



LES

Rencontres

DE L'ONEMA

Mangroves : quels indicateurs pour la directive cadre sur l'eau ?

Séminaire organisé par le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et l'Onema du 28 au 30 septembre 2015

Comment prendre en compte les mangroves de Guyane, de Guadeloupe, de Martinique et de Mayotte dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau littorales pour la directive cadre sur l'eau (DCE) ? À quelles pressions anthropiques sont-elles soumises localement, comment y répondent-elles ? Quels descripteurs faut-il suivre pour appréhender leur état de santé ? Missionné par l'Onema pour répondre à ces questions, le groupe de travail « DCE Mangroves » s'est réuni pour initier les réflexions sur le sujet.

Écosystèmes emblématiques du littoral tropical, les mangroves couvrent environ 70 000 hectares en Guyane française ; elles se rencontrent également en Guadeloupe (3 993 ha), en Martinique (2 100 ha) et à Mayotte (735 ha). Riches d'une faune et d'une flore très particulières, structurées autour des peuplements de palétuviers, ces « forêts salées » constituent ainsi, dans les outre-mer français, une composante remarquable de nombreuses masses d'eau côtières telles que définies pour la mise en œuvre de la DCE. Pourtant, alors que, par exemple, les récifs coralliens et les herbiers font l'objet de travaux dédiés depuis plusieurs années, les mangroves restent aujourd'hui l'un des derniers « compartiments » écologiques majeurs à ne pas faire l'objet d'un suivi DCE spécifique, faute d'indicateurs pour l'évaluation de leur état. Cela pourrait bientôt changer : sous l'impulsion de l'Onema et du MNHN, un groupe de travail a été créé en 2015 afin d'évaluer la pertinence et la faisabilité de tels outils, puis le cas échéant d'en piloter le développement.

Une prise en compte indispensable

Rassemblant une douzaine de membres – spécialistes de l'écologie des mangroves, mais aussi chercheurs issus des sciences humaines et sociales, de la botanique ou de l'archéozoologie, ainsi que des

représentants de la mise en œuvre des politiques publiques et de la gestion des milieux –, le groupe¹ s'est réuni à Paris, pour son atelier de lancement. Ces premiers échanges ont confirmé tout l'intérêt du développement d'une évaluation basée sur ces écosystèmes, au regard de l'importance de leur rôle écologique à



Une mangrove estuarienne de Guyane.

1. Les experts scientifiques présents au séminaire : Olivier Brivois (BRGM), François Fromard (CNRS), Marie-Christine Cormier-Salem et Daniel Guiral (IRD), Guillaume Dirberg, Sandrine Grouard et Tarik Meziane (MNHN), Daniel Imbert (Université des Antilles), Florent Taureau (Université de Nantes).

l'interface des milieux terrestres et de l'océan. Protégeant la côte contre l'agression de la houle et des tempêtes, les mangroves assurent également le piégeage des sédiments et de la pression polluante, venus des bassins versants. Elles favorisent ainsi le développement des écosystèmes associés, herbiers et récifs coralliens. Considérées comme l'un des plus productifs des écosystèmes terrestres, les mangroves participent activement au recyclage de la matière organique et au stockage du carbone. Elles fournissent un flux de nutriments essentiel aux milieux voisins, constituent une zone d'alimentation et d'abris pour de nombreuses espèces marines, tout en étant l'habitat privilégié d'une biodiversité spécifique. Elles concentrent enfin d'importants enjeux patrimoniaux et économiques : des ressources halieutiques à l'activité touristique et au soutien à la biodiversité.

Une démarche pragmatique

Le développement d'indicateurs « mangrove » implique cependant de lever plusieurs difficultés scientifiques. Ainsi, les forêts de palétuviers ont en commun une grande variabilité spatiale et temporelle de leurs conditions environnementales, due principalement à l'influence plus ou moins forte de la marée. Il en résulte dans les DOM une importante diversité des mangroves, qui doit être prise en compte et formalisée dans une typologie, afin de dimensionner au mieux les suivis de terrain dans l'optique d'une surveillance DCE. Autre obstacle, l'absence *a priori* de sites non perturbés (sauf en Guyane) sur lesquels s'appuyer pour la définition des conditions de référence.

Avec l'objectif de proposer un premier outil opérationnel dans trois ans, pouvant être prescrit réglementairement pour le 3^e cycle de gestion DCE (2022-2027) à un coût raisonnable, le groupe de travail s'oriente vers un développement suivant une approche « experte ». Celle-ci peut procéder, par exemple, en quatre phases :

- la sélection de paramètres, leur traduction en métriques et l'identification de leurs réponses aux pressions ;
- la définition de valeurs de référence et de seuils de classes pour les métriques candidates ;
- la formulation d'un indicateur combinant les métriques retenues ;
- la validation de l'indicateur par le biais de sa réponse aux pressions, établie *a posteriori*, sur un jeu de données indépendant de celui ayant servi au développement de l'outil.

Tableau 1 : Identification et hiérarchisation des pressions anthropiques affectant les mangroves, pour chaque DOM, en fonction du risque de non atteinte du bon état écologique.

Pression	Guyane	Martinique	Guadeloupe	Mayotte
Dégradations physiques (défrichement, remblaiement...)	Extension périurbaine Défrichement pour infrastructures	Extension périurbaine Miroirs de chasse Curage et rectification de canaux	Extension périurbaine Curage et rectification de canaux	multiples sources de dégradations potentielles sur l'ensemble des mangroves
Nutriments, matières organiques	Eaux usées urbaines	Rejets d'eaux usées non traitées, dysfonctionnement des stations de traitement Rejets d'industries agroalimentaires Décharges	Rejets d'eaux usées non traitées, dysfonctionnement des stations de traitement Rejets d'industries agroalimentaires Décharges	Rejets d'eaux usées non traitées, dysfonctionnement des stations de traitement
Sédiments, matières en suspension	Pas d'enjeu (à confirmer)	Remobilisation des sédiments Curages de canaux	Remobilisation des sédiments Curages de canaux	Hypersédimentation localisée (liée aux pratiques agricoles)
Polluants chimiques : pesticides	Ponctuel, localisé	Chlordécone et nombreux autres pesticides agricoles	Chlordécone et nombreux autres pesticides agricoles	À préciser sur la base de l'étude prospective 2012
Polluants chimiques : composés pharmaceutiques	Localisé (urbain)	À préciser sur la base des résultats de la campagne exploratoire 2012	À préciser sur la base des résultats de la campagne exploratoire 2012	À préciser sur la base des résultats de la campagne exploratoire 2012
Polluants chimiques : métaux lourds		Zinc, plomb, étain (zones portuaires, peintures antifouling, batteries) Concentration très forte en plomb associée aux miroirs de chasse	Zinc, plomb, étain (zones portuaires, peintures antifouling, batteries)	Décharges, macrodéchets
Polluants chimiques : hydrocarbures	Localisé (urbain)	Raffinerie, aires de stockages, ports	Aires de stockages, ports	Localisé (port, aéroport, ville de Mamoudzou)
Hydrologie/hydromorphologie	Cas particulier de l'estuaire du Sinnamary à l'aval du barrage de Petit-Saut	Ouverture et modification de canaux, rectification de cours d'eaux, remblais	Ouverture et modification de canaux, rectification de cours d'eaux, remblais	À confirmer (remblais)

Enjeu prioritaire
 Enjeu fort
 Enjeu moindre ou localisé
 Pas d'enjeu ou à confirmer

Les pressions identifiées et hiérarchisées

Condition préalable à la construction d'indicateurs DCE, une première phase du séminaire a concerné l'analyse des pressions anthropiques que subissent les mangroves. Ce travail, appuyé sur une revue bibliographique réalisée en amont, a été mené pour chaque DOM : les pressions, selon leur type et leur importance, ont été hiérarchisées en fonction du risque *a priori* de non-atteinte du bon état écologique. Ces résultats sont rassemblés dans le tableau 1 (p. 2).

Descripteurs pressentis et fréquences de suivi

Les réflexions se sont ensuite focalisées sur l'identification des éléments pertinents nécessaires à la construction d'éventuels indicateurs. Une fois identifiées les différentes pressions anthropiques, de quelle manière affectent-elles les mangroves ? Quels descripteurs faut-il suivre pour obtenir une information quantifiable sur leurs impacts ? Et quels seraient les pas de temps pertinents pour réaliser ces suivis, au regard des moyens disponibles et des contraintes opérationnelles ? Une première série de réponses a été apportée et les premières pistes de développement ont été proposées.

Pour rendre compte des **dégradations physiques** portées aux mangroves, la détection des changements de surface et/ou des pertes de densité du couvert apparaît incontournable. Elle peut être réalisée annuellement, à un coût limité, par analyse d'images satellitaires à haute résolution spatiale. Cela ne suffira cependant pas à établir les causes des modifications (urbanisation, déprise agricole, coupes, déplacement naturel des mangroves en Guyane...) et éventuellement leur réversibilité : lorsqu'un changement est détecté, le diagnostic de terrain reste nécessaire.

Les **apports de nutriments et de matières organiques** se traduisent par des changements dans la couleur et la surface des feuilles des palétuviers, avec un apparent paradoxe : les rejets anthropiques conduisent à des feuilles « en meilleure santé ». Mais ces apports modifient

Daniel Imbert, Université des Antilles

« De nombreuses mangroves connaissent une forte variabilité naturelle de leurs caractéristiques, dans le temps comme dans l'espace. Cela constitue bien sûr une grosse difficulté pour l'évaluation de leur état sous influence anthropique. Elle pourrait conduire le groupe de travail à baser sa démarche sur une typologie des principales unités écologiques constituant la mangrove, que nous savons désormais distinguer à partir de l'analyse des images satellites. À l'issue du premier atelier, quatre types apparaissent pertinents : le front de mer, l'arrière mangrove de transition vers la forêt d'eau douce, l'arrière mangrove de transition vers les tannes (étendues peu végétalisées et sur-salées) et les terres émergées, et enfin la mangrove rivulaire, en bordure de cours d'eau. Les futurs indicateurs intégreraient des métriques communes à tous ces types, et d'autres plus spécifiques – inutile par exemple de suivre la sédimentation en arrière mangrove sur-salée. »

également la communauté microbiologique des sédiments, ainsi que la diversité et l'abondance de la faune. Les protocoles de suivi restent à définir, mais là encore, l'analyse annuelle des images satellitaires apparaît pertinente pour une première détection des impacts, à affiner le cas échéant par des visites de terrain. Déjà étudié à Mayotte, le dosage de la chlorophylle-a, rapporté à la surface foliaire (pour une espèce de palétuvier donnée), pourrait fournir un bon descripteur quantitatif. D'autres pistes ont été proposées, en particulier l'étude de la macrofaune (comportement des crabes, assemblages d'espèces, densités de terriers...) ou la localisation des zones de rejets sur les images satellites infrarouges où elles forment des taches d'une intensité caractéristique.

Les **apports de sédiments et de matières en suspension** peuvent être mesurés classiquement par la mise en œuvre de réseaux de piquets gradués, complétée par l'interprétation de l'évolution des bordures de mangroves sur les images satellitaires. Une difficulté sera de discriminer les apports d'origine anthropique de la sédimentation naturelle : l'analyse des usages et de l'érosion des sols sur les bassins versants pourra y contribuer. Pour cette catégorie de pression, le suivi devra être réalisé à un rythme au moins biannuel : avant et après la période cyclonique.

Le suivi des **micropolluants (pesticides, substances pharmaceutiques, métaux lourds, hydrocarbures)** est particulièrement pertinent dans le cadre de la DCE du fait de la position de réceptacle des mangroves pour de nombreuses substances en provenance des bassins versants. Le cocktail chimique s'y traduit notamment par des modifications de

l'activité enzymatique des communautés de micro-organismes qui dégradent la matière organique présente dans les sédiments. Cet indicateur fonctionnel de la mangrove peut être mesuré par des techniques simples et très complémentaires des indicateurs basés sur la structure des communautés. Ces suivis, qui nécessitent cependant un effort de terrain significatif, pourraient être mis en œuvre une fois par plan de gestion, ou ponctuellement pour des contrôles d'enquête en cas de pollution avérée.



La mangrove du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe.

Enfin, les pressions sur **l'hydrologie et l'hydromorphologie**, détectables en première analyse à partir des images satellites (localisation des ouvrages, des drains agricoles, changements de végétation...), pourront être confirmées sur le terrain par

la mesure des modifications de salinité et de potentiel d'oxydoréduction des sédiments, complétée par des observations visuelles. Le suivi, réalisé annuellement, devra prendre en compte la variabilité saisonnière de ces paramètres, en particulier dans le cas de la salinité.

La bonne interprétation de ces descripteurs dans la perspective de la DCE implique cependant de pouvoir discriminer les réponses des mangroves aux pressions non prises en compte dans l'évaluation. C'est le cas notamment des effets de la variabilité naturelle et du changement climatique : submersions marines et autres événements météorologiques exceptionnels. Cela impliquera le suivi de **descripteurs complémentaires**, dont le groupe de travail a dressé une première liste. Par exemple pour les pressions de type « dégradation physique », il faudra prendre en compte la fréquence des ouragans et le temps écoulé après chaque événement, les mouvements du trait de côte, ainsi que les évolutions de l'orientation et du régime des houles.



Une mangrove de Mayotte à marée haute.

Un premier plan d'échantillonnage en 2016

À l'issue de ces discussions, les contours de futurs indicateurs ont été posés. Beaucoup reste bien sûr à faire en vue de la constitution d'un réseau de suivi et d'acquisition de données et la construction d'indicateurs opérationnels. Les tâches à mener dans les mois et les années à venir ont été discutées. Les protocoles de terrain, en partie décrits pour certains, restent à formaliser. L'effort

Alain Pibot, Conservatoire du littoral

« *Incontournables pour l'évaluation DCE outre-mer, les mangroves sont des systèmes complexes et relativement peu étudiés : la mise au point d'outils d'évaluation de l'état écologique à la fois robustes et utilisables par les gestionnaires de terrain sera un vrai défi. Pour les prochaines échéances du groupe de travail, la priorité sera à mon sens de travailler sur les métriques les plus opérationnelles à court terme : l'évolution de la surface des différentes composantes des mangroves ; les tests de pertinence des méthodes basées sur l'activité microbiologique des sédiments, simples et peu coûteuses ; ou encore la morphologie de la mangrove en front de mer, qui donne des informations majeures sur l'équilibre biosédimentaire par simple observation depuis un bateau. À travers le Pôle-relais mangroves et zones humides d'outre-mer, le Conservatoire jouera tout son rôle dans ce développement en accompagnant des opérations de terrain, mais aussi en apportant un appui et des outils aux gestionnaires locaux : parcs, réserves, collectivités. »*

portera aussi en 2016 sur l'établissement d'un plan d'échantillonnage pour la phase de test des différents descripteurs, avec l'identification de sites présentant des niveaux d'exposition contrastés vis-à-vis de chaque pression. Cela nécessitera un important travail de caractérisation des pressions. Le groupe d'experts souligne à ce sujet la qualité de *l'Atlas des mangroves de Mayotte 2012*, publié par la direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL) de Mayotte. La réalisation de ce type d'inventaire, descriptif et assez peu coûteux, par les gestionnaires des autres DOM serait un apport précieux pour la démarche de construction d'outils d'évaluation DCE, notamment pour la recherche de sites non ou peu perturbés et de sites « test » perturbés, permettant d'appuyer la réflexion sur le lien pression-état. Un autre axe de travail concerne l'acquisition de connaissances, aujourd'hui très lacunaires, sur la situation historique des mangroves. Plusieurs pistes ont été évoquées pour ce faire : analyse d'images aériennes anciennes, synthèse d'informations issues de fouilles archéologiques ou recueil de témoignages locaux sur l'évolution de l'occupation des sols.

À l'issue de ce premier séminaire, dense et productif, la dynamique est enclenchée. Le groupe prévoit de se réunir une nouvelle fois en mai 2016 : il s'agira alors notamment de dimensionner les besoins humains et financiers et de proposer un calendrier d'actions pour le développement des indicateurs dès l'année 2017. ■

Pour en savoir plus

Synthèse bibliographique sur la bioindication dans les mangroves :

http://www.onema.fr/IMG/pdf/2015_058.pdf

Synthèse des travaux du GT :

http://www.onema.fr/IMG/pdf/2015_059.pdf

Synthèse sur la bioindication en outre-mer :

<http://www.onema.fr/IMG/pdf/Bioindication-outremer2016.pdf>

Organisation du séminaire

Guillaume Dirberg, chargé de mission GT DCE DOM mangrove, MNHN, département milieux et peuplements aquatiques (DMPA)

Olivier Monnier, chargé de mission écosystèmes d'outre-mer, Onema, direction de l'action scientifique et technique (DAST)

LES
Rencontres
DE L'ONEMA



Directeur de publication : Paul Michelet

Coordination : Véronique Barre (direction de l'action scientifique et technique) et Claire Roussel (délégation à l'information et à la communication)

Rédaction : Laurent Basilio, Guillaume Dirberg, Olivier Monnier

Secrétariat de rédaction : Béatrice Gentil (délégation à l'information et à la communication)

Maquette : Éclats Graphiques

Réalisation : www.kazoar.fr

Impression : IME by estimprim

Impression sur papier issu de forêts gérées durablement :

Onema : 5 square Félix Nadar - 94300 Vincennes

Disponible sur :

<http://www.onema.fr/Les-rencontres-de-l-Onema>

