point et lui attribue la classe correspondante. Le logiciel calcule automatiquement les pourcentages de recouvrement de chaque classe de substrat par transect. Ces pourcentages permettent de décrire l'habitat photographié. Les résultats sont fournis sous forme de tableaux exportés au format Excel.

Application : Ile d'Emau (Vanuatu) en 2008 dans le cadre de suivis participatifs des ressources récifales en invertébrés

Précautions :

- Prendre en compte la profondeur de la zone d'étude : en général, la méthode fournit des images utilisables dans une gamme de profondeur de 1 à 5 m environ. Cette valeur est fortement dépendante des conditions environnementales (en particulier de la turbidité de l'eau) et du matériel photographique employé. En cas de nécessité, la méthode est aisément adaptable par l'emploi de matériel photographique spécifique ou par le recours à un plongeur équipé de bouteilles.
- Former au préalable les observateurs à la reconnaissance des classes de substrat pour l'analyse des photographies sous CPCe.

Faisabilité :

- Méthode rapide, peu coûteuse, avec un ratio [couverture spatiale / temps passé sur le terrain] particulièrement favorable (ex. temps moyen pour un transect de 20 m^2 : 5 minutes pour la prise de clichés sur le terrain + 15 minutes de traitement informatique).
- Méthode adaptable à différents objectifs (ex. gestion, étude scientifique) à travers le choix des classes d'habitat retenues par l'opérateur.
- Fournit des résultats quantitatifs (% de recouvrements) avec une précision statistique élevée.
- Nécessite d'avoir un appareil photo numérique submersible

Résultats : En 2008, la méthode a été employée sur un récif frangeant de 3.7 km en face des villages de Marow et Mangarongo, incluant 2 zones « Tabu » fermées à la pêche. 57 transects de 200 m^2 ont permis d'obtenir une cartographie des habitats sur la zone, d'étudier l'influence des zones « Tabu » sur l'habitat et de fournir une base photographique des fonds récifaux de la zone à titre d'archive. Dans le cas du Vanuatu, une classification simplifiée à **18 indicateurs de l'habitat** peut être obtenue avec cette méthode qui est basée sur l'emploi d'écomorphes coralliens classiques (corail massif, tabulaire, encroûtant etc.) et de types courants de formations sédimentaires / macrophytes. Ces 18 indicateurs de l'habitat peuvent être regroupés en 4 catégories présentées dans le tableau ci-dessous.

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées (*Ile d'Emau*)

INDICATEUR	VALEUR			RENSEIGNE SUR
	T20	T21	T22	
Corail vivant (%)	**42.1**	**31.6**	**50.8**	L'habitat des ressources récifales
Sédiment fin (%)	**1.0**	**4.2**	**0.8**	
Substrat dur (%)	**56.9**	**64.2**	**48.3**	
Macrophytes (%)	**0**	**0**	**0**	

Exemple de calcul de pourcentage de recouvrement pour la classe *i*

$$SR_i = \frac{n_i}{N} x100$$

n_i → Nombre de points d'occurrence de la classe *i* pour le transect

N → Nombre de points totaux du transect

Sources et contacts :

Dumas P., Jimenez H. and M. Léopold (2009). Training in community-based monitoring techniques in Emau Island, North Efate, Vanuatu. IRD report, 40 pp.

Pascal Dumas : pascal-paul.dumas@ird.fr

Méthode 6 : Comptage en surface d'espèces cibles

Objectif de la méthode : Estimer la densité et la biomasse de certaines espèces de poissons ou d'invertébrés (espèces indicatrices : cibles, d'intérêt commercial, emblématiques) à partir de comptages en surface, sans apnée et sans bouteille de plongée

Type de méthode d'observation :
Comptages sous-marins

Qui observe :
Personnes expérimentées (scientifiques, gestionnaires, populations locales)

Sur qui / quoi porte l'observation :
Populations

Unité d'échantillonnage :
Transect ou point fixe

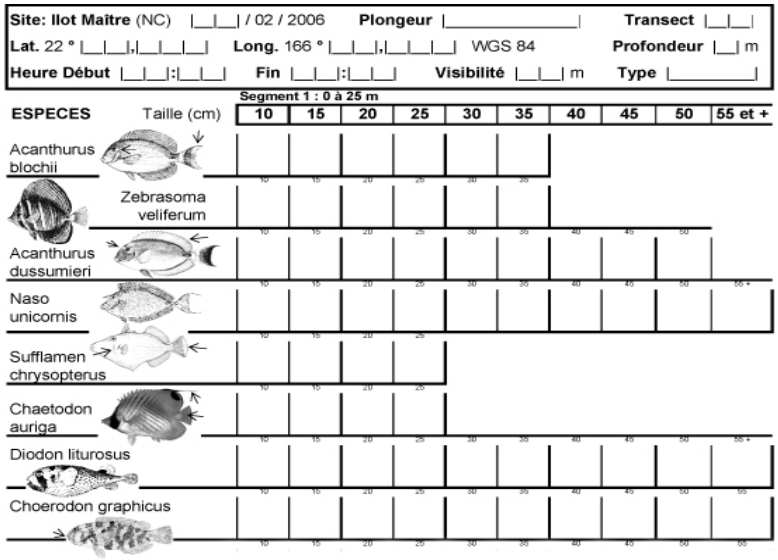
Variables observées :
Nombre et taille (classes)

Catégorie d'indicateurs :
Halieutique (communautés exploitées) et Biodiversité (espèces emblématiques, coralliennes strictes, etc.)

Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Pourcentage en corail vivant (Fiche I1)
- Espèces indicatrices (Fiche I2)
- Densité d'une ressource exploitée (Fiche I5)

Observateurs sur le bateau après un comptage en surface

Exemple de variables observées



Méthode : Les poissons sont comptés le long d'un couloir de largeur fixe (2 x 4 m) et de 25 m de long, délimité sur le fond le jour précédent pour éviter de perturber leur comportement. La longueur du transect est adaptée à l'abondance de poissons évaluée au préalable (la zone peut être en réserve ou exploitée). Les poissons sont comptés à l'unité si les bancs sont composés de 20 individus maximum, puis de 5 en 5 jusqu'à 50, puis de 10 en 10. La taille est estimée par classes de 5 cm , de 10 à 70 cm, + ou - 2 cm bornes comprises ([8 -12] à [68-72 cm]). Le compteur en surface progresse lentement, à la vitesse de 7 et 8 minutes par transect. Il peut réaliser un grand nombre de transects par jour et couvrir ainsi une zone importante.

Application : Îlot Maître (Nouvelle-Calédonie) en janvier 2006

Précautions :

- Prendre en compte les conditions de visibilité : elle doit excéder la distance entre le bord du couloir et l'observateur et est plus contraignante quand la profondeur de la station augmente.
- Prendre en compte la difficulté d'identifier depuis la surface des espèces voisines (par ex. *Acanthurus blochii*, *A.nigricauda*, *A.nigricans*), de petite taille et/ou camouflée sur le substrat (ex. *Epiphelus merra*, *Scolopsis bilineatus*)
- Prendre en compte le caractère expérimental de la méthode (méthode non validée à plus de 8 m de profondeur)
- Former préalablement les observateurs à l'identification des espèces et à l'estimation de la taille (calibration)
- Remplir les fiches peut être difficile en fonction des conditions de houle et de courant : préférer des fiches de terrain pré-remplies (espèces, tailles, etc.) pour limiter l'écriture pendant les comptages.

Faisabilité :

- Méthode simple à mettre en œuvre, accessibles aux populations locales, et nécessitant peu de matériel.
- Permet de parcourir une grande distance par jour, et donc de réaliser un nombre élevé de stations (parcours libre ou stations fixes).
- Méthode transposable pour des comptages en point fixe.

Résultats : Par cette méthode, trois plongeurs ont parcouru 262 transects de 25 m, soit 200 m² en 4 jours de terrain lors d'une campagne expérimentale en 2006. Le premier jour de terrain a été utilisé pour calibrer les données entre plongeurs. Certaines espèces ont dû être regroupées suite à des confusions d'identification. Comparées aux données collectées en plongée au même moment, les observations en surface donnent des résultats satisfaisants qui permettent d'utiliser cette méthode pour évaluer les ressources en poissons.

Le nombre d'indicateurs de l'état des populations cibles recommandés par cette méthode et dans cette étude s'élève à 4 : (1) Densité globale des espèces cibles; (2) Biomasse globale des espèces cibles; (3) Nombre d'espèces cibles; (4) Taille moyenne de chaque espèce cible.

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées (*îlot Maître*)

INDICATEUR	VALEUR Moyenne (écart type)	RENSEIGNE SUR
Densité globale (nb/m²)	0,10 (0.07)	L'abondance des ressources
Biomasse globale (kg/m²)	30,4 (24,8)	L'abondance des ressources
Taille moyenne (cm) *Plectropomus leopardus* *Scarus ghobban* *Lethrinus atkinsoni* *Naso unicornis*	 33,0 25,6 29,0 38,1	L'impact de pêche

Sources et contacts :

Léopold M. and P. Chabanet (in prep). Comparative analysis of visual censuses of coral-reef fish using scuba and snorkelling techniques
Marc Léopold : marc.leopold@ird.fr
Pascale Chabanet : pascale.chabanet@ird.fr

Méthode 7 : Suivi de cahiers de pêche

Objectif de la méthode : Suivre l'évolution des captures et des efforts des pêcheries récifales au moyen de cahiers remplis en routine par les pêcheurs ou les mareyeurs au retour de leur sortie de pêche.

Type de méthode d'observation :
Cahier auto-rempli en routine par les usagers

Qui observe :
Usagers (pêcheurs, mareyeurs)

Sur qui / quoi porte l'observation :
Activités de pêche

Unité d'échantillonnage :
Sortie de pêche ou pêcheur

Variables observées :
Engin, durée, site, espèce, captures et taille des poissons

Catégorie d'indicateurs :
Halieutique
(pression et impact de pêche)

Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Capture par unité d'effort (CPUE) (Fiche I4)

Pêcheurs revenant d'une sortie en mer(à gauche) et mareyeuses remplissant leur cahier de pêche (à droite)

Exemples de variables observées

NOM :
Date de la sortie de pêche (jj/mm/2006) : ……/...……/2006
Heure de départ à la pêche : ……..h…….
Heure de retour de la pêche : …….h…….
Quelle a été la principale technique de pêche utilisée : …….....
A quel endroit de Tikehau as tu pêché ? : *(mettre un croix sous la lettre qui correspond à la principale zone où tu es aller pêcher, voir carte de Tikehau)*

A	B	C	D	E

Où as tu pêché ? : *(mettre une croix dans la case qui correspond à la principale zone où tu es allé pêcher, voir dessin du lagon)*

Patates	Lagon	Bord du lagon	Bord du récif	Récif	Pente	Tombant	Passe

Qu'as-tu capturé ?

Nom des espèces capturées	**Nombre de poissons**	***Ou* nombre de tuis**	**Taille moyenne** *écris le chiffre (voir photo du bras) correspondant à la taille de la majorité des captures de chaque espèce*

Méthode : Des cahiers de pêche sont distribués aux pêcheurs ou personnes associées (ex : femmes de pêcheurs, mareyeurs) volontaires ou rémunérés, dans le but de décrire le résultat des sorties de pêche. Ces personnes sont suivies pendant 1 an avec une relance régulière (tous les mois ou trimestres) et une restitution intermédiaire de résultats auprès d'un scientifique en charge du traitement de l'information.

Application : Suivis participatifs de la pêche lagonaire de Tikehau et Moorea et suivi de la pêche commerciale de Tikehau, 2006 et 2007 (Polynésie française)

Précautions :

- Maintenir la motivation des collecteurs de données
- Avoir un nombre minimum de pêcheurs par engin de pêche et par jour de pêche
- Sélectionner les données à collecter (peu mais bien) et s'assurer de leur validité
- Éventuellement organiser des séances publiques de présentation du travail des collecteurs.

Faisabilité :

- Réplicable avec des coûts moindres
- Méthode recommandée par la FAO, bien adaptée pour des sites de pêche dispersés
- Pérennité de la méthode fonction du degré de motivation des collecteurs
- Formation des collecteurs minimes car directement concernés par la pêche

Résultats : Le nombre de pêcheurs de Moorea participant au suivi participatif des captures de pêche a été de 9 au début de l'expérience (0,2 % des pêcheurs) et le taux de retour des réponses a été de 9 %. À Tikehau, le nombre de participants volontaires a été de 10 pêcheurs au début de l'expérience (11 % des pêcheurs) avec un taux de retour des fiches de 8 % (plus aucun retour au bout de 6 mois). Pour ces 2 suivis, la trop faible implication des pêcheurs volontaires ne permet pas de tirer d'informations fiables et pertinentes concernant l'activité de pêche lagonaire à Tikehau et à Moorea.

Le suivi des pêcheurs professionnels de Tikehau (parc à poissons) a permis une couverture de 60 % des pêcheurs et de 80 % des captures mais avec un contrôle assidu et mensuel par un technicien sur le terrain. Les données de captures collectées en 2006 ont été validées par croisement avec des données de statistiques de vente et comparées avec des données historiques afin de produire des indicateurs de tendance sur la productivité de la pêche et le niveau d'exploitation. **Le nombre d'indicateurs recommandés par cette méthode et dans l'étude auprès des pêcheurs au parc à poisson s'élève à 3 :** (1) CPUE (kg/m2 d'ouverture de parc), (2) % captures en dessous de la taille maturité (TM50), (3) Tailles moyennes des captures

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées

Les valeurs suivantes ont été obtenues suite aux suivis de cahiers de pêche en Polynésie française :

INDICATEUR		VALEUR	RENSEIGNE SUR
Pourcentage de capture en dessous de la taille de maturité (% Tm50)	*Lethrinus olivaceus*	40	Impact de la pêche
	Lutjanus fulvus	94	
	Lutjanus gibbus	99	
Taille moyenne des captures (cm)	*Lethrinus olivaceus*	39	Impact de la pêche
	Lutjanus fulvus	20	
	Lutjanus gibbus	24	

Sources et contacts :

Brenier A. (2009) Pertinence des approches participatives pour le suivi écosystémique des pêcheries récifales, Thèse de Doctorat, Université Paris VI, 222 p.

Pascal N. (2008). A bioeconomic approach for MPA benefit and cost analysis. Annexe 11 *in* Réunion annuelle générale de la composante 2A, 05-08 février 2008, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Rapport d'atelier, J. Ferraris, 29 p + annexes.

Nicolas Pascal : nppacific@gmail.com
Ambroise Brenier : ambroise.brenier@gmail.com

Méthode 8 : Capteur environnemental

Objectif de la méthode : Description de l'environnement des récifs coralliens par un suivi de l'évolution de paramètres physico-chimique. Des informations sur les perturbations naturelles et/ou anthropiques sont fournies par le capteur environnemental (thermomètre, corail).

Type de méthode d'observation :
Enregistrement d'un paramètre environnemental

Qui observe :
Sur le terrain: volontaires / scientifiques
Laboratoire : scientifiques

Sur qui / quoi porte l'observation :
Environnement
(eau, corail)

Unité d'échantillonnage :
Station d'étude
Carotte de corail

Variables observées :
Température de l'eau
Baryum dans le corail

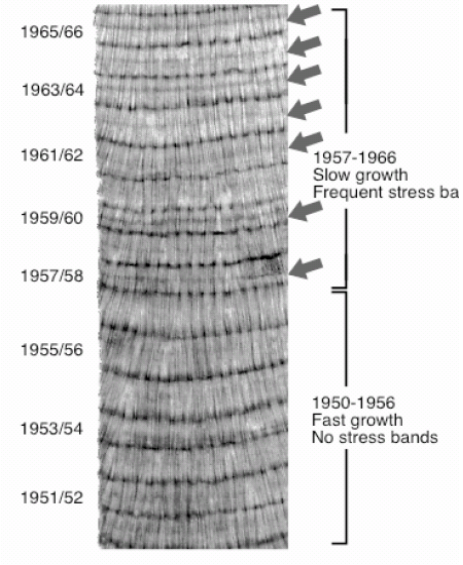
Catégorie d'indicateurs :
Contexte environnemental

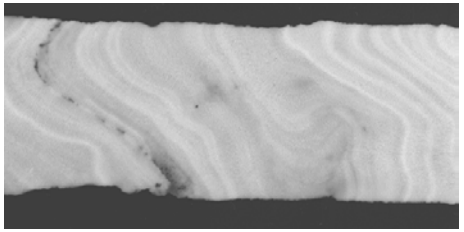
Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Contexte environnemental (Fiche I8)

Carottage de corail (porites)

Capteur (thermomètre) accroché au récif

Exemple de variables observées





Coupe d'une carotte de porites

Méthode :

Des capteurs sont déployés sur différents sites par des volontaires, clubs de plongée (thermomètre) ou par la nature (corail). Le choix des sites doit être représentatif des objectifs de recherche et de l'activité de suivi. Dans le but de prédire l'extension géographique et l'intensité des évènements de blanchissement de coraux ou de perturbations naturelles et anthropiques, telles que la sédimentation, les sites doivent être sélectionnés en fonction de la présence d'une grande biodiversité, de la fréquentation touristique, et/ou de la présence de zones de protection. Le nombre de capteurs déployés augmente avec la diversité de l'habitat. Une fois les mesures enregistrées par le capteur, les informations sont téléchargées dans une base de donnée ou analysées en laboratoire (paramètre chimique). Pour l'analyse du Baryum, se référer à la méthode développée par l'Australian National University et l'Australian Institute to Marine Science.

Application :

Mise en place d'un réseau d'enregistrement de la température de l'eau à Fidji entre 1996 et 2007 et d'un programme de carottage de corail à Suva (Vanua Levu, Fidji)

Précautions :

- Conserver le détail de la localisation des capteurs
- Bien fixer les capteurs à l'aide de cable et de poids.
- Pour les concentrations en Baryum , il existe des gammes de valeurs considérées comme naturelles.

Faisabilité :

- Facilement utilisable en nombre et au niveau spatial (température)
- Expertise technique dans l'analyse en concentration de paramètre chimique

Résultats :

Le programme de suivi des températures développé sur 15 îles de Fidji a pour but de suivre le phénomène de blanchissement des coraux. Les données de suivi pourraient être communiquées à la NOAA, ReefBase et le programme intégré au GCRMN.

L'enregistrement biogéochimique des perturbations historiques du corail vise à étudier l'impact des usages côtiers (sédimentation, apport d'eau douce) à partir de la présence de bandes luminescentes dans les carottes prélevées dans du porites (indice d'apport d 'eau douce) et de baryum (proxy de sédiment).

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées

Les valeurs suivantes ont été obtenues suite aux enregistrement de la température de l'eau autour des îles de Viti Levu et Vanua Levu (Fidji)

Moyenne de température (°C)		Jour / Nuit			
Année	Mois	Jour	Nuit	Moyenne Jour/Nuit	Écart-type
2006	Nov.	27,3	26,9	27,1	0,5
	Déc.	27,0	26,9	27,0	0,4
2007	Jan.	27,8	27,7	27,7	0,4
	Fév.	28,5	28,5	28,5	0,6
	Mar.	28,7	28,6	28,6	0,3
	Avril	28,6	28,6	28,6	0,3
	Mai	27,6	27,6	27,6	0,5
	Juin	26,8	26,7	26,8	0,2
	Juil.	26,7	26,7	26,7	0,3
	Août	26,1	26,1	26,1	0,2
	Sept.	26,4	26,3	26,4	0,5
	Oct.	27,0	27,0	27,0	0,4
	Nov.	27,2	27,0	27,1	0,6

Sources et contacts :

Lovell E.R., Sykes H., Bonito V., Kahn Z., and N. Quinn (2008). In-situ monitoring of sea temperatures in Fiji – An archipelago-wide monitoring programme, 11th International Coral Reef Symposium, Fort Lauderdale, 07–11 Jul. 2008, Poster.

Edward Lovell : lovell_e@usp.ac.fj

Méthode 9 : Réseau de surveillance des récifs coralliens

Objectif de la méthode : Evaluation de l'état de santé des récifs coralliens.

Type de méthode d'observation :
Comptage visuel in situ

Qui observe :
Scientifique
Volontaires expérimentés

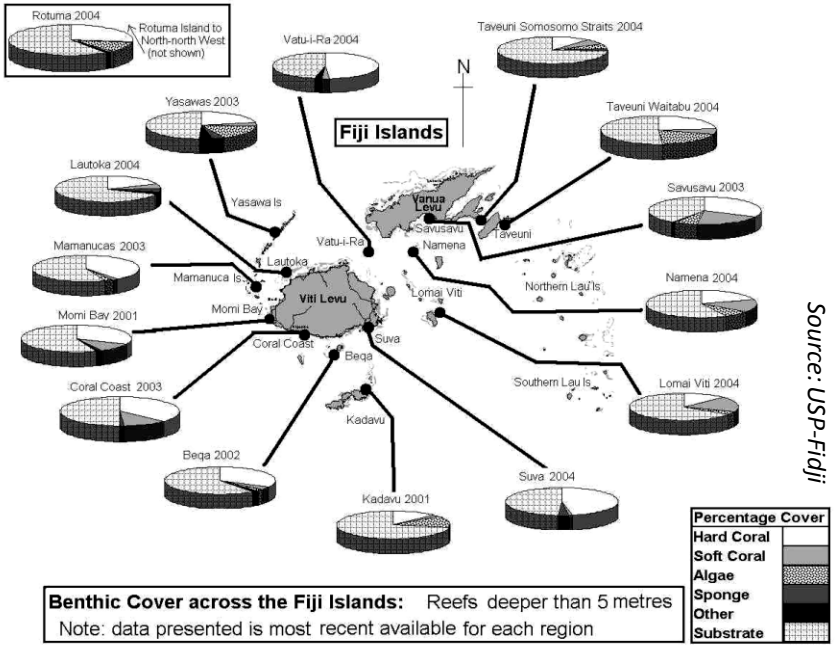
Sur qui / quoi porte l'observation :
Populations (espèces indicatrices) et habitat

Unité d'échantillonnage :
Transect et « Point Intercept Transect »

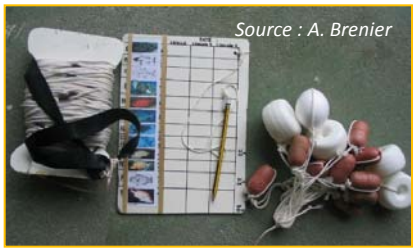
Variables observées :
Nombre de poissons « indicateurs»
Nombre invertébrés « indicateurs »
Pourcentage de corail vivant

Catégorie d'indicateurs :
Biodiversité
(Habitat et Population)

Exemple de variables observées



Source: USP-Fidji



Exemple de matériel nécessaire à la réalisation de la méthode

Plongeur délimitant le transect

Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Pourcentage en corail vivant (Fiche I1)

Méthode :

La technique Point Intercept Transect (PIT) est utilisée pour observer la santé du corail et la couverture en substrat, avec 40 points qui sont observés pour chacun des 4 transects de 20 mètres de long à chaque site.
La technique Belt Transect (BT) est utilisée pour observer le nombre d'invertébrés et de poissons indicateurs. De la même manière 4 transects de 20 mètres à chaque site ont été réalisés, avec une largeur et une hauteur des transects de 5 mètres.
Le choix de la localisation des stations d'échantillonnage (PIT, BT) doit être représentatif du site étudié. De manière à faciliter la récolte de données au cours du temps, le choix du site peut se faire en fonction de l'accessibilité et de la fréquentation du site.

Application : suivi du réseau GCRMN à Fidji entre 2002 et 2006

Précautions :

• Avoir un nombre d'échantillons suffisant pour estimer de manière fiable la population de poissons
• Avoir une zone d'échantillonnage suffisamment grande
• Prendre en compte la profondeur où est effectuée l'observation pour la description de l'habitat

Faisabilité :

• Pour le substrat, la méthode est rapide et fiable
• Le choix des espèces clé d'invertébrés et de poissons a une importance capitale dans les résultats obtenus et donc sur l'interprétation des résultats

Résultats : Il y a eu un déclin de la couverture en corail dur avec un minimum en 2001/2002, après l'important blanchissement des coraux en 2000. Les années suivantes, la couverture en corail est en constante augmentation et atteint son maximum en 2005 (43 %) ce qui semble être un pourcentage normal pour la région. Parallèlement, bien qu'elle soit en général relativement faible, la couverture en algues atteint son maximum l'année où la couverture en corail dur est la plus faible (2002). Le même type de résultat est obtenu à des profondeurs inférieures à 6 mètre mais de manière moins marquée.

Le nombre d'espèces de poissons clé paraît être constant au fil des années et ne pas dépendre de la couverture en corail dur et ce, malgré l'absence de données avant 2002. L'augmentation en 2006 est essentiellement due à l'inclusion de nouveaux sites comprenant des nurseries, augmentant ainsi la moyenne annuelle. Le nombre de familles d'espèces principalement consommées (*Serranidae*, *Haemulidae*…) est faible. Ceci reflète probablement une pression importante de la pêche de subsistance et de la petite pêche commerciale. En général les macro-invertébrés ne sont pas observés en nombre suffisant pour fournir un indicateur fiable au niveau régional. Néanmoins ils peuvent être de bons indicateurs locaux. Le nombre relativement important des macro-invertébrés en 2002 est du à la présence d'espèces observées sur un site uniquement.

Le nombre d'indicateurs recommandés par cette méthode et dans l'étude auprès des pêcheurs au parc à poisson s'élève à 4 : (1) Couverture moyenne de corail, (2) Couverture moyenne de macro-algues, (3) l'abondance moyenne de poisson clé et (4) l'abondance moyenne d'invertébrés clé

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées (*Réseau GCRMN à Fidji*)

INDICATEUR	VALEUR (écart-type)					RENSEIGNE SUR
	1999	2000	2002	2004	2006	
Moyenne de couverture du corail dur à une profondeur de plus de 6 mètres (%)	40 (20)	38 (6)	21 (16)	31 (18)	40 (11)	L'habitat des ressources récifales
Moyenne de couverture en macro-algues à une profondeur de plus de 6 mètres (%)	2 (3)	0	8 (6)	5 (6)	4 (6)	L'habitat des ressources récifales
Moyenne de l'abondance de poissons clé (ind/100 m^2)			15	13	21	Le niveau d'abondance des ressources
Moyenne de l'abondance de macro-invertébrés clé (ind/100 m^2)			4,2	0,7	1	Le niveau d'abondance des ressources

Sources et contacts :

Helen Sykes (2007). Status of coral reefs in the Fiji Islands 2006, Report, 65 pp.
Helen Sykes :
Helen@MarineEcologyConsulting.com

Méthode 10 : Cartographie des activités de pêche par enquête auprès des pêcheurs

Objectif de la méthode : Estimer la pression et l'impact de la pêche par unité de surface afin de cartographier les activités de pêche lagonaire à partir d'informations quantitatives et spatiales fournies par les pêcheurs

Type de méthode d'observation :
Enquête halieutique par questionnaire fermé

Qui observe :
Scientifique

Sur qui / quoi porte l'observation :
Activités de pêche

Unité d'échantillonnage :
Pêcheur

Variables observées :
- Sites de pêche
- Techniques de pêche
- Fréquence de pêche
- Espèces ciblées

Catégorie d'indicateurs :
Halieutique
(pression et impact de pêche)

Fiche(s) Indicateur en relation avec la méthode :
- Carte de pression / impact de pêche (Fiche I6)

Exemples de variables observées

I. Habitudes de pêche

1. **Quels sont la taille, la puissance et l'âge de votre bateau ?** **Taille : [___] m Puissance : [___] CV**
   Age : ..... ou N° : .....
2. **Votre bateau est-il sur remorque ?** ☐ **OUI** ☐ **NON**
3. **Si OUI, où mettez-vous votre bateau à l'eau ?** .....
4. **Si NON, où laissez-vous votre bateau ?** .....
5. **Dans quelles zones allez-vous pêcher ?** *Donner un stylo au pêcheur pour qu'il marque la zone en ROUGE sur la carte.*
6. **Avec quels engins pêchez-vous dans ces zones ?** *Marquer l'engin pour chaque zone sur la carte.*
7. **Combien de temps passez-vous à pêcher ?** .....

8. ***Remplir le tableau ci-dessous :***
   a) **Quelles espèces pêchez-vous d'habitude et en quelle proportion par engin ?**
   b) **Quelle est la quantité de poisson que vous pêchez à chaque sortie ?**
   c) **Que faîtes-vous du poisson que vous pêchez ?**

	engins	% engins	espèces pêchées par engin	% espèces par engin
1			- - -	- - -
2			- - -	- - -
3			- - -	- - -

Quantité totale / sortie	**kg**
% vendu	**%**
% mangé	**%**
% donné	**%**

Réalisation d'un entretien

Méthode : Les enquêtes, effectuées au domicile des pêcheurs ou sur les rampes de mise à l'eau durent entre 20 et 120 minutes. Les zones de pêche sont localisées à l'aide d'un support cartographique visuel sur les paysages récifo-lagonaires (récifs, îlot, mangrove) : images satellitaires, photographies aériennes et/ou cartes marines. Le nombre total de pêcheurs doit être estimé pour obtenir une pression globale de pêche sur la zone considérée. Les données cartographiques (zones de pêche individuelles et captures correspondantes) sont traitées dans un système d'information géographique (SIG).

Application : Région de Voh-Koné-Pouembout (Province Nord, Nouvelle-Calédonie) en 2006 - 2008

Précautions :

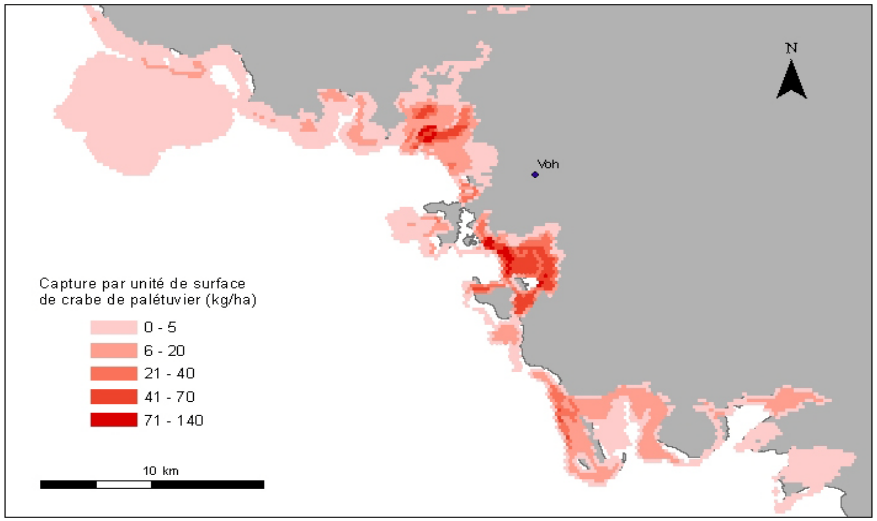
- S'assurer de la représentativité de l'échantillon de pêcheurs : définir des zones géographiques et sélectionner les pêcheurs à enquêter de manière aléatoire.
- Enquêter un nombre conséquent de pêcheurs (ou la totalité si possible) en raison de la forte variabilité des comportements de pêche
- Se renseigner sur les captures et l'effort de l'année précédente par engin et par mois (variabilité saisonnière) dans le questionnaire
- Dessiner les zones de pêche en suivant des repères du paysage (récifs, mangrove, etc.)

Faisabilité :

- Méthode longue à mettre en œuvre sur le terrain
- Questionnaire court mais durée d'enquête dépendante de la disponibilité des personnes à rencontrer
- Quantités (effort, captures) parfois difficiles à estimer par les personnes enquêtées
- L'analyse nécessite une base de données géographiques et des connaissances en SIG
- La résolution des supports cartographiques conditionne la précision spatiale des cartes de pêche

Résultats : La méthode a permis d'estimer et de cartographier les indices synthétiques de captures, d'effort et de rendements par unité de surface, à différents niveaux taxonomiques et échelles géographiques pour 106 pêcheurs de crabes de palétuvier (2006) et 146 pêcheurs de poissons (2008). Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence les zones où la pression de pêche est la plus forte et les territoires de pêche. Les indicateurs définis et la généricité du traitement des données permettent d'envisager cette méthode comme un outil efficace pour le suivi spatio-temporel des pratiques et des règles informelles des pêcheries côtières, dont la connaissance est indispensable pour définir la régulation des accès au lagon. Les enquêtes réalisées dans le lagon nord-ouest de Nouvelle-Calédonie (zone Voh-Koné-Pouembout) ont permis de produire un atlas de cartes de pêche par taxon (espèce, famille…), technique de pêche, localité de résidence, etc.

Exemple d'indicateurs et de valeurs trouvées (*Voh-Koné-Pouembout, Nouvelle-Calédonie*



Source et contact :

Bailleul J. (2006) Apport des Systèmes d'Information Géographique pour une gestion spatialisée des écosystèmes coralliens : cas de la pêcherie au crabe de palétuvier dans la zone de Voh (Nouvelle-Calédonie) Rapport de Master, Université des Sciences et Technologie de Lille, 50 p.

Marc Léopold : marc.leopold@ird.fr
Nicolas Guillemot : Nicolas.guillemot@gmail.com

FICHES INDICATEURS

Indicateur 1 : Pourcentage en corail vivant

Objectif de l'indicateur :

Évaluer la qualité environnementale du milieu corallien et l'évolution et des perturbations potentielles de l'habitat récifal

Catégorie de l'indicateur :
Biodiversité: habitat

Méthode d'observation :
Description photographique de l'habitat (Fiche M5)
Réseau de surveillance des récifs coralliens (Fiche M9)

Sur quoi porte l'indicateur :
Corail

Logiciel d'analyse :
Coral PointCount with excel extension (CPCe)

A qui est destiné l'usage de cet indicateur :
Gestionnaires, scientifiques et population locale

Qualité de l'indicateur :
Quantitatif, spatialisé si l'unité d'observation est géoréférencée (ex. transect)

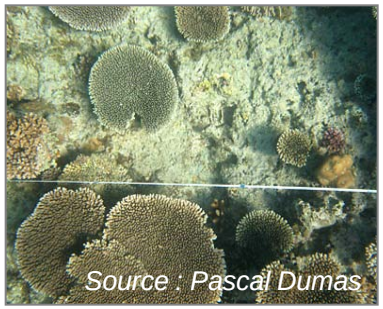
Intérêts de l'indicateur :

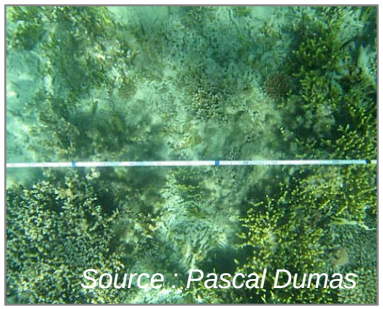
- Indicateur simple et robuste
- Facile à comprendre et d'usage très général
- Abondamment documenté à l'échelle de l'ensemble des récifs du globe.
- Facile à identifier

Inconvénients de l'indicateur :

- Différents processus peuvent causer une décroissance de l'indicateur (naturelles ou anthropiques).
- Présente de fortes fluctuations spatiales dues à l'hétérogénéité structurale naturelle des systèmes récifaux, y compris à petite échelle (ex. entre deux unités d'observations au sein d'un même récif, entre deux récifs, etc.)
- Peut être trop général car il est souvent important de pouvoir identifier différents genres de coraux qui ont des degrés de tolérance au perturbations différents. Par exemple une forte couverture en porites n'est pas forcément le signe d'un écosystème ou d'un récif en bonne santé.

Observateur en PMT en surface





Photographie de l'habitat

Application :

Suivi du réseau Global Reef Monitoring Network à Tarawa (Polynesia Mana)
Suivi participatif des ressources récifales (Vanuatu)

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul de(s) métrique(s) :

Les données enregistrées sur le terrain sont entrées dans un tableau Excel et les pourcentages correspondant au corail vivant sont calculés. Pour la méthode photographique, certains intervenants utilisent le logiciel gratuit Coral Point Count with Excel extensions (CPCe) développé par le National Coral Reef Institute. Il permet d'analyser les photos et de calculer automatiquement les pourcentages en corail vivant. Afin de mettre en évidence une variation significative de l'indicateur, un test statistique (Student, Mann-Whitney) peut être réalisé avec Excel. L'indicateur de pourcentage de recouvrement en corail vivant est obtenu par le calcul :

Pourcentage de recouvrement en corail vivant

$$Co\% = \frac{n_c}{N} \times 100$$

Nombre de points d'occurrence de la classe « corail vivant » pour l'ensemble de l'échantillon (station, transect, …)

Nombre de points totaux décrits pour l'ensemble de l'échantillon

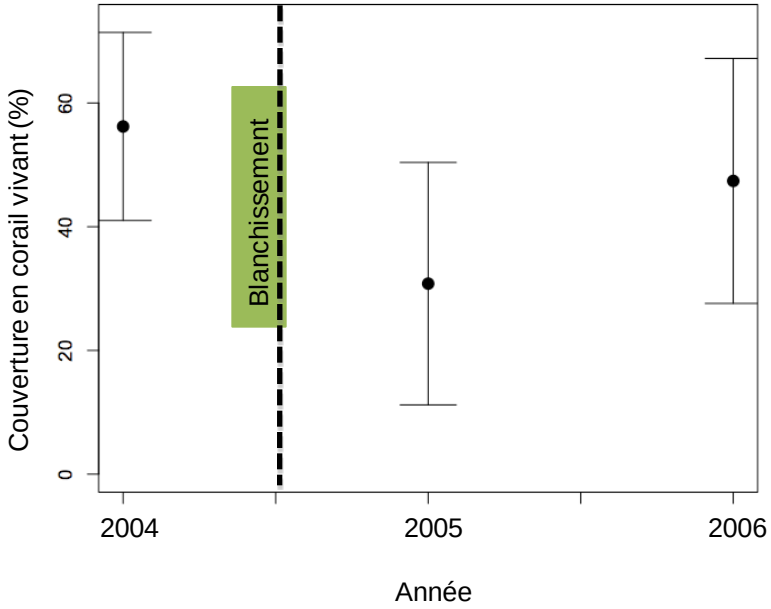
Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

Valeur cible : Augmentation ou Stabilité
Valeur défavorable : Diminution
La diminution du pourcentage de corail vivant peut être une tendance naturelle (ex. liée au changement climatique, à la prédation par *Acanthaster planci*) ou liée aux activités humaines (ex. piétinement, pollution, exploitation du corail, etc.). Elle traduit généralement un déclin de l'état de santé du système corallien.
Attention: indicateur devant être interprété dans un contexte géographique, sujet à d'importantes fluctuations à toutes les échelles spatiales (de l'échelle régionale à l'échelle de l'unité d'observation, ex. transect).

Résultats :

Cas d'Emau, Vanuatu : le pourcentage de corail vivant moyen calculé par transect est de 23.3 %, avec un minimum de 2.8 % et un maximum de maximum 50.1 %. Aucune différence n'est observée entre les zones protégées (zones *Tabu*) et les zones exploitées pour la pêche à pied.

Cas du Nord Tarawa, Kiribati :



Moyenne de la couverture en corail vivant et écart-type au nord Tarawa (Kiribati) en fonction de l'année

Sources et contacts :

Vieux C. (2009). Gestion participative pour les Pays et Territoires français du Pacifique – Atelier de formation, Vairao, Tahiti, Polynésie française , Rapport d'atelier, PROE, 56 p.
Dumas P., Jimenez H. and M. Léopold (2009). Training in community-based monitoring techniques in Emau Island, North Efate, Vanuatu. IRD report, 40 pp.

Caroline Vieux : carolinev@sprep.org
Pascal Dumas : pascal-paul.dumas@ird.fr

Indicateur 2 : Espèce(s) caractéristique(s)

Objectif de l'indicateur :

Evaluation et suivi d'aires marines protégées à partir d'espèces indicatrices caractéristique de la zone, suffisamment abondante(s) pour être vue(s) fréquemment, avec peu de variabilité dans l'espace et le temps, facile(s) à identifier et sensible(s) à la mise en place d'une zone protégée.

Catégorie de l'indicateur :
Biodiversité / population

Méthode d'observation :
Comptage en surface
(Fiche M6)
Comptage visuel en plongée

Sur quoi porte l'indicateur :
Population (espèces indicatrices)

Logiciel d'analyse :
Logiciel de statistiques

A qui est destiné l'usage de cet indicateur :
Gestionnaires impliqués dans le suivi d'aires marines protégées

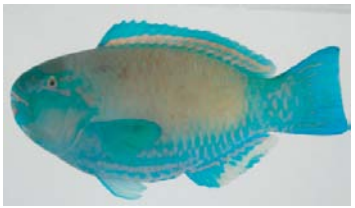
Qualité de l'indicateur :
Quantitatif

Intérêts de l'indicateur :

- Une fois la ou les espèces indicatrices identifiées, permet d'alléger le protocole de suivi
- Indicateur approprié à chaque assemblage spécifique en fonction des critères spatio-temporels
- indicateur basé sur l'analyse statistique des données observées et validé sur la base de connaissance experte

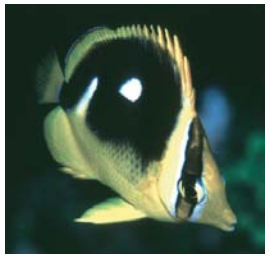
Inconvénients de l'indicateur :

- Nécessite des compétences avancées pour l'analyse statistique
- Nécessite un jeu de données important
- Grande variabilité dans la distribution des espèces



Photographie de Chlorurus sordidus

Photographie de Chaetodion quadrimaculatus



Photographie d'un plongeur réalisant un comptage visuel en plongée

Application :

Suivi du plan de gestion de l'espace maritime de Moorea – 8 AMPs (Polynésie française) de 2004 à 2006

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul de(s) métrique(s) :

À partir de l'abondance des espèces décrites sur différentes stations.

Schéma d'analyses :

- Arbre de régression multivarié (MRT) : Explore la relation entre les espèces présentes dans plus de 1 % des échantillons et les facteurs explicatifs liés à l'échantillonnage (année, mois, saison, site, habitat, statut). La MRT permet l'identification des facteurs explicatifs les plus importants (c'est à dire expliquant le plus de variance). Chaque branche de l'arbre correspond à un assemblage de poissons homogène.
- IndVal : Permet l'identification, pour chaque branche de l'arbre de régression d'un groupe d'espèces caractéristiques des assemblages. La méthode prend en compte l'abondance relative d'une espèce (= Spécificité) et sa fréquence d'occurrence du groupe de stations (= Fidélité).

Index = Spécificité x Fidélité x 100

- Analyse de variance multivariée avec permutation (Permanova) : Analyse la variabilité de données multivariées expliquées en fonction de facteurs explicatifs. L'importance des différents facteurs de la MRT sur les espèces caractéristiques d'une branche de l'arbre est évaluée. Ceci permet par exemple de vérifier que le facteur « Statut » (AMP vs Hors AMP) n'est pas un facteur explicatif dans l'évaluation d'un état initial lors de la mise en place d'un suivi de l'effet AMP (protocole BACIPS).
- Critères d'une espèce indicatrice : Parmi le groupe d'espèces caractéristiques identifiées pour chaque branche, on choisit l'espèce indicatrice en fonction de différents critères : occurrence (%), dominance, abondance moyenne, écart type, facilité d'identification, espèce ciblée par la pêche, taille maximale. Les trois derniers critères sont basés sur une connaissance experte alors que les premiers sont basés sur des statistiques descriptives des stations considérées.

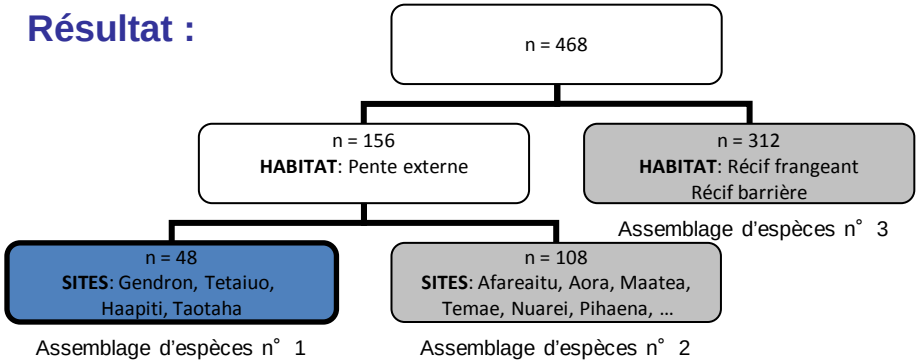
Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

Indicateur = abondance d'une espèce indicatrice (médiane, moyenne, écart type).

Valeur cible : augmentation, stabilité.

Valeur défavorable : diminution.

Résultat :



Exemple d'arbre MRT obtenu avec les données du suivi des Aires Marine Protégées de Moorea. La période d'étude permet de décrire l'état initial des AMPs, avant la mise en place d'une protection effective (PGEM débuté en 2004). Chaque branche de l'arbre représente un assemblage d'espèces de poissons spécifique.

Huit espèces ont été sélectionnées par IndVal comme étant spécifiques de la branche combinant les facteurs «Pente externe x Côte ouest de l'île» (index IndVal entre parenthèses)

***Thalassoma quinquevittalum* (82)**
***Stegastes* fasciolatus (76)**
***Chlorurus sordidus* (65)**
***Chaetodon quadrimaculatus* (50)**
***Melichthys niger* (38)**
***Ladroides* dimidiatus (34)**
***Macropharyngodon* meleagris (32)**

L'espèce *Chlorurus sordidus* est retenue par la méthode d'analyse comme espèce caractéristique des communautés de poissons de la pente externe de la côte ouest de Moorea. Cette espèce, ciblée par la pêche et caractéristique de l'état initial de la zone, peut être suivie en tant qu'espèce indicatrice pour voir l'effet de la mesure de protection au cours du temps. Il est toutefois nécessaire de valider ce résultat par des observations sur le terrain

Minimum: 0
1er quartile: 1,75
Médiane: 12,00
Moyenne: 18,21
3e quartile: 30,25
Maximum: 80
Écart-type: 3,008

Sources et contacts :

Emmanuelli E. *et al.* (2007). Assessing the initial state of fish assemblages to adapt monitoring protocol for managers in a network of marine protected areas. European MPA Symposium, 25–28 Sep. 2007, Murcia (Spain). Poster.

Jocelyne Ferraris : jocelyne.ferraris@ird.fr

Indicateur 3 : Biodiversité (Richesse spécifique / Occurrence)

Objectif de l'indicateur :

Le nombre d'espèces mobiles observées par vidéo sous-marine constitue un indicateur d'abondance de la ressource, et donc de l'état et de l'évolution de la biodiversité des communautés exploitées en milieu corallien.

Catégorie de l'indicateur :
Biodiversité / communauté
Halieutique / ressource

Méthode d'observation :
Comptage en vidéo sous-marine
(Fiche M4)

Sur quoi porte l'indicateur :
Communautés exploitées

Logiciel d'analyse :
Logiciel de statistiques

A qui est destiné l'usage de cet indicateur :
Gestionnaires, scientifiques

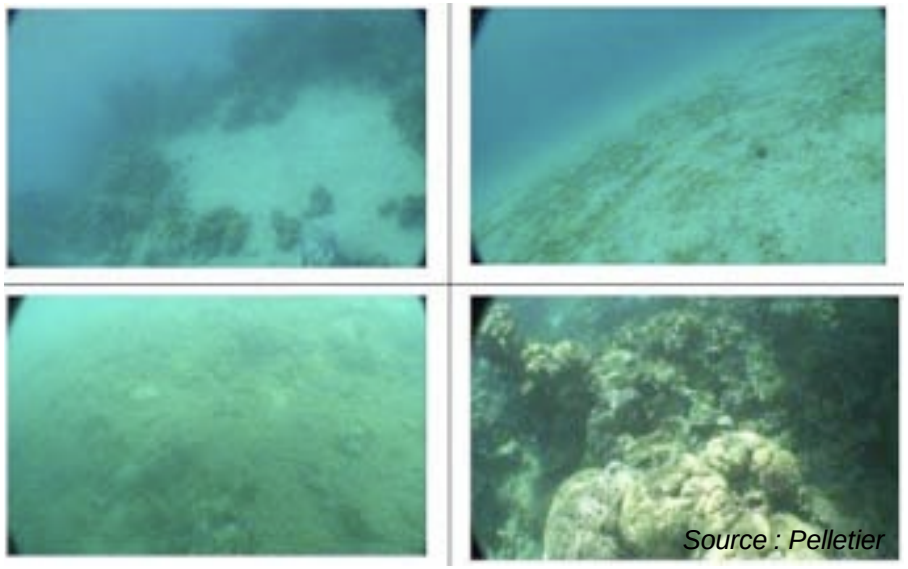
Qualité de l'indicateur :
Quantitatif

Intérêts de l'indicateur :

- Pas de perturbation due au plongeur.
- Pas besoin de plongeur expert en reconnaissance d'espèces
- Métrique calculable en routine avec un logiciel informatique
- Disponibilité de documents de référence et de nomenclatures pour faciliter l'utilisation de la technique.

Inconvénients de l'indicateur :

- Demande du temps nécessaire à l'analyse des images (environ 1h par station pour une analyse au niveau de l'espèce, ce qui revient environ au temps passé sous l'eau pour un comptage en plongée).
- Grande capacité de stockage des informations.
- Gestion des données contraignante



Images prises dans différentes conditions de visibilité et sur différents habitats : a) haut gauche : patates de corail avec nombreux groupes de poissons en mouvement, visibilité moyenne ; b) haut droit : fond sableux colonisé par des algues, visibilité assez bonne ; c) bas gauche : débris de corail avec quelques poissons, visibilité moyenne ; d) bas droite : structure corallienne, pas de poissons, visibilité bonne.

Application :

Communautés de poissons du lagon sud-ouest de la Province Sud de Nouvelle-Calédonie (réserve et hors réserve) du 29 janvier au 1er février 2009.

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul de(s) métrique(s) :

Pour chaque station où les images sont analysées, l'observateur note :

- des informations sur la station : visibilité estimée, nature du substrat
- si la visibilité est inférieure à 5 m, la vidéo n'est pas analysée, sinon, trois rotations sont analysées par station
- le nombre d'individus de chaque espèce de poisson observée jusqu'à une distance de 5 m.

Selon l'objectif d'utilisation de l'indicateur, les poissons sont identifiés soit au niveau de l'espèce, soit au niveau de la famille ou du genre, et ce pour une sélection d'espèces d'intérêt halieutique.

Richesse spécifique totale : Nombre d'espèces rencontrées sur l'ensemble des stations. Elle permet de suivre l'évolution de l'ensemble de la biodiversité de l'ichtyofaune. Restreinte aux espèces-cibles de la pêche, elle permet de suivre l'impact de la pêche sur le cortège spécifique des ressources.

Fréquence d'occurrence par espèce : pourcentage de stations où l'espèce est rencontrée dans un ensemble de stations données. Cet indicateur est particulièrement approprié pour les espèces rares, dont les espèces remarquables et les espèces très surexploitées.

Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

L'évolution de ces indicateurs calculés par zone en fonction de la pression subie et en tenant compte de la variabilité naturelle due à l'habitat permet d'évaluer l'impact de la pression de pêche et inversement de la mise en place de mesures de protection de la ressource (mise en place d'une réserve marine, interdiction d'engins de pêche destructifs, etc.).

Valeur cible : Augmentation ou Stabilité

Valeur défavorable : Diminution

Une diminution de la richesse spécifique peut traduire une diminution de la biodiversité.

Résultat :

Sur un total de 180 espèces, la richesse spécifique par station montre une grande hétérogénéité spatiale. Par station, la richesse spécifique, qui est comprise entre 0 et 36, apparaît logiquement plus élevée autour des îlots coralliens.

La différence de richesse spécifique entre les sites apparaît importante, mais étant donnée la variabilité de la métrique, ces différences ne seraient pas significatives dans des tests statistiques. On remarque cependant que les richesses spécifiques maximales sont observées dans les zones de réserve.

Sensibilité : Bonne.

Précision : Les valeurs indiquées ont un grand écart-type, non du fait de l'imprécision de l'indicateur, mais parce qu'elles représentent des moyennes sur un grand nombre de stations, indépendamment de l'habitat et de la pression de pêche subie. Les fréquences d'occurrence ont une variabilité plus forte parce qu'elles concernent des espèces rares.

Réactivité : Assez bonne pour la richesse spécifique.

Spécificité : Les indicateurs se rapportant aux espèces-cibles de la pêche sont les plus spécifiques.

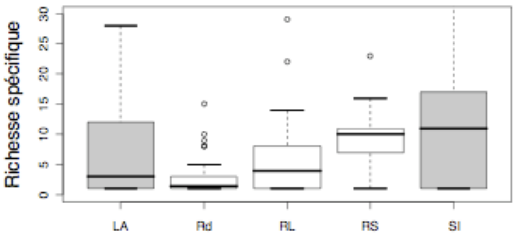
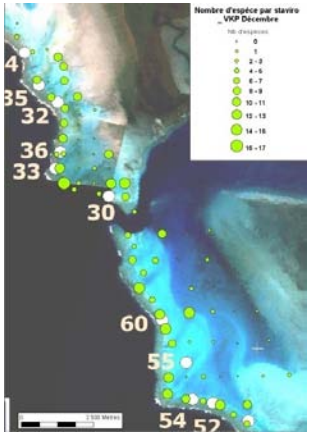


Diagramme de dispersion de la richesse spécifique des sites observés par vidéo rotative (les zones grisées correspondent aux réserves)



Carte de richesse spécifique

Sources et contacts :

Guilpart N., Pelletier D., Leleu K., Mallet D. and G. Hervé (2009) Suivre et observer la biodiversité et les ressources marines avec la vidéo sous-marine haute-définition. Guide méthodologique pour la mise en œuvre et l'analyse des stations vidéos rotatives. 65 p.

Dominique Pelletier : dominique.pelletier@ifremer.fr

Indicateur 4 : Capture par Unité d'Effort (CPUE)

Objectif de l'indicateur :

Les CPUE peuvent constituer un indice d'abondance de la ressource, et donc de l'impact potentiel de la pêche en milieu corallien.

Catégorie de l'indicateur :
Halieutique / Activité de pêche (impact)

Méthode d'observation :
Enquête de perception (Fiche M3)
Cahier de pêche (Fiche M7)
Enquête au débarquement

Sur quoi porte l'indicateur :
Activités de pêche (pression et impact : effort et captures par technique de pêche).

Logiciels d'analyse :
Tableur (Excel)
Logiciel de statistiques

A qui est destiné l'usage de cet indicateur :
Gestionnaires, population locale

Qualité de l'indicateur :
Quantitatif mais parfois nécessaire de l'interpréter en termes de tendances

Intérêts de l'indicateur :

- Indicateur utilisé dans toutes les pêcheries
- Mesure indirecte de l'abondance des ressources, sans observations sous-marines
- Interprétation facile par les pêcheurs
- Possibilité d'estimer les valeurs passées des CPUE par enquête

Inconvénients de l'indicateur :

- Forte variabilité spatio-temporelle
- Indice biaisé par la sélectivité des engins de pêche (espèces, tailles, zones, période) et l'efficacité relative des pêcheurs
- Vérifier la relation entre la CPUE et l'abondance réelle des ressources pour l'utiliser en tant qu'indice d'abondance.
- Très influencé par la définition de l'unité d'effort : sortie de pêche pas assez précis pour une pêche en bateau (temps de navigation + durée de pêche), sortie ligne ne tient pas compte du nombre de lignes ou du nombre d'hameçons, etc.

Pêcheuse capturant un crabe de palétuvier

Capture multi-spécifique

Application :

Enquête de perception auprès des pêcheurs de Navakavu (île de Viti Levu, Fidji) de septembre 2006 à janvier 2007
Suivi de cahier de pêche à Tikehau, 2006 (Polynésie française)

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul de(s) métrique(s) :

Une CPUE peut être calculée de différentes manières selon les variables observées considérées. La formule suivante correspond au calcul d'une CPUE théorique générale :

CPUE pour l'unité d'observation g (i.e. pêcheur, bateau)

Effort de pêche de l'unité d'observation g (i.e. nombre de sorties à l'année ou au mois, durée de sortie ou de pêche)

$$CPUE_g = \frac{\sum_{i}^{n} c_g}{f_g}$$

Somme des captures (i.e. biomasse, nombre d'individus) parmi les n espèces (ou taxons) considérées pour l'unité d'observation g.

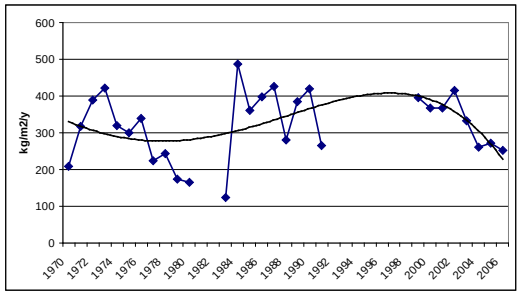
Cette formule peut être adaptée au calcul de la CPUE d'une unité d'observation pour un engin de pêche ou une activité particulière. De la même façon, il est possible de calculer une CPUE pour une espèce ou un taxon donné. Étant donnée la différence de sélectivité des engins de pêche, il est préférable de considérer une CPUE par engin de pêche. De plus la variabilité de l'indicateur peut être diminuée en considérant une CPUE par engin de pêche et par espèce.

Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

Pour un engin et un site donnés, l'évolution des CPUE dans le temps s'interprète comme une variation d'abondance de la ressource. Le suivi des CPUE permet alors de mesurer une tendance temporelle (baisse, augmentation, stabilité) qui est interprétée comme un indice de durabilité de l'exploitation ou de l'effet d'une mesure de gestion (mise en place d'une réserve marine, interdiction d'engins de pêche destructif, etc.)
Valeur cible : Augmentation ou stabilité. Valeur défavorable : diminution
Les CPUE d'un engin donné peuvent aussi être comparées d'une région à une autre. La diminution d'une CPUE peut traduire une diminution de la ressources et est donc une tendance provoquée ou menant vers une surexploitation

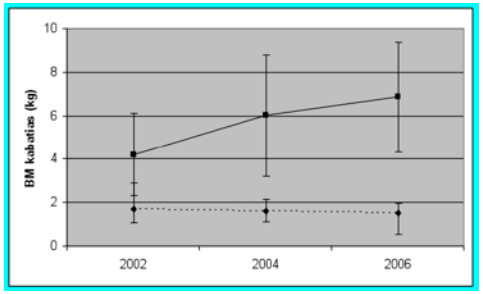
Résultats :

Cas de Tikehau : La CPUE des pêcheurs au parc à poisson depuis 1970 reste relativement stable avec environ 300 kg/m²/an (l'effort est défini en fonction de la surface d'ouverture du parc en m² et du % de jours de pêche par an) Cependant on constate une forte variabilité entre les années, parfois même entre 2 années consécutives. Depuis 2000, la diminution de la CPUE indique un risque de surexploitation.



Évolution de la CPUE à Tikehau entre 1970 et 2006

Cas de Navakavu (Fidji) : les enquêtes de perception montrent une hausse significative des CPUE des *Lethrinidae Kabatia* entre 2002 et 2006 pour les pêcheurs à la ligne mais pas pour les pêcheurs au filet.
Propriétés statistiques de l'indicateur spécifique donné en exemple : Sensibilité : ne permet de déceler que des tendances suffisamment marquées; Précision : procéder par strate engin-espèces pour diminuer la variabilité des réponses; Réactivité : décèle des tendances sur plusieurs années; Spécificité : les CPUE intègrent un ensemble d'effets directs et indirects sur les ressources.



CPUE moyenne et intervalle de confiance à 90 % (kg/sortie) de Lethrinidae Kabatia pêché à la ligne (courbe pleine) et au filet (courbe pointillée) en 2002, 2004 et 2006.

Sources et contacts :

Hubert A. (2007). Utilisation de la perception des pêcheurs dans la gestion participative des ressources : Etude de cas à Navakavu (Fidji). Rapport de master, IRD Unité CoReUs/Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes, 51 p.

Nicolas Pascal : ppacific@gmail.com
Marc Léopold : marc.leopold@ird.fr

Indicateur 5 : Densité d'invertébrés exploités

Objectif de l'indicateur :

Un indicateur de densité d'espèce permet d'évaluer l'état des ressources.
Il est aussi un indicateur potentiel de la pression de pêche

Catégorie de l'indicateur :
Biodiversité / population
Halieutique / impact

Méthode d'observation :
Comptage en surface
(Fiche M6)
Comptage le long d'un transect

Sur quoi porte l'indicateur :
Populations d'invertébrés d'intérêt commercial ou vivrier
Population indicatrice de perturbations naturelles

Logiciel d'analyse :
Logiciel de statistiques

A qui est destiné l'usage de cet indicateur :
Gestionnaires, scientifiques, population locale

Qualité de l'indicateur :
Quantitatif spatialisé
Semi-quantitatif spatialisé

Observateur effectuant un comptage le long d'un transect

Intérêts de l'indicateur :

- Indicateur courant, généralement bien documenté
- Simple à comprendre, immédiatement « parlant » en particulier pour les populations locales

Photographie de bénitier Tridacna squamosa

Photographie de trocas Trochus niloticus

Photographie d'Acanthaster planci

Inconvénients de l'indicateur :

- Différents processus (naturels ou d'origine humaine) peuvent causer une décroissance de l'indicateur
- Peut nécessiter un niveau d'expertise important en milieu récifal, selon les objectifs de comptage (ex. comptage des espèces commerciales ou comptage toutes espèces)
- Très sensible à l'échelle spatiale de l'unité d'observation utilisée pour les comptages
- Risques d'erreurs importants pour certaines espèces, en fonction de leurs caractéristiques écologiques (ex. espèces mobiles, cryptiques, etc.), de leur répartition spatiale (ex. espèces grégaires, isolées) et des abondances (ex. espèces avec valeurs extrêmes, très faibles ou très fortes)

Application :

Mise en place d'un suivi participatif dans le village de Marrow, Emau (Vanuatu)

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul de(s) métrique(s) :

Pour obtenir l'indicateur : comptage du nombre d'individus par espèce par unité d'observation (ex. transects invertébrés de 50 m de long x 4 m de large).

Densité de l'espèce i

$$D_i = \frac{n_i}{s_i}$$

Nombre d'individus de l'espèce i pour l'unité d'observation

Surface de l'unité d'observation

Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

Valeur cible : Augmentation ou Stabilité

Valeur défavorable : Diminution

Bien que la diminution de densité des espèces récifales puisse avoir différentes origines (naturelles ou en lien avec les activités humaines), pour les espèces exploitées elle traduit généralement une pression de pêche sur la ressource. L'augmentation marquée de la densité d'une espèce (ou d'un petit nombre) peut cependant traduire un déséquilibre au sein de l'écosystème.

Résultat :

Les résultats obtenus indiquent une densité plus importante de trocas et de bénitiers dans la zone de protection intégrale qu'en dehors, ce qui indique un effet du statut de protection sur la densité d'invertébrés exploités. Évaluer l'abondance d'autres espèces, comme l'Acanthaster, peut apporter des informations supplémentaires permettant d'expliquer les variations de densité d'invertébrés exploités par la pêche. L'abondance d'Acanthaster permet de prendre en compte les changements de qualité du milieu corallien qui a un effet sur la densité d'invertébrés.

INDICATEUR	VALEURS (ind/ha)	
	Zone de protection intégrale	Hors zone de protection intégrale
Densité moyenne de trocas (*Trocchus Niloticus*)	134	39
Densité moyenne de bénitiers (*Tridacnidae*)	105	44
Densité moyenne de *Acanthaster planci*	594	

Sources et contacts :

Dumas P., Jimenez H. and M. Léopold (2009). Training in community-based monitoring techniques in Emau Island, North Efate, Vanuatu. IRD report, 40 pp.

Pascal Dumas : pascal-paul.dumas@ird.fr

Indicateur 6 : Carte de pression / impact de pêche

Objectif de l'indicateur :

Les indicateurs de pression et d'impact de pêche spatialisés fournissent des informations sur la structuration spatiale des activités de pêche et la répartition des captures à des fins de gestion des ressources halieutiques. Ils peuvent également servir pour l'analyse des effets écologiques de la pêche sur les peuplements exploités (poissons, invertébrés)

Catégorie de l'indicateur :
Halieutique / Activité de pêche (pression, impact)

Méthode d'observation :
Enquête spatialisée
(Fiche M10)

Sur quoi porte l'indicateur :
effort, rendement, capture et zones fréquentées par technique de pêche

Logiciel d'analyse :
SIG
Access
Tableur (Excel)

A qui est destiné l'usage de l'indicateur :
Gestionnaires, scientifiques, acteurs locaux impliqués dans le suivi des ressources

Qualité de l'indicateur :
Quantitatif spatialisé

Intérêts de l'indicateur :

- Informations globales spatialisées sur les pêcheries côtières informelles
- Ne nécessite pas d'instrumentation
- Interprétation facile pour tous les utilisateurs (scientifiques, gestionnaires, populations locales)
- Données quantitatives extrapolées indiquant le niveau de pression de pêche exercé sur les ressources (effort, rendement, captures)
- Mise en évidence de l'hétérogénéité spatiale des activités de pêche (pression et impact)
- Résolution spatiale (maillage) des cartes de pêche adaptable au type de pêcherie et de l'échelle du suivi de la pêcherie

Inconvénients de l'indicateur :

- La résolution spatiale (maillage) des cartes de pêche dépend de la qualité et de l'échelle des supports cartographiques disponibles pendant l'enquête, ainsi que de la morphologie de la zone (présence de repères visuels : distance à la côte, rivières, récifs, etc.)
- Nécessité d'un effort d'échantillonnage important pour des zones étendues géographiquement (> 50km)
- Compétences en statistique et dans les SIG

Source : M. Leopold

Suivi des zones de pêche des pêcheurs de crabe de palétuvier dans la zone de Voh-Koné-Pouembout (Province Nord, Nouvelle-Calédonie)

Pêcheur et rampe de mise à l'eau en Nouvelle-Calédonie

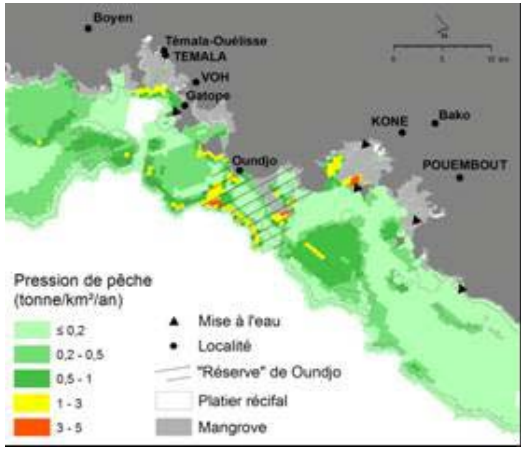
Source : N. Guillemot

Application : Cas de la pêcherie (poissons) à Voh-Koné-Pouembout (Nouvelle-Calédonie) en 2006

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul des métriques

- Données par pêcheur détaillées par engin et espèce (année précédent l'enquête) : Effort (nombre de sorties de pêche / an ou mois); Rendement de pêche (kg / sortie de pêche) globale ou par espèce.
- Nombre total de pêcheurs ou bateaux de pêche actifs sur la zone d'étude
- Zones de pêche intégrées dans un Système d'Information Géographique
- Captures (totales, par engin ou par espèce ; en kg/an ou mois).
- Données intermédiaires calculées par pêcheur : capture annuelle globale ou par taxon pour chaque zone de pêche.
- Données extrapolées : les estimations de captures à l'échelle de la région d'étude sont réalisées par inférence statistique classique.
- Cartographie des niveaux d'effort, de rendement et de capture par engin, espèce ou localité de résidence des pêcheurs. L'extrapolation géographique est réalisée avec un logiciel SIG. Pour chacune des zones de pêche, on calcule le ratio des captures déclarées sur les captures globales estimées; cette proportion est utilisée pour ventiler la production totale sur toutes les zones de pêche enregistrées. Les résultats sont ensuite cartographiés en utilisant une grille de pixels (maillage) de largeur définie en fonction de l'échelle spatiale utilisée.



Exemple de cartes de pression de pêche en poissons

Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

Les niveaux totaux (efforts, rendements, captures, captures détaillées) non cartographiés peuvent donner une indication de la pression de pêche générale exercée sur la zone d'étude. Les niveaux de pression de pêche cartographiés permettent d'évaluer la gamme de valeurs de pression de pêche exercée sur la zone et d'analyser la répartition spatiale de ces valeurs. Les cartes mettent en évidence les zones les plus exploitées en termes de pression et/ou impact de pêche totale ou par engin, espèce/famille de poisson ou pour une localité donnée.

Une zone très exploitée peut indiquer une forte productivité biologique et/ou un effort de pêche relativement élevé, et réciproquement. Les Captures par Unité de Surface (CPUS) peuvent être le cas échéant comparées à des valeurs d'abondance *in situ* ou données de productivité biologique de référence, et être interprétées comme des indicateurs de durabilité de l'exploitation.

Réalisées dans le cadre d'un suivi de l'exploitation, les cartes successives peuvent être comparées visuellement pour évaluer l'évolution de la pression de pêche dans la région, en particulier dans les zones fortement exploitées, et dans le cas de modification ou d'intensification des pratiques.

Résultats :

La carte des captures totales par unité de surface (kg/ha/an) en poissons met en évidence une forte hétérogénéité de la pression de pêche sur la zone de Voh-Koné-Puembout, qui se structure selon la géomorphologie récifale locale et les populations présentes (les pratiques de pêche sont variables d'une localité à une autre, notamment entre tribus mélanésiennes et villages multiculturels). La carte des captures par engin de pêche permet d'identifier les zones du lagon où ces techniques sont utilisées (ex : récif-barrière et certains récifs intermédiaires pour le fusil) et la répartition spatiale de la pression de pêche en résultant.

Sources et contacts :

Guillemot N., Léopold M., Chabanet P. and M. Cuif (2009). Characterization and Management of Informal Fisheries Confronted with Socio-Economic Changes in New Caledonia (South Pacific). Fisheries research 98: 51-61.

Nicolas Guillemot : Nicolas.guillemot@gmail.com
Marc Léopold : marc.leopold@ird.fr

Indicateur 7 : Consommation en produit de la mer

Objectif de l'indicateur :

La consommation en produits de la mer peut refléter, quantitativement et qualitativement, l'état de l'abondance des ressources mais aussi un changement dans les habitudes alimentaires et les conditions socio-économiques (dépendance vis-à-vis des ressources marines) des populations côtières.

Catégorie de l'indicateur :
Halieutique / Socio-économique

Méthode d'observation :
Enquête écoliers **(Fiche M1)**
Enquête consommation **(Fiche M2)**

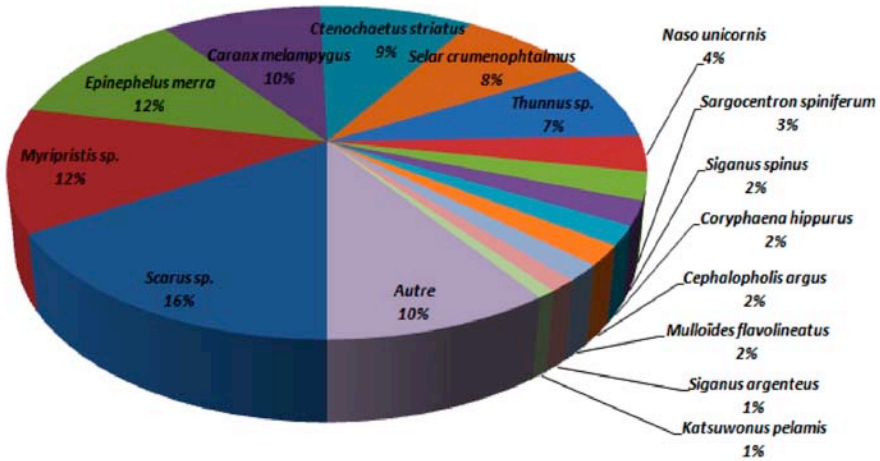
Sur quoi porte l'indicateur :
Quantité et qualité de poissons et/ou invertébrés consommés

Logiciel d'analyse :
Tableur (Excel)
Logiciel de statistiques

A qui est destiné l'usage de cet indicateur :
Scientifiques, gestionnaires, populations locales

Qualité de l'indicateur :
Quantitatif / Qualitatif (composition et origine des espèces consommées)

Espèces les plus consommées à Moorea lors de la période d'enquête (avril 2006)



Source : A. Gilbert

Intérêts de l'indicateur :

- Estimation indirecte de la production halieutique (quantités et espèces)
- Facile à obtenir en l'absence de données sur la pêche
- Fournit une information pertinente sur les conditions socio-économiques des ménages
- Estimation de la production halieutique cohérente avec celles issues d'études directes

Inconvénients de l'indicateur :

- Information basée sur des perceptions et la mémoire à court terme
- Hypothèse d'une stabilité annuelle des comportements alimentaires
- Forte imprécision due aux habitudes alimentaires et conditions socio-économiques des ménages
- Nécessité d'évaluer les exportations et importations et la structure démographique de la zone pour l'estimation de la production halieutique
- A interpréter en tant qu'ordre de grandeur compte-tenu de la forte variabilité entre les ménages et des imprécisions due à l'extrapolation annuelle

Enquêteur avec les gabarits servant à l'estimation de la taille du poisson

Application :

Moorea (Polynésie française) en avril 2006
Haapiti, Moorea (Polynésie française) en septembre-octobre 2007

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul de(s) métrique(s) :

Quantité moyenne de poissons préparés par repas dans le ménage i

Nombre de jours par semaine où du poisson est servi pour les repas pour le ménage i (moyenne sur l'année)

Consommation annuelle moyenne par habitant

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{m} c_i \times f_i \times 52/p_i}{m}$$

Nombre de personnes dans le ménage i

Nombre de ménage

La consommation annuelle moyenne par habitant peut être estimée à partir de la taille moyenne des poissons consommés (fonction du nombre de poissons par classe de taille donnée sur un gabarit) et de la relation taille/poids par espèce (poids du poisson entier non vidé).
Le niveau de consommation du ménage est relié à sa taille : prendre en compte la structure en âge des ménages et le nombre d'Unité de Consommation (UC) : chef de ménage = 1 UC, individus > 14 ans = 0,7 UC, enfants < 14 ans = 0,5 UC. L'extrapolation à l'ensemble des ménages nécessite de connaître la structure démographique du lieu d'enquête.
La production halieutique d'un système bien délimité (île) peut être déduite des enquêtes de consommation = consommation (ménage + restaurant) + exportation de poissons – importation de poissons.

Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

Une diminution de la quantité de poissons consommés peut être le signe d'une surexploitation de la ressource ou d'un report des activités de pêche vers d'autres activités. La transformation des économies de subsistance vers des économies marchandes se reflète notamment par une diminution du pourcentage des espèces à haute valeur marchande dans la part des captures destinées à l'autoconsommation ; le pourcentage des captures d'autoconsommation diminue aussi au profit d'une consommation d'origine monétaire. L'interprétation de cet indicateur nécessite de prendre en compte un ensemble de caractéristiques socio-économiques des ménages. La quantité de poisson consommée est généralement proportionnelle à l'importance de l'activité de pêche au sein du ménage.

Résultat :

Moorea : une enquête via les écoliers a permis d'enquêter 127 ménages en avril 2006 (68 % de retour). Les poissons les plus consommés appartiennent à une quinzaine d'espèces avec 57 % des poissons d'origine monétaire. La quantité par habitant et par an ne montre pas de différence significative avec une valeur antérieure obtenue lors d'une enquête scientifique menée à Moorea en 2002; une enquête similaire menée sur l'atoll de Tikehau révèle des valeurs beaucoup plus élevées traduisant une plus forte dépendance vis-à-vis des ressources marines ou une plus grande disponibilité de la ressource.
Haapiti : un échantillonnage de 25 ménages de la commune d'Haapiti à Moorea a permis de valider la démarche en comparant les informations issues des enquêtes de consommation avec un suivi des quantités effectives consommées au sein des ménages.
Valeur de consommation nettement inférieure pour Haapiti que pour Moorea. Peut s'expliquer par le fait qu'à Haapiti, 48 % des ménages ne pêche pas et 32 % pêche moins d'une fois par mois. L'étude de validation menée à Haapiti a montré que la fréquence de consommation serait légèrement suréstimée.

INDICATEUR	RENSEIGNE SUR	CAS D'ÉTUDE	VALEUR (écart type)
Quantité de poisson moyenne consommée par habitant et par an (kg/hab/an)	Production halieutique / conditions socio-économique	Moorea	83 (21)
		Haapiti	25,9
Fréquence moyenne de consommation de poisson par semaine	Production halieutique / conditions socio-économique	Moorea	2,2
		Haapiti	3,6

Sources et contacts :

Gilbert A. *et al.* (2007) Précision et biais des études de consommation des poissons par enquête auprès des ménages – Cas de la commune de Haapiti (Moorea, Polynésie française), Rapport technique, 51 p.
Brenier A. (2009) Pertinence des approches participatives pour le suivi écosystémique des pêcheries récifales, Thèse de Doctorat, Université Paris VI, 222 p.
Jocelyne Ferraris : jocelyne.ferraris@ird.fr

Indicateur 8 : Température de l'eau

Objectif de l'indicateur :

Etudier et suivre le phénomène de blanchissement du corail par la mise en place d'un réseau de surveillance des conditions environnementales aux récifs coralliens

Catégorie de l'indicateur :
Contexte

Méthode d'observation :
Capteur environnemental
(Fiche M8)

Sur quoi porte l'indicateur :
Environnement
(température de l'eau)

Logiciel d'analyse :
Logiciel fourni par Vemco et Hobo permettant une représentation graphique des données

A qui est destiné l'usage de cet indicateur :
Gestionnaires impliqués dans le suivi d'aires marines protégées

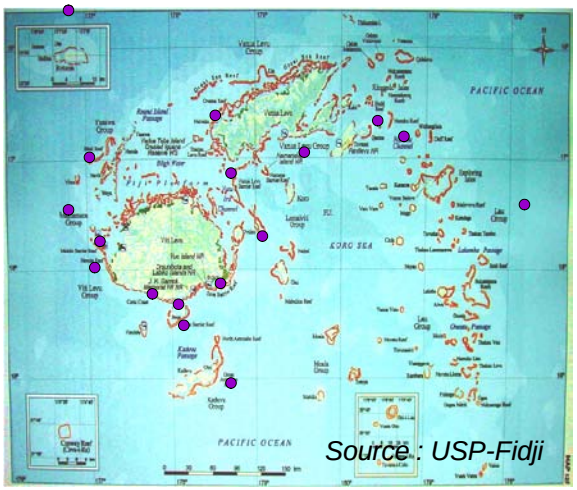
Qualité de l'indicateur :
Quantitatif
(série temporelle)
Tendance
Spatio-temporel

Intérêts de l'indicateur :

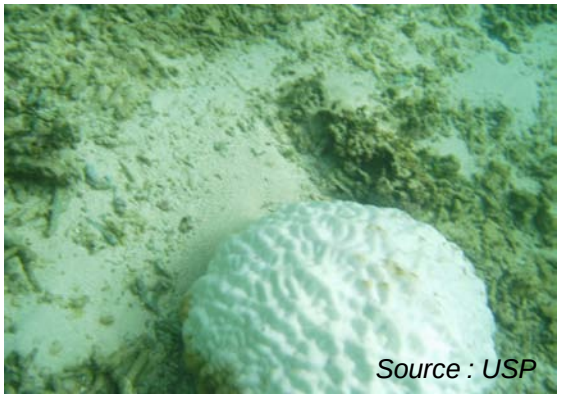
- Information archivée sur du long terme
- Facilité d'utilisation (température)
- Suivi de l'environnement à échelle temporelle fine
- Programme de suivi assuré par des volontaires (possibilité d'impliquer l'industrie touristique au programme de suivi)
- Développement d'un programme national d'enregistrement de la température de surface complémentaire aux programmes régionaux satellitaires (NOAA, ReefBase)
- Permet de faire une analyse régionale du blanchissement du corail

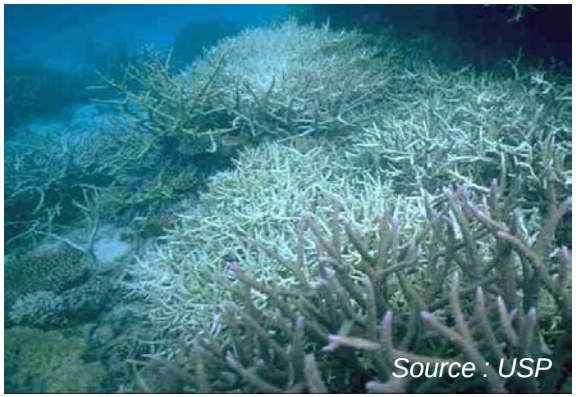
Inconvénients de l'indicateur :

- L'explication des anomalies dans les profils des données peut être spéculative
- Difficile à analyser



Réseau de suivi de la température (Fidji)





Blanchissement de corail aux îles Fidji

Application :

Mise en place d'un réseau d'enregistrement de la température de l'eau sur 15 îles de Fidji.

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul de(s) métrique(s) :

Des capteurs avec une échelle de mesure entre - 5° C et 35° C, une résolution de 0,2° C et une précision de ± 0,3° C sont généralement utilisés, localisés sur le platier (profondeur de 1 à 4 mètres) et sur la pente du récif (5 à 9 mètres).

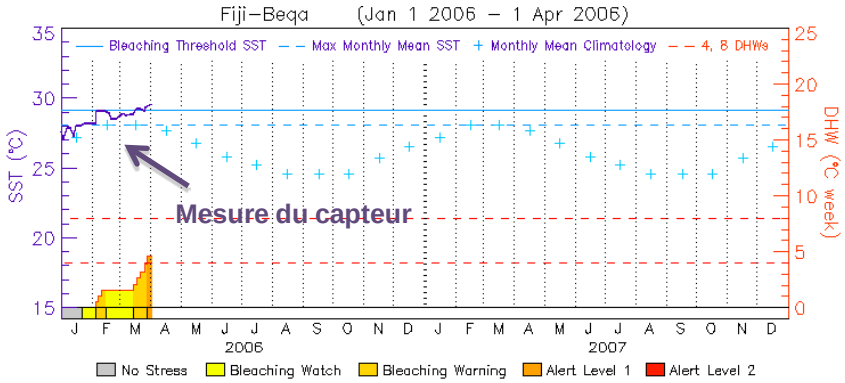
Moyenne des températures avec minimum et maximum. L'analyse de ces paramètres peut se faire en fonction de facteurs indépendants (Jour / nuit; mois; saison; site).

Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

Augmentation, diminution ou stabilité par rapport à une température moyenne ou par rapport à une valeur seuil de tolérance pour certaines espèces.

Analyse en relation avec l'évolution de la température de surface donnée par les cartes satellitaires.

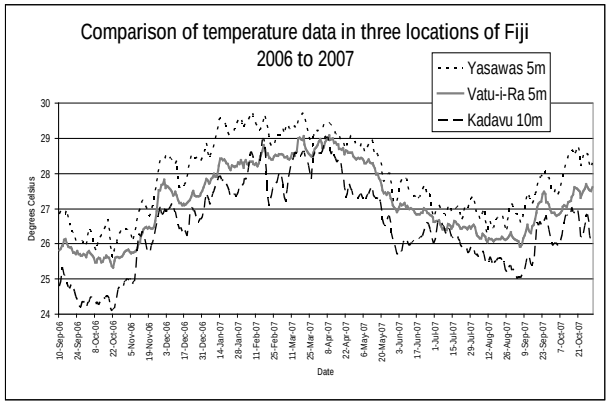
Courbe de l'évolution de la température de surface donnée par les cartes satellitaires entre janvier 2006 et avril 2006 sur l'île de Beqa (Fidji)



Résultat :

1 à 2 capteurs ont été déployés pour chacun des 15 sites étudiés à Fidji depuis 1996. La température moyenne à long terme est de 28,30° C avec une variation saisonnière de 24 à 31° C sur l'année. La température maximale observée est de 36° C et la minimale est de 22° C sur la zone du platier à 1 mètre de profondeur. Le blanchissement de corail a été observé le plus fréquemment sur le platier et dans le canal intérieur. Les pics de température ont été obtenus durant le printemps.

La comparaison de température de 3 sites à Fidji entre 2006 et 2007 montre une différence de la température de l'eau reliée à la latitude : le capteur le plus au nord (île de Yasawa) présente toujours une température de 1° C à 1,5° C plus élevée que le capteur le plus au sud (île de Kadavu)



Sur la figure de gauche sont représentées les mesures de la température issues du capteur (violet) et les mesures de température issues de cartes satellitaires (bleu). La mesure de la température d'une station donnée (d'un capteur) peut être ainsi comparée à une mesure de la température à une échelle régionale (données satellitaires). Ainsi, l'interprétation des données de températures prend en compte le contexte spécifique de la zone d'étude.

Sources et contacts :

Lovell E.R., Sykes H., Bonito V., Kahn Z., and N. Quinn (2008). In-situ monitoring of sea temperatures in Fiji – An archipelago-wide monitoring programme, 11th International Coral Reef Symposium, Fort Lauderdale, 07–11 Jul. 2008, Poster.

Edward R. Lovell : lovell_e@usp.ac.fj

Helen Sykes : Helen@MarineEcologyConsulting.com

Indicateur 9 : Ecologie - Halieutique

Objectif de l'indicateur :

Des variables *in situ* décrivant les peuplements de poissons (densité, richesse spécifique, biomasse, taille moyenne) et leur environnement récifal (géomorphologie, habitat) issues d'observations en plongée sur un gradient spatial de pression de pêche sont proposées en tant qu'indicateurs de suivi lorsque la combinaison des variables écologiques et halieutiques montre un potentiel de détection significatif du gradient de perturbation par la pêche.

Catégorie de l'indicateur :
Biodiversité / communauté
Halieutique / ressources
Multithématique

Méthode d'observation :
Réseau de surveillance des récifs coralliens (Fiche M9)
Cartographie des activités de pêche (Fiche M10)

Sur quoi porte l'indicateur :
Peuplement
Pression de pêche
Habitat

Logiciel d'analyse :
Tableur (Excel)
Logiciel de statistiques

A qui est destiné l'usage de cet indicateur :
Gestionnaires, scientifiques, acteurs en charge d'un suivi des ressources marines

Qualité de l'indicateur :
Quantitatif (niveau de réponses) et tendances

Intérêts de l'indicateur :

- Indicateur écologique de l'effet de la pêche intégrant la variabilité naturelle des peuplements (habitat et temporel)
- Indique des tendances pour le suivi à long-terme des peuplements en cas de changement de niveau d'exploitation par la pêche
- Information utile à une large gamme d'acteurs (non-scientifiques : gestion ; scientifiques : suivi des effets de la pêche sur les caractéristiques des peuplements)
- Permet d'étudier les effets de la pêche sur les peuplements et d'identifier des indicateurs en l'absence de données historiques ou de série temporelle longue (*via* l'utilisation d'un gradient spatial de pêche et la prise en compte de la variabilité spatiale des ressources).

Inconvénients de l'indicateur :

- Implique une mesure fine de la pression de pêche sur la zone échantillonnée par les observations en plongée (voir fiche « Fiche M10 »)
- Disponibilité de données sur l'environnement des peuplements à plusieurs échelles (*a minima* : géomorphologie récifale et relevés d'habitat sur le transect *in situ*) et d'information sur les éventuelles sources de perturbations anthropiques autres que la pêche
- Nécessite des compétences approfondies pour le traitement des données multivariées issues des observations en plongée (peuplement et habitat) et la mise en œuvre de modèles statistiques

Prise en compte simultanée des trois composantes Habitat – Ressource – Usage dans la définition d'un indicateur d'écologie-halieutique

Application :

Suivi des peuplements ichtyologiques et des activités de pêche de la région de Voh-Koné-Pouembout (Province Nord, Nouvelle-Calédonie)

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul de(s) métrique(s) :

Nombre et tailles des individus observés par transect (ex: 50 m * 20 m)

Calcul de la densité D par unité de surface et de la taille moyenne T pour chaque espèce i rencontrée. Ces valeurs peuvent être cumulées pour obtenir des variables pour l'ensemble du peuplement, par famille, par groupe trophique (carnivores, herbivores, planctophages, corallivores, etc.) ou pour les espèces cibles.

$D_i = N_i / S$ avec N_i : nombre d'individus de l'espèce i,

S : surface de la zone échantillonnée (ex= 1 000 m²).

Calcul de la biomasse B par unité de surface pour chaque espèce i, à partir des relations poids/longueur, et par groupes d'espèces.

La densité, richesse spécifique (nombre d'espèces), biomasse et taille moyenne sont calculées pour toutes les espèces, dont les espèces cibles, les groupes trophiques et certaines familles potentiellement indicatrices des effets de la pêche

Données d'habitat à l'échelle du transect - méthode "Medium Scale Approach" : pourcentages de couverture pour différents éléments de substrat (sable, débris, blocs, roche, coraux morts, coraux blanchis, coraux vivants, coraux mous, algues).

Analyse statistique par modèle linéaire généralisé (GLM) expliquant chaque variable écologique (Y) des peuplements par les caractéristiques du biotope à petite et grande échelles (habitat et géomorphologie récifale), l'année (si plusieurs années utilisées) et la pression de pêche.

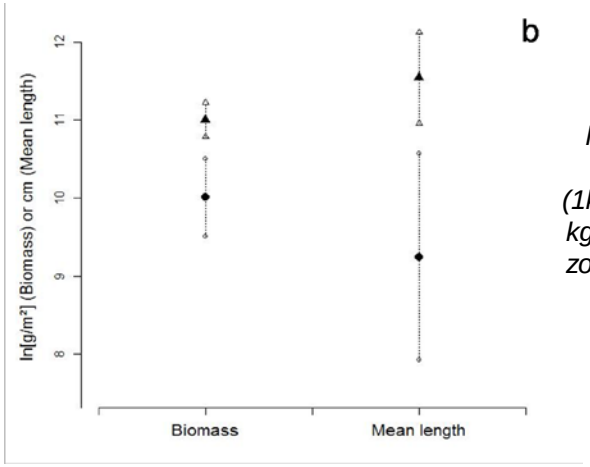
Y ~ habitat + géomorphologie + année + pêche + ε (ε : résidus du modèle)

Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

Les variables écologiques (densité, biomasse, richesse, taille) présentent une tendance décroissante lorsque la pression de pêche augmente. La significativité de la réponse (niveau) et de la tendance de l'indicateur écologique représente alors un signal de l'effet de la pression de pêche sur les peuplements. Selon l'amplitude de la baisse observée, ce signal peut être utilisé pour déclencher des mesures de gestion ou de conservation des paramètres reliés significativement au gradient de pêche.

Résultat :

Suite à des enquêtes spatialisées auprès des pêcheurs et des observations in situ sur les peuplements de poissons et leur habitat, la modélisation statistique des variables écologiques de deux zones contrastées (faible et forte exploitation) a dégagé plusieurs indicateurs potentiels de l'effet de la pêche : biomasse, taille moyenne et richesse spécifique « toutes espèces »; densité et richesse spécifique des espèces cibles; densité, biomasse et la taille moyenne des carnivores (appartenant principalement aux *Serranidae, Mullidae, Lutjanidae, Lethrinidae, Labridae, Holocentridae, Carangidae, Balistidae, Apogonidae et Mugiloididae*) et enfin, densité et biomasse des *Acanthuridae* (famille d'espèces ciblées par la pêche). La tendance à la baisse lorsque la pression de pêche augmente est significative pour ces variables écologiques, compte tenu de l'effet temporel et du biotope. La prédiction des niveaux de réponse des variables écologiques donnée par le modèle en fonction des deux niveaux de pression de pêche (Capture par Unité de Surface = 1kg/ha/an et 50 kg/ha/an) souligne le potentiel de ces indicateurs (intervalles de confiance ne se recoupant pas) pour faire le suivi des peuplements de poissons et mesurer l'effet de la pêche.



Biomasse (biomass) et taille moyenne (mean length) par transect pour deux niveaux de pêche (1kg/ha/an : triangles noir 50 kg/ha/an : ronds noirs) de la zone Voh-Koné-Pouembout (Nouvelle-Calédonie)

Sources et contacts :

Guillemot N. (2009). Les peuplements de poisons récifaux et leur exploitation dans la zone de Voh-Koné-Pouembout (Nouvelle-Calédonie) : caractérisation, indicateurs et enjeux de suivi. Mémoire de doctorat.

Nicolas Guillemot : nicolas.guillemot@gmail.com
Pascale Chabanet : pascale.chabanet@ird.fr

Indicateur 10 : Ecosystémique (Tableau de bord)

Objectif de l'indicateur :

Rendre compte rapidement de l'état et/ou de la dynamique d'un écosystème corallien par la mise en œuvre de méthodes d'observation complémentaires fournissant des indicateurs sur différentes composantes du système étudié (Environnement / Ressources / Usages) compilés dans un tableau de bord.

Catégorie de l'indicateur :
Multi-thématique

Méthode d'observation :
Enquête écoliers (Fiche M1)
Enquête de perception (Fiche M3)

Sur quoi porte l'indicateur :
Habitat
Ressources exploitées
Activité de pêche (impact, effort, socio-économie)

Logiciel d'analyse :
Logiciel de statistique

A qui est destiné l'usage de cet indicateur :
Populations locales, gestionnaires scientifiques

Qualité de l'indicateur :
Tendance
Quantitatif

Intérêts de l'indicateur :

- L'ensemble des intérêts de chacun des indicateurs considérés se retrouve dans le tableau de bord
- Confrontation d'indicateurs mesurant différents effets
- Complémentarité de plusieurs catégories d'indicateur (biodiversité; halieutique; contexte)
- Analyse d'indicateurs de nature différente (quantitatif; tendance; qualitatif)
- Permet d'appréhender facilement une variété d'informations issues de différentes sources
- Vision globale du système étudié
- Facilité de communication des informations
- Méthodes d'observations basées sur des approches participatives impliquant les populations locales

Source : A. Brenier

Source : A. Brenier

Source : A. Brenier

Inconvénients de l'indicateur :

- L'ensemble des inconvénients de chacun des indicateurs considérés se retrouve dans le tableau de bord
- Les relations entre les indicateurs considérés peuvent être commentées mais sont rarement analysées ((co-évolution dans le temps ou l'espace)
- Indicateurs de nature souvent approximative (grande imprécision) mais informatifs en termes de tendance et d'ordre de grandeur.

Méthodes participatives utilisées en Polynésie française pour l'obtention d'un tableau de bord d'indicateurs: perception, écolier et cahier de pêche.

Application :

Etude de la durabilité des pêcheries récifales de Tikehau et Moorea par la mise en place d'un suivi participatif (Polynésie française) en 2006

Méthode d'analyse :

Variable(s) mesurée(s) et calcul de(s) métrique(s) :

L'ensemble des variables observées, métriques, paramètres statistiques calculés et indicateurs retenus est présenté dans la grille synthèse des actions (Grille synthèse indicateur.xls) correspondant aux enquêtes de perception et via les écoliers (actions N° 4 et 8).

Le principe du tableau de bord consiste à analyser simultanément différentes catégories d'indicateurs (Biodiversité : peuplement, population, habitat; Halieutique : pression, impact, socio-économie).

La lecture du tableau de bord d'indicateurs doit être accessible et simple, soit à l'aide de codes de couleur ou en indiquant la valeur de référence et la règle de lecture de chaque indicateur.

Interprétation ou règles de lecture de l'indicateur :

Les références correspondent à une valeur seuil ou à une tendance de référence de chaque indicateur fournie à partir de la compilation d'articles portant sur l'impact et les indicateurs de suivi des pêcheries récifales (références théoriques).

Lorsque la tendance de référence est suivie ou la valeur de référence est dépassée, l'indicateur est potentiellement le signe d'une exploitation non durable.

Résultat :

Les suivis participatifs mis en place à Moorea et à Tikehau ont permis de retenir et valider des indicateurs issus de deux sources : les perceptions et les écoliers. Les résultats, avec les mêmes méthodes d'observation, montrent que les perceptions des pêcheurs sur l'état des ressources et des habitats coralliens sont similaires. Ces indicateurs suivent les tendances de référence trouvées dans la littérature scientifique et sont donc potentiellement le signe d'une exploitation non durable des ressources. Les résultats des enquêtes réalisées via des écoliers montrent cependant une différence de l'exploitation des ressources entre Moorea et Tikehau. Contrairement à Tikehau, le rendement de la pêche récifale et le nombre de pêcheurs par km² à Moorea est nettement supérieur à la valeur de référence. Ceci indiquerait une exploitation non durable des ressources à Moorea. Les indicateurs écologiques et halieutiques, issus des deux sources différentes (perception et écoliers) convergent pour Moorea, tandis qu'ils divergent pour Tikehau. La convergence des résultats à Moorea va dans le sens de la pertinence de la mise en place d'un plan de gestion de l'espace marin (8 AMPs); la divergence à Tikehau peut provenir de différents facteurs : perception erronée de l'environnement de la part des usagers, perturbation principale sur le milieu non liée à l'activité de pêche, etc.

Indicateurs	Méthode	Référence	Moorea	Tikehau
Abondance des poissons comestibles	Enquête de perception	↓	↓	↓[3]
Abondance des bénitiers		↓	↓	↓
Recouvrement en corail vivant		↓	↓	↓[4]
Recouvrement en macroalgues		↑	↑	↑
Rendement de la pêche récifale ($t.an^{-1}.km^{-2}$)	Enquête via des écoliers	5[1]	24,5±6,0	0,4±0,1
Nombre de pêcheurs par km²		5[2]	77[5]	0,2
Consommation en poissons récifaux ($kg.hab^{-1}.an^{-1}$)			83±21	115±55

Tableau de bord des indicateurs de la durabilité des pêcheries de Moorea et de Tikehau

[1] Newton et al. 2007
[2] McClanahan, Polunin, and Done 2002
[3] *Principalement Epinephelus polyphekadion et Naso brevirostris.*
[4] *Dans le lagon*
↓ : diminution ; ↑ : augmentation.

Sources et contacts :

Brenier A. (2009). Pertinence des approches participatives pour le suivi écosystémique des pêcheries récifales. Thèse de Doctorat, Université Paris VI, 222 p.

Ambroise Brenier : ambroise.brenier@gmail.com
Jocelyne Ferraris : Jocelyne.ferraris@ird.fr

BIBLIOGRAPHIE CRISP (par ordre alphabétique du nom d'auteur)

Jérémy Bailleul (2006). Apports des systèmes d'information géographique spatialisée des écosystèmes coralliens – Cas de la pêcherie au crabe de palétuvier dans la zone de Voh (Nouvelle-Calédonie), Mémoire de master, 48 p. http://www.crisponline.info/Portals/0/New%20reports/FR%202006%20Apports%20SIG%20Crabe%20Paletuvier%20Voh%20NC.pdf

Ambroise Brenier (2009). The relevance of participatory approaches in ecosystem-based reef fishery monitoring – Synthesis, Ph. D executive summary, 29 pp. http://www.crisponline.info/Portals/0/New%20reports/ENG%202010%20Synthesis%20Relevance%20participatory%20approaches.pdf

Ambroise Brenier (2009). Pertinence des approches participatives pour le suivi écosystémique des pêcheries récifales, Thèse de doctorat, 227 p. http://www.crisponline.info/Portals/0/New%20reports/FR%202009%20These%20Approches%20Participatives.pdf

Pascal Dumas, Haizea Jimenez, Marc Léopold (2009). Training in community-based monitoring techniques in Emau Island, North Efate, Vanuatu, Final report, 40 pp. http://www.crisponline.info/Portals/1/PDF/Monitoring_Emau.pdf

Esther Emmanuelli, Jocelyne Ferraris, Thierry Lison de Loma, Craig W. Osenberg et René Galzin (2007).Assessing the initial state of fish assemblages to adapt monitoring protocol for managers in a network of Marine Protected Areas, poster, European symposium on marine protected areas, Murcia (Spain).

Antoine Gilbert (2007). Précision et biais des études de consommation des poissons par enquête auprès des ménages – Cas de la commune de Haapiti (Moorea, Polynésie française), Rapport technique, 51 p. http://www.crisponline.info/Portals/1/PDF/C2A_Etude_conso_Haapiti_Moorea.pdf

Nicolas Guilpart, Dominique Pelletier, Kévin Leleu, Delphine Mallet, Gilles Hervé (2008). Guide méthodologique pour la mise en œuvre et l'analyse des stations vidéos rotatives, Rapport technique, 65 p; http://www.crisponline.info/Portals/1/PDF/Guide_methodologique_Video_rotatives.pdf

Antonin Hubert (2007). Utilisation de la perception des pêcheurs dans la gestion participative des ressources: étude de cas à Navakavu (Fidji), Rapport final, 51 p. http://www.crisponline.info/Portals/1/PDF/C2A2_Rap_methodo_Hubert.pdf

Pascal N. (2008). A bioeconomic approach for MPA benefit and cost analysis, Annexe 11 *in* Réunion annuelle générale de la composante 2A, 05-08 février 2008, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Rapport d'atelier, J. Ferraris, 29 p + annexes.

Dominique Pelletier, Kévin Leleu (2008). Utilisation de techniques vidéo pour l'observation et le suivi des ressources et des écosystèmes récifo-lagonaires, Rapport final, 81 p. http://www.crisponline.info/Portals/1/PDF/Utilisation_techniques_vidEo.pdf

Helen Sykes (2007). Status of coral reefs in the Fiji Islands 2006, Report, 65 pp. http://www.crisponline.info/Portals/1/PDF/C2A2_MONITORING_REPORT_FINAL.pdf

Caroline Vieux (2009). Gestion participative pour les Pays et Territoires français du Pacifique – Atelier de formation, Vairao, Tahiti, Polynésie française, Rapport d'atelier, 56 p. http://www.crisponline.info/Portals/0/New%20reports/FR-2009-Gestion-Participative-PTOM.pdf

POUR EN SAVOIR PLUS …..

Chabanet P., Guillemot N., Kulbicki M., Sarramégna S. and L. Vigliola (2010). Baseline study of the spatio-temporal patterns of reef fish communities prior to a major mining project in New Caledonia (South Pacific). Marine Pollution Bulletin 61 : 598-611.

Dumas P., Bertaud A., Peignon C., Léopold M. and D. Pelletier (2009). A “quick and clean” photographic method for the description of coral reef habitats. Journal of experimental marine biology and ecology 368:161-168.

Dumas P., Jimenez H., Léopold M., Petro G. and Jimmy R. (2010). Effectiveness of village-based management of reef invertebrates in Emau, Vanuatu. *Environmental Conservation* 37(3): 364-372.

Gilbert A. Gascuel D. and S. Andréfouët (2007). Modélisation halieutique de scénarii, proposition et mise en place de schémas de gestion, d’indicateurs de suivi de la ressource dans une démarche co-gestion adaptative sur trois îles de Polynésie française**.** *Document scientifique. IRD-Nouméa*, 99 p.

Guillemot N. (2010). Les peuplements de poissons récifaux et leur exploitation dans la zone de Voh-Koné-Pouembout (Nouvelle-Calédonie) : caractérisation, indicateurs et enjeux de suivi - Résumé de thèse, Cybium 34(2): 166.

Guillemot N. and M. Léopold (2010). Atlas of non-professional reef fishing activities in the Vook-Koohnê-Pwëëbuu (Voh-Koné-Pouembout) area, New Caledonia (2007 data). IRD, Noumea. 38 pp.

Guillemot N., Léopold M., Chabanet P. and M. Cuif (2009). Characterization and Management of Informal Fisheries Confronted with Socio-Economic Changes in New Caledonia (South Pacific). Fisheries research 98:51-61.

Jollit I., Léopold M., Guillemot N., David G., Chabanet P., Lebigre J.M. and J. Ferraris (2010). Geographical aspects of informal reef fishery systems in New Caledonia. Marine Pollution Bulletin 61: 585-597.

Lovell E., Sykes H., Bonito V., Khan Z. and N. Quinn (2008). In-situ Monitoring of Sea Temperatures in Fiji: An Archipelago-wide Programme. Poster presentation at the International Coral Reef Symposium, July 7-11 2008
http://marineecologyfiji.com/wp-content/uploads/2010/04/Temperature-Logger-poster.gif

Lovell E. and H. Sykes (2004). Status of Fiji’s Coral Reefs, 2004. National status report for GCRMN.

Léopold M., Cakacaka A., Meo S., Sikolia J. and D. Lecchini (2009). Evaluation of the ability of three participatory and scientific monitoring approaches to detect effects of a marine protected area on reef fish abundance in Fiji. Biodiversity and Conservation, vol. 18: 3367-3382.

Pelletier D., Leleu K., Mou-Tham G., Chabanet P. and N. Guillemot (2011). Comparison of visual census and high definition video transects for monitoring coral reef fish assemblages. Fisheries Research 107(1-3): 84-93.

Sykes H. and E. Lovell (2009). A Cause for optimism”: Identification of threats and resiliency on Pacific Reefs through establishment of a long term reef monitoring network in Fiji: The Fiji Coral Reef Monitoring Network (FCRMN). 11th Pacific Science Inter-Congress (PSI 2009), 02–06 mars 2009, Papeete, French Polynesia. Poster. http://www.crisponline.net/Portals/1/PDF/POSTER PSI Sykes.pdf

Sykes H. and C. Morris (2007). Status of Coral Reefs in the Fiji Islands, 2007. National status report for GCRMN, pp 1-52.
http://www.crisponline.net/Portals/0/New reports/ENG 2009 SWPacific Status Coral Reefs.pdf

Guide pratique sur les indicateurs d'évaluation et de suivi des écosystèmes coralliens

RÉSUMÉ :

Ce guide sur des indicateurs de l'état des récifs coralliens et des pêcheries récifales vise à fournir des éléments de diagnostic et de suivi des mesures de gestion, telles que la mise en place d'aires marines protégées, de réseaux de surveillance des récifs coralliens ou de système de co-gestion avec implication des communautés locales. A caractère méthodologique, il se veut avant tout pragmatique et synthétique afin d'illustrer une panoplie de méthodes testées et validées par des études scientifiques. Il est basé sur la constitution d'une grille de lecture d'indicateurs utilisés dans différentes études menées par des scientifiques dans le but d'améliorer la connaissance, le suivi, la gestion et la valorisation des récifs coralliens. Vingt fiches descriptives sur des méthodes d'observation (10) et des indicateurs-types (10) illustrent et mettent en exergue les points techniques de mise en oeuvre de ces outils destinés à des scientifiques, gestionnaires ou communautés locales. La bibliographie de ces études, accessible sur le site web du programme CRISP (www.crisponline.net), fournit toutes les informations de base à l'utilisateur désireux d'en savoir plus : ce guide ne se veut donc pas exhaustif des indicateurs des écosystèmes coralliens. Il a pour ambition d'être pratique et complémentaire à la majorité des guides disponibles sur les indicateurs des écosystèmes marins. Elaboré sur la base d'une synthèse d'actions de recherche menées sur le terrain, ce guide souligne les caractéristiques principales des outils recommandés à partir des applications concrètes mises en oeuvre dans le cadre du programme CRISP par les scientifiques. Il est accompagné d'un fichier de synthèse des actions ayant permis de décrire les indicateurs (Grille synthèse indicateur.xls).

ABSTRACT:

This practical guide on coral reef and reef fisheries indicators states aims at provide elements for management measure assessment and monitoring, such as implementation of marine protected areas, coral reef monitoring network or co-management system with local population involvement. With a methodological focus, it gives foremost a pragmatic and general picture to illustrate a range of methods tested and validated by scientific studies. It is based on the constitution of an interpretation charts of indicators used in several studies carried out by scientist and aims at increase the knowledge, the monitoring, the management and the development of coral reef. Twenty descriptive sheets on observations methods (10) and typical indicators (10) illustrate and underline the technical points to implement this tools for scientists, managers or local populations. The bibliography of these studies, available on the CRISP program website (www.crisponline.net), provides all the basic information to the user wishing to know more : so this guide is not exhaustive on indicators of coral ecosystems. Its ambition is to be practical and complementary to the majority of available guide on marine ecosystem indicators. Elaborated on the basis of a summary of research actions on the field, this guide highlights the main characteristics of the tools recommended by scientists, from concrete applications made during the CRISP program. It is accompanied by a synthetic folder of actions used to describe the indicators (Grille synthèse indicateur.xls).