

Aide à la prise de décision : évaluation et suivi de la vulnérabilité sociale et écologique des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens



Un scientifique étudiant les récifs coralliens dans le parc national des Îles Vierges (© NPS Climate Change Response).

RÉSUMÉ

Alors qu'ils fournissent des services essentiels aux populations locales, les récifs coralliens sont menacés par les impacts d'une multitude d'activités humaines. À travers les notions de vulnérabilité sociale et écologique des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens, il est possible de développer un cadre de gestion de risques qui permet d'identifier et de hiérarchiser les enjeux. Autrement dit la valeur humaine, économique et environnementale des éléments exposés aux risques d'événements défavorables. Ce cadre permet d'évaluer les possibilités d'action qui conduisent soit à réduire la vulnérabilité en réduisant l'aléa ou l'exposition, soit à renforcer la capacité de réponse ou d'adaptation. Dans ce *policy brief*, nous expliquons les concepts de vulnérabilité sociale et écologique, nous partageons des exemples d'indicateurs pour assurer leur évaluation et leur suivi ainsi que des exemples d'usage de ces derniers pour la caractérisation de plans d'action.



Laura Recuero Virto

Enseignante-chercheure
Léonard de Vinci Pôle Universitaire,
Research Center



Adrien Comte*

Chercheur postdoctoral
Centre International de Recherche sur
l'Environnement et le Développement



Linwood Pendleton*

Chercheur senior
Université de Bretagne Occidentale
Global Science, World Wildlife Fund
Global Change Institute, University of Queensland



Denis Bailly

Enseignant-chercheur en économie de
l'environnement
Unité mixte de recherche AMURE
Université de Bretagne Occidentale

*Affiliations lors de la première rédaction du policy brief en 2019

Les pressions liées aux activités humaines menacent-elles les services écosystémiques des récifs coralliens dont les sociétés dépendent ?

Quelle est la dépendance des sociétés aux services écosystémiques des récifs coralliens ?

Les services fournis par les écosystèmes de récifs coralliens sont importants pour la subsistance, la pêche, le tourisme, la protection du littoral et fournissent des composés essentiels au développement de nouveaux médicaments notamment pour le traitement des maladies cardiovasculaires, des ulcères, de la leucémie et du cancer de la peau (figure 1). Dans l'ensemble, les récifs coralliens fournissent des services écosystémiques d'une valeur de trois cent soixante-quinze milliards de dollars par an. Au moins un milliard de personnes obtiennent des protéines de poisson provenant des récifs coralliens et un demi-milliard de personnes dépendent des récifs de corail pour leur subsistance. Environ cent-cinquante-mille kilomètres de côtes de cent pays bénéficient d'une certaine protection des récifs en tant que barrière naturelle.



Figure 1. Des coraux cultivés pour les traitements contre le cancer à Marseille (© Coral Biome, 2019)

Les récifs sont souvent liés aux valeurs traditionnelles, spirituelles et culturelles des populations vivant proches de ces écosystèmes. La plupart des pays tributaires des récifs coralliens sont de petits États insulaires, situés dans le Pacifique et les Caraïbes. Des études montrent, qu'en moyenne, les pays dotés d'industries associées aux récifs coralliens obtiennent plus de la moitié de leur produit national brut à partir de ces activités.

Quelles sont les pressions liées aux activités humaines sur les récifs coralliens ?

Il y a de multiples menaces liées aux activités humaines qui pèsent sur les récifs coralliens, notamment la surpêche, les méthodes de pêche destructrices, les activités récréatives et le tourisme, le développement côtier, la construction des ports, les travaux de dragage,

et les pollutions en provenance des terres agricoles, du défrichage pour la construction des bâtiments, et des rejets des eaux usées et des plastiques. Le commerce illégal d'espèces sauvages et les espèces envahissantes aussi menacent les récifs coralliens. Les effets associés au changement climatique, notamment l'augmentation de la température de surface de l'océan, l'acidification de l'océan, l'élévation du niveau de la mer et les tempêtes, s'accumulent donc avec cet ensemble de pressions.

Quelle est l'impact des pressions liées aux activités humaines sur les services écosystémiques des récifs coralliens ?

La surpêche de certaines espèces peut affecter l'équilibre écologique et la biodiversité du récif. Par exemple, la surpêche de poissons herbivores peut entraîner une forte croissance d'algues. Les méthodes de pêche destructrices peuvent endommager de vastes étendues d'habitats de récifs coralliens réduisant la productivité de la région, avec des répercussions sur la pêche. Les activités récréatives peuvent induire des dommages physiques causés par des nageurs négligents, des plongeurs, des ancres de bateau mal placées, la traversée sur un corail peu profond ou l'abandon des engins de pêche.

Le ruissellement en provenance des terres ainsi que la construction de ports et les travaux de dragage, induisent une sédimentation provoquant une réduction de lumière et donc de croissance des coraux et une augmentation des nutriments qui permettent la prolifération d'algues sur le corail. Les microplastiques sont ingérés par les récifs ce qui augmente le risque de maladie à cause des pathogènes transportés.

Les dommages causés par les espèces envahissantes comprennent la modification de la dynamique des écosystèmes et la perte de biodiversité. Enfin, le changement climatique induit une perte de biodiversité et une progression à plus grande échelle de maladies. Le blanchissement des coraux affecte leur croissance, l'acidification réduit leur faculté à fabriquer leur squelette calcaire, ce qui les rend, de fait, beaucoup plus vulnérables à l'érosion (figure 2).



Figure 2. Collecte de données sur le blanchiment des coraux dans les Îles Vierges (© John Melendez, The Nature Conservancy)

À quoi sert l'analyse de la vulnérabilité des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens ?

Qu'est-ce que c'est la vulnérabilité des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens ?

Selon le cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la vulnérabilité est définie comme la propension ou la prédisposition à être affectée. Dans le cas de l'impact des pressions liées aux activités humaines sur les services écosystémiques des récifs coralliens, la vulnérabilité englobe une variété d'éléments y compris l'exposition à des impacts des activités humaines -est-ce que les impacts sont susceptibles d'affecter les récifs coralliens au niveau local ?-, la sensibilité ou la susceptibilité face à ces impacts -est-ce que ces impacts affectent les écosystèmes et les populations locales ?- et le manque de capacité des écosystèmes et des populations locales à faire face à ces impacts -est-ce que les écosystèmes et les populations locales ont la capacité de s'adapter ?-.

Pourquoi évaluer la vulnérabilité des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens ?

L'analyse de la vulnérabilité fournit des éléments pour développer des actions clés qui permettent de minimiser les impacts d'un événement. Elle permet de développer un cadre de gestion des risques, qui correspond aux politiques et outils de prévention, aux mesures de protection et de réparation adoptées et mises en œuvre par les différentes autorités compétentes. En particulier, elle permet d'identifier et de hiérarchiser les enjeux, c'est-à-dire la valeur humaine, économique et environnementale des éléments exposés à l'aléa potentiellement dangereux dont on essaie d'estimer l'intensité et la probabilité d'occurrence. Les enjeux constituent ce que l'on risque de perdre (tableau 1).

Tableau 1. Synthèse d'enjeux (Hénaff et Philippe, 2014)

TYPES D'ENJEUX
Protection de la vie humaine
Bâti
Activités, usages
Infrastructures et équipements vulnérables
Réseaux essentiels
Équipements stratégiques
Milieus naturels
Patrimoine historique

La vulnérabilité liée à la valeur humaine, autrement dit la mise en danger de la population exposée à

un aléa, n'est pas négociable : elle repose sur le principe de responsabilité collective, notamment celle de l'État. La vulnérabilité plus matérielle, qui comporte des enjeux financiers et/ou patrimoniaux, peut éventuellement faire l'objet d'une évaluation monétaire, liée à la recherche d'un compromis entre les avantages et les inconvénients des projets collectifs ou individuels de développement économique, urbain ou encore social qui impliquent une prise de risques. Ce sont des différenciations de ce type qui fondent la hiérarchisation des enjeux en appui à la définition de plans d'action.

Qu'est-ce que c'est la vulnérabilité sociale et écologique des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens ?

Qu'est-ce que c'est la vulnérabilité sociale ?

La vulnérabilité sociale permet de développer un cadre de gestion des risques. Elle a pour objectif de mieux cerner la fragilité d'un système dans son ensemble et ses capacités de reconstruction, c'est la vulnérabilité globale. Elle vise à identifier les facteurs psychologiques, sociaux, culturels et environnementaux, les conditions de vie (proximité et expérience de risques) et la relation au lieu de vie.

La vulnérabilité sociale est le résultat de la sensibilité des systèmes sociaux à la vulnérabilité écologique et de la capacité d'adaptation de la société face aux impacts (figure 3). La vulnérabilité écologique représente l'exposition des écosystèmes socio-économiques aux aléas. Par exemple, pour des communautés de pêcheurs qui dépendent des services écosystémiques des récifs coralliens, la vulnérabilité écologique désigne à quel point la ressource dont ils dépendent sera affectée par un changement.

La vulnérabilité sociale nous permet de comprendre la dépendance des systèmes sociaux par rapport aux services écosystémiques des récifs coralliens. Pour les communautés de pêcheurs, la sensibilité sociale peut être capturée à travers leur niveau de dépendance aux ressources marines ou la sensibilité de la composition des captures à l'aléa. La capacité d'adaptation reflète la faculté de la population à anticiper et à réagir aux changements, à minimiser et à se remettre des conséquences liées au changement. La capacité d'adaptation peut dépendre d'une série de facteurs assez larges, tels que l'accès au crédit, la mobilité professionnelle et géographique, ou encore les niveaux de dette ou le style de vie.

Qu'est-ce que c'est la vulnérabilité écologique

La vulnérabilité écologique est le risque associé aux aléas naturels. Elle est fonction de l'exposition écologique, de la sensibilité écologique et de la capacité de récupération écologique. L'exposition

écologique est liée à la fréquence, l'intensité et la durée d'un type donné d'aléa, donc à la probabilité de l'occurrence d'événements. Par exemple, l'exposition écologique au blanchissement des coraux peut être défini à partir d'un modèle qui identifie les conditions environnementales telles que la température, la lumière, les courants, la chlorophylle et la qualité de l'eau qui conduisent un site à être impacté par ce blanchissement.

La sensibilité écologique est la susceptibilité d'une composante d'un écosystème naturel face à l'exposition à un aléa. Par exemple, elle peut dépendre des tolérances physiologiques au changement ou à la variabilité de conditions physico-chimiques tels que la température ou le pH. Certaines espèces de coraux sont très sensibles à l'augmentation de la température de l'eau de mer alors que d'autres sont plus tolérantes.

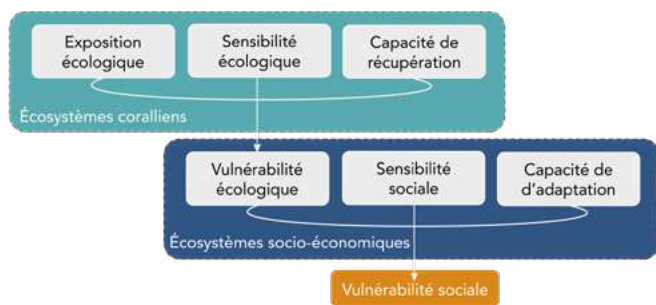


Figure 3. Cadre d'analyse intégré de la vulnérabilité sociale et écologique (élaboration propre sur la base de Marshall et al., 2013)

La capacité de récupération écologique dépend de la faculté d'un écosystème à répondre à des changements et à revenir à son état initial. Par exemple, certaines espèces de coraux sont capables de modifier leur population et de réguler l'expression de leurs gènes pour optimiser leur résistance à de fortes températures. D'autres sont capables de compenser la baisse de capacité photosynthétique en augmentant leur nutrition hétérotrophe.

Comment évaluer la vulnérabilité des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens ?

Les indicateurs sociaux et écologiques de vulnérabilité vont dépendre des aléas à évaluer, ainsi que des enjeux, c'est-à-dire, les activités socio-économiques et/ou les régions visées par les plans d'action, et les données disponibles. Une analyse exhaustive tiendrait compte de l'ensemble des aléas auxquels les enjeux sont exposés.

Quels indicateurs sociaux de vulnérabilité ?

Le tableau 2 illustre des exemples d'indicateurs de la sensibilité sociale et de la capacité d'adaptation pour les activités de pêche dans les récifs coralliens au Kenya, face aux impacts du changement climatique. Pour évaluer l'effet combiné de ces facteurs, il est possible

d'attribuer une note normalisée à chaque indicateur, entre zéro et un par exemple, et de les agréger avec des pondérations sur la base de l'avis d'experts en trois indices : la vulnérabilité écologique (voir paragraphe suivant), la sensibilité sociale et la capacité d'adaptation sociale. Il faut ensuite calculer la vulnérabilité sociale à travers l'addition de la vulnérabilité écologique et de la sensibilité sociale, et la soustraction de la capacité d'adaptation sociale.

Tableau 2. Exemples d'indicateurs de vulnérabilité sociale pour les pêches dans les récifs coralliens au Kenya face aux impacts du changement climatique (Cinner et al., 2013)

INDICATEURS DE SENSIBILITÉ SOCIALE
Dépendance aux ressources marines.
Sensibilité de la composition des captures à l'aléa
INDICATEURS DE LA CAPACITÉ D'ADAPTATION
Capacité d'action sur la ressource marine.
Accès au crédit
Mobilité professionnelle
Multiplicité des postes professionnels
Capital social (nombre de groupes communautaires)
Style de vie matérielle
Diversité des engins de pêche
Infrastructure communautaire
Confiance (dans les membres de la société, de l'Etat)
Capacité à changer les moyens de subsistance.
Endettement des ménages

Quels indicateurs écologiques de vulnérabilité ?

Le tableau 3 illustre des exemples d'indicateurs de la sensibilité écologique et de la capacité de récupération pour les activités de pêche dans les récifs coralliens au Kenya face aux impacts du changement climatique. L'exposition écologique dans ce cadre est déterminée par un modèle multivarié qui identifie les sites susceptibles d'être impactés par le changement climatique. Une valeur plus élevée avec ce modèle, implique que les sites ont plus de chances de subir du blanchissement des coraux.

Pour évaluer l'effet combiné de ces facteurs, il est possible d'attribuer une note normalisée à chaque indicateur, entre zéro et un par exemple, et de les agréger avec des pondérations sur la base de l'avis d'experts en trois indices, notamment l'exposition écologique, la sensibilité écologique et la capacité de récupération écologique. Il faudrait ensuite calculer la vulnérabilité écologique à travers l'addition de l'exposition écologique et de la sensibilité écologique, et la soustraction de la capacité de récupération écologique.

Tableau 3. Exemples d'indicateurs de vulnérabilité écologique pour les pêches dans les récifs coralliens au Kenya face aux impacts du changement climatique (Cinner et al., 2013)

INDICATEURS DE SENSIBILITÉ ÉCOLOGIQUE
Sensibilité au blanchissement des coraux
Sensibilité des poissons au blanchiment
INDICATEURS DE LA CAPACITÉ DE RÉCUPÉRATION
Recouvrement corallien
Recouvrement corallien versus de macroalgues
Recouvrement calcifiant versus non calcifiant
Distribution par taille des coraux
Richesse des coraux
Biomasse de poisson
Métabolisme écologique
Taux d'herbivore en relation à la production algale
Richesse spécifique de poisson
Complexité du substrat (rugosité)
Distribution en taille des poissons
Diversité fonctionnelle des herbivores

Quelle utilité des enquêtes de perception des populations ?

Avant de proposer des actions pour réduire la vulnérabilité des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens, des enquêtes de populations nous permettent de rendre compte de manière qualitative du savoir local qui influence leur capacité d'adaptation et qui apporte des solutions face aux changements environnementaux. Ces enquêtes peuvent aussi aider à appréhender la perception des changements dans l'écosystème corallien, spécifiquement les coraux, les poissons, les invertébrés et les algues, et la perception des menaces qui pèsent sur les récifs coralliens. Ces informations peuvent compléter et nuancer les indicateurs quantitatifs, ainsi que porter un éclairage sur les actions les plus appropriées au contexte local.

Quelles actions pour réduire la vulnérabilité des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens ?

Quelle utilité des cartes de vulnérabilité ?

Pour analyser les actions à choisir pour réduire la vulnérabilité des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens, il est utile de visualiser les différentes composantes des indicateurs de vulnérabilité sociale et écologique pour pouvoir hiérarchiser les enjeux, c'est-à-dire, la valeur humaine, économique et environnementale des éléments exposés à l'aléa dans différents sites. Ainsi, ces cartes de vulnérabilité permettent de prioriser les enjeux selon divers critères

et demeurent un outil au service de la gestion des risques des systèmes socio-écologiques (figures 4 et 5).

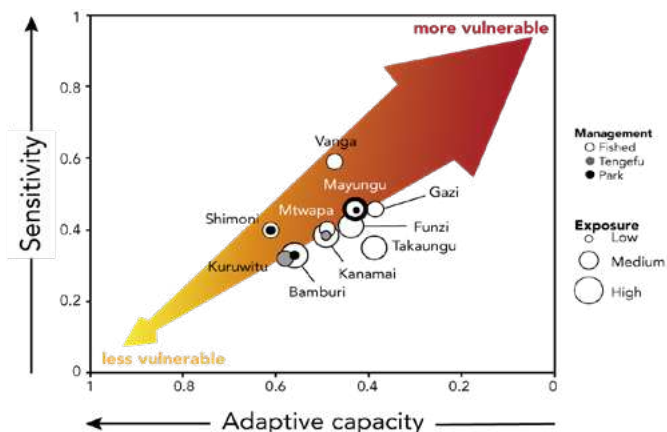


Figure 4. Carte de vulnérabilité sociale des communautés côtières au Kenya selon les modes de gestion (accès libre *fished*, accès contrôlé *tengefu*, et protégé *park*) face aux impacts du blanchissement des coraux pour les pêches dans les récifs coralliens (Cinner et al., 2013)

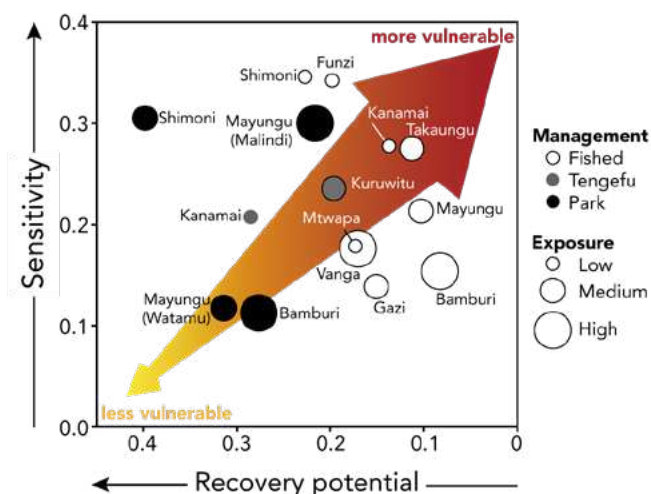


Figure 5. Carte de vulnérabilité écologique des communautés côtières au Kenya selon les modes de gestion (accès libre *fished*, accès contrôlé *tengefu*, et protégé *park*) face aux impacts du blanchissement des coraux pour les pêches dans les récifs coralliens (Cinner et al., 2013)

Quelles mesures pour réduire la vulnérabilité sociale des socio-écosystèmes dépendant des récifs coralliens ?

Ces cartes de vulnérabilité permettent de visualiser quelles composantes contribuent le plus à la vulnérabilité sociale d'un site de façon à pouvoir mettre en place des actions locales adaptées. Ainsi, dans la figure 4 le site de Takaungu a un niveau de vulnérabilité sociale élevé à cause d'une forte exposition sociale et d'une faible capacité d'adaptation, alors que la sensibilité sociale n'est pas très importante. Les actions sur ce site pourraient se focaliser sur l'amélioration de la capacité d'adaptation car il est plus difficile de mettre en place des actions pour réduire l'exposition sociale.

Le tableau 4 présente les actions possibles pour influencer les différentes composantes de la vulnérabilité sociale des activités de pêche dans les récifs coralliens au Kenya, face aux impacts du changement climatique. Pour le site de Takaungu, les programmes de microcrédit et les projets de développement des infrastructures pourraient avoir une influence importante sur leur capacité d'adaptation sociale. Dans une moindre mesure, des actions d'éducation et de soutien aux initiatives et organismes communautaires pourraient améliorer la capacité d'adaptation.

Au vue de la figure 4, le site de Vanga est vulnérable principalement à cause d'une sensibilité sociale élevée. Les actions pour réduire la vulnérabilité sociale de ce site pourraient se concentrer sur la réduction de cette sensibilité sociale. Dans le tableau 4, on constate que les actions plus adaptées pour la réduction de la vulnérabilité sociale sur ce site portent d'abord sur le développement des activités de subsistance supplémentaires et ensuite, sur la promotion de l'utilisation d'engins de pêche moins susceptibles d'être touchés négativement par le blanchissement des coraux tels que les lignes à main.

Tableau 4. Actions possibles pour influencer les différentes composantes de la vulnérabilité sociale des activités de pêche dans les récifs coralliens au Kenya face aux impacts du changement climatique (Cinner et al., 2013)

COMPOSANTE DE LA VULNÉRABILITÉ	POTENTIEL D'INFLUENCE	ACTIONS POSSIBLE
Exposition sociale (ou vulnérabilité écologique)		
Exposition sociale	Moyen	Développer la gestion au niveau local pour augmenter la capacité de récupération écologique et la sensibilité écologique (par exemple, à travers des aires marines protégées et de la gestion basée sur les engins de pêche)
Sensibilité sociale		
Dépendance aux ressources marines	Élevé	Développer des activités de subsistance supplémentaires
Sensibilité de la composition des captures à l'aléa	Moyen	Promouvoir l'utilisation d'engins de pêche moins susceptibles d'être touchés négativement par le blanchissement des coraux tels que les lignes à main
Capacité d'adaptation sociale		
Capacité d'action sur la ressource marine	Moyen	Éducation et participation à la recherche
Accès au crédit	Élevé	Programmes de microcrédit, soutien à l'épargne communautaire
Multiplicité des postes professionnels	Faible	Soutien à la croissance économique
Capital social (nombre de groupes communautaires)	Moyen	Soutien aux initiatives et organismes communautaires
Diversité des engins de pêche	Faible	Formation, fourniture d'équipements
Infrastructure communautaire	Élevé	Projets de développement des infrastructures dans les zones rurales
Confiance (dans les membres de la société, de l'État)	Faible	Éradication de la corruption
Capacité à changer les moyens de subsistance	Faible	Renforcement des compétences et des capacités
Richesse (style de vie, endettement)	Faible	Plans de réduction de la pauvreté et politiques de croissance en faveur des pauvres

Quelles perspectives pour la mise en place de l'approche ?

Quel type d'information il faudrait produire ?

Il faudrait renseigner la vulnérabilité écologique, c'est à dire prioriser les principales sources de dégradation d'un récif et les caractériser. Il faudrait aussi renseigner la vulnérabilité sociale à travers des indicateurs économiques, tels que le chiffre d'affaires de la pêche, ou des indicateurs physiques tels que la fréquentation des touristes et la part de l'apport en protéines pour la consommation de subsistance. Ceci permettrait de définir la dépendance de la population locale.

Il y a beaucoup plus d'indicateurs physiques que monétaires. Cependant, les indicateurs monétaires sont parfois clés. Pour les services écosystémiques de protection côtière, la question se pose de caractériser le risque s'il n'y a plus de récif. Pour ce cas, il faudrait des indicateurs monétaires pour évaluer le coût de remplacement du récif par une barrière artificielle.

Ces indicateurs permettent de mesurer les effets d'interdépendance et les échelles de dépendance. On peut alors anticiper qu'avec la disparition d'une activité, il y a des autres plus en aval qui disparaissent aussi. Ces indicateurs permettent d'identifier quel groupe social dépendent des services écosystémiques et avec quelle degré d'intensité, ainsi que l'importance relative de ce groupe par rapport poids des activités économiques.

Quand est-ce qu'il faut produire ce type d'information ?

Il faut caractériser et documenter les indicateurs. Il faut d'abord aller chercher dans des indicateurs qui existent déjà et aussi mettre en place de dispositifs de suivi de cette vulnérabilité. Suivre la vulnérabilité écologique et sociale à de l'intérêt que si on fait une évaluation pour indiquer les pressions. Il y a des pressions sur lesquelles on peut agir au niveau local, et des autres sur lesquelles on ne peut pas. Les indicateurs sur des pressions permettent de se poser la question des leviers d'action (voir l'approche intégrée DPSIR (éléments moteurs, pressions, état, incidences, réactions)). Les indicateurs de vulnérabilité demandent une procédure assez lourde pour les caractériser, qui est justifiée lorsque ces indicateurs permettent le développement des programmes d'action. Les récifs des pays développées peuvent bénéficier du développement de ces indicateurs et aussi certaines régions comme les Caraïbes à cause des enjeux économiques locaux.

Le développement de ces indicateurs est justifié pour mettre la science au service de l'action. Ceci dans la perspective d'une approche de gestion écosystémiques du socio-écosystème récifale. Ce cadre s'insère dans les travaux entamés en Europe avec la Directive cadre du milieu marin sur la base de l'approche écosystémique

DPSIR. Avec cette Directive, il y a des cycles de six ans d'évaluation et de plans d'action. Le premier plan d'action est en cours d'évaluation, et des propositions sont présentées pour le plan d'action du troisième cycle. Le plan d'action du deuxième cycle vient d'être adopté. Ce cadre permet de repenser les programmes de suivi pour être plus adaptés aux besoins de la définition des politiques publiques. Cela a transformé les programmes de suivi du milieu marin.

La tendance à développer des programmes de suivi des effets socio-économiques est nouvelle. Jusqu'à maintenant il y avait uniquement un suivi biologique. Il faut caractériser aussi les évolutions socio-économiques par rapport au milieu à travers les observatoires socio-économiques ou de l'économie bleu. Il ne faut pas faire uniquement le suivi de l'état mais observer l'évolution de cet état du milieu par rapport aux pressions, et activités humaines liées aux récifs.

Tous les pays dans l'Union européenne ont dû développer une stratégie, et un plan d'action dans la cadre de la Directive. Ces informations sont publiées et accessibles pour toutes les régions en Europe continental. La Commission européenne a laissé le choix aux Etats Membres d'étendre cette Directive aux régions ultrapériphériques avec un débat en cours sur sujet en France. Les régions avec récifs coralliens pourraient s'inspirer de cette initiative européenne pour la gestion des récifs afin de mettre en place un cadre DPSIR pour la gestion écosystémique. Le problème soulevé est bien de la lourdeur de la procédure et des moyens à allouer.

SOURCES ET LECTURES COMPLÉMENTAIRES

- **Brooks, N., 2003.** Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper 38.
- **Cinner, J. E., Huchery, C., Darling, E. S., Humphries, A. T., Graham, N. A. J., et al., 2013.** Evaluating social and ecological vulnerability of coral reef fisheries to climate change. PLoS ONE 8(9): e74321. doi:10.1371/journal.pone.0074321..
- **Comte, A., Pendleton, L., Vi, J., 2019.** Vulnérabilité et adaptation des populations de Polynésie française qui dépendent des récifs coralliens face au changement climatique. Document de travail, UMR AMURE, Brest.
- **Ekstrom, J. A., Suatoni, L., Cooley, S. R., Pendleton, L. H., Waldbusser, G. G., Cinner, J. E., ... & Portela, R., 2015.** Vulnerability and adaptation of US shellfisheries to ocean acidification. Nature Climate Change, 5(3), 207-214. doi:10.1038/nclimate2508.
- **Hénaff, A., Philippe, M., 2014.** Gestion des risques d'érosion et de submersion marines. Guide méthodologique. Projet CORISCO, 153p.
- **Marshall, N.A., Tobin, R.C., Marshall, P.A. et al., 2013.** Social Vulnerability of Marine Resource Users to Extreme Weather Events. Ecosystems 16: 797. <https://doi.org/10.1007/s10021-013-9651-6>.
- **Pendleton, L., Comte, A., Langdon, C., Ekstrom, J. A., Cooley, S. R., Suatoni, L., et al., 2016.** Coral reefs and people in a high-CO2 world: Where can science make a difference to people?. PLoS ONE 11(11): e0164699. doi:10.1371/journal.pone.0164699.

OCEAN UNIVERSITY INITIATIVE

L'Ocean University Initiative a été initiée par les collectivités Bretonnes. Elle est mise en œuvre par l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) avec pour but de créer les conditions de la mise en place d'un institut de l'Université des Nations Unies dédié à l'océan et aux littoraux, et pour moyens la réalisation d'actions de préfiguration dans trois domaines : la recherche, la formation et la communication.

OCEAN University Initiative
UBO - IUEM
Rue Dumont d'Urville
29280 PLOUZANÉ

Coordinateur : Denis Bailly
contact@ocean-univ.org
ocean-univ.org

UNE INITIATIVE PORTÉE PAR