



GT DCE mangroves
Compte rendu du deuxième séminaire

Stratégie de développement des
outils de bio-indication en
mangroves pour la DCE

Paris, MNHN, 10-12 mai 2016

Rédacteur : Guillaume DIRBERG

Convention ONEMA/MNHN 2016
Document élaboré dans le cadre de la Solidarité avec l'Outre-mer

17/02/2017 - Version finale

Paris, MNHN, 10-12 mai 2016

Participants :

Geneviève Barnaud - MNHN

Daniel Imbert - Université des Antilles

Olivier Brivois - BRGM

Tarik Meziane - MNHN

Philippe Cuny - Université de Marseille

Olivier Monnier - ONEMA

Guillaume Dirberg - MNHN

Alain Pibot - CdL

François Fromard - CNRS

Christophe Proisy - IRD

Sandrine Grouard - MNHN

Thomas Stieglitz - CNRS

Daniel Guiral - IRD

Florent Taureau - Université de Nantes

Cédric Hubas - MNHN

Hélène Udo - MNHN

Relecture : Romain Walcker - CNRS

Résumé :

Le deuxième séminaire du GT DCE « mangroves » a permis d'établir une première liste des descripteurs du bon état écologique des mangroves du point de vue de la DCE, de finaliser le choix des paramètres pertinents pour la construction d'outils de bioindication, et de poser les bases de la phase test d'acquisition de données qui permettra de construire les outils de bioindication. Le groupe de travail se donne pour objectif de disposer des premiers outils opérationnels pour le prochain cycle de gestion de la DCE débutant en 2022.

Mots clés :

Bioindication, mangrove, DCE, DOM

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : DOM insulaires

Citations locales : eaux littorales

Niveau de lecture : professionnels, experts

Table des matières

Jour 1	- 5 -
Introduction	- 5 -
DCE, milieux humides, coordination des politiques publiques	- 5 -
Masses d’eaux et périmètre de réflexion du GT	- 7 -
Limites masses d’eaux.....	- 7 -
Marais saumâtres.....	- 7 -
Le calendrier	- 8 -
Le « bon état écologique »	- 8 -
Jour 2	- 10 -
Les paramètres	- 10 -
1. Dynamique non perturbée de la structure forestière.....	- 10 -
2. Croissance non perturbée des palétuviers.....	- 11 -
3. Bonne capacité régénérative de l’écosystème mangrove.....	- 11 -
4. Abondance et diversité non perturbées des espèces de l’écosystème.....	- 11 -
5. Non perturbation des caractéristiques fonctionnelles du sédiment.....	- 12 -
6. Absence de signe d’eutrophisation.....	- 12 -
7. Vulnérabilité de la mangrove vis-à-vis de l’évolution du niveau de la mer.....	- 13 -
8. Vulnérabilité de la mangrove dans les scénarii d’urbanisation, occupation des sols.....	- 13 -
Description et justification des méthodes	- 13 -
1. Le peuplement de palétuvier.....	- 13 -
Télé-détection.....	- 13 -
Inventaire forestier.....	- 14 -
2. Le fonctionnement biologique du sédiment.....	- 15 -
Empreintes chimiques.....	- 16 -
Génétique.....	- 17 -
Activité catabolique et enzymatique du sédiment.....	- 17 -
Remaniement sédimentaire.....	- 18 -
Paramètres complémentaires.....	- 18 -
3. Contextualisation socio-historique.....	- 18 -
« Shifting baselines » - références mobiles.....	- 18 -
Dimension sociologique.....	- 19 -
Connaissance des pressions.....	- 19 -
4. Choix des sites de la phase de développement.....	- 19 -
Guyane.....	- 19 -

Martinique.....	- 20 -
Guadeloupe.....	- 20 -
Mayotte.....	- 21 -
St Martin.....	- 21 -
Jour 3.....	- 22 -
Organisation de la phase de développement des outils de bioindication.....	- 22 -
1. Implication des laboratoires de recherche.....	- 22 -
2. Budget.....	- 23 -
Conclusions.....	- 23 -
Bibliographie.....	- 25 -

Jour 1

Introduction

Dans le cadre de la mise en place de la DCE dans les DOM, la question de la construction d'indicateurs d'état écologique basés sur la mangrove a été posée. Un groupe de travail, réunissant des experts scientifiques des mangroves et des personnels de l'administration impliqués dans leur conservation a été constitué en 2015 et s'est réuni les 10-11-12 mai 2016 au MNHN à Paris pour son deuxième séminaire de travail.

L'objectif de ce séminaire était de poursuivre les réflexions amorcées lors du 1^{er} séminaire de 2015 de manière à proposer une stratégie de développement et de validation de ces indicateurs.

Les questions abordées au cours de ce séminaire sont les suivantes :

- Que signifie une masse d'eau en « bon état écologique » du point de vu de l'élément de qualité biologique (EQB) « mangroves » ?
- Quels sont les paramètres pertinents qui permettront la construction d'outils de bioindication ? (tout en prenant en compte les contraintes de faisabilité et de connaissance)
- Quelles protocoles / méthodes mettre en œuvre pour chacun de ces paramètres ?
- Quel plan d'échantillonnage pour la phase test ?
- Quels moyens humains, techniques, financiers ?

Le présent compte rendu synthétise les résultats du 2^e séminaire du GT DCE « mangroves » en ajoutant des éléments utiles à sa compréhension pour une personne que ne serait pas familière de la DCE, et des éléments organisationnels complémentaires (partenaires, financements) qui ont été résolus après le séminaire.

DCE, milieux humides, coordination des politiques publiques

Au cours de la première demie journée, le contexte général de la DCE a été rappelé, ses objectifs, son vocabulaire, l'organisation de sa mise en œuvre et le processus itératif de construction des indicateurs.

Geneviève Barnaud, qui travaille sur le développement d'outils de bioindication DCE dans les milieux humides d'eau douce métropolitains, mais également sur de nombreux programmes transverses à tous les milieux humides, nous a présenté l'état d'avancement de leurs travaux. Cette présentation a permis de donner au GT le panorama des actions en cours dans lequel s'inscrivent ce GT et ses travaux, et dont il pourrait s'inspirer.

Le constat a été fait qu'il n'existe pas d'autre groupe de réflexion national sur les mangroves associant scientifiques et gestionnaires. Les thématiques abordées dans ce cadre DCE trouvent leur place dans le Plan National Zones Humides, et répondent en partie à l'objectif de l'IFRÉCor (Initiative Française pour les Récifs Coralliens) de mise en place d'un réseau d'observation des mangroves et à certains des besoins de l'ONB (Observatoire National de la Biodiversité). Un groupe de ce type existe cependant à

l'échelle régionale (groupe Expert DCE Parc Marin Naturel de Mayotte). Ce groupe a listé des paramètres, et déterminé des sites de suivi.

Par construction la DCE, pour le présenter dans une terminologie qui n'est pas la sienne et qui a émergée récemment, poursuit un objectif de conservation d'un bien écosystémique, une eau de qualité et en quantité suffisante pour la consommation humaine, et des services écosystémiques concourant au maintien de ce bien, et non pas un objectif de conservation de la « biodiversité ». Néanmoins, sa mise en œuvre à travers la bioindication, et le fait que l'atteinte de ses objectifs nécessite la prise en compte de la qualité écologique du milieu, conduit à la production d'information et de données sur la biodiversité qui peuvent être utiles dans le cadre d'autres politiques publiques environnementales. De plus, elle met en place des mesures de gestion qui concourent indirectement à la conservation de la biodiversité. La formulation explicite de la DCE, orientée vers la préservation de biens et services écosystémiques, évite les pièges réductionnistes et les paradoxes associés à l'approche inverse qui consisterait à vouloir construire des indicateurs basés sur les services écosystémiques dans le cadre d'objectifs de conservation de la biodiversité. Ainsi, indirectement, à l'échelle de son champ d'application, la DCE participe de manière importante aux objectifs de protection du milieu naturel et de conservation de la biodiversité.

Ainsi, les actions entreprises dans ces différents cadres (PNZH, ONB, Ifrecor, DCE) répondent à des objectifs différents mais convergents, de protection du milieu naturel et de développement soutenable: information publique, suivi et évaluation de l'état du milieu à des fins de gestion. Les objectifs diffèrent par leur caractère plus ou moins opérationnel, par l'échelle (locale, régionale ou nationale) dans laquelle ils s'inscrivent, et les besoins réglementaires auxquels ils répondent. Par exemple, les indicateurs développés dans le cadre de la DCE répondent à des objectifs opérationnels et de gestion adaptés aux pressions s'exerçant à l'échelle locale (même si les résultats sont par la suite agrégés pour permettre un rapportage à la Commission Européenne). Les indicateurs ONB répondent eux à un objectif d'information au niveau national. Bien que certains de ces indicateurs peuvent paraître identiques, en particulier des indicateurs très intégratifs du type « évolution de la superficie de la mangrove », il faut garder à l'esprit que la pertinence du type de données nécessaire (précision, fréquence...) dépend de la question posée (de l'échelle, de l'utilisation de l'information produite), et ainsi les méthodes mises en œuvre pour les obtenir seront différentes : par exemple des images à très haute résolution spatiale sont nécessaires pour définir un indicateur associé à une action locale (évaluation d'état, suivi d'une mesure de gestion), alors que des images à moindre résolution spatiale sont suffisantes pour fournir cette information à l'échelle nationale.

Il est important, par souci d'économie, d'efficacité et de pertinence, de veiller à la bonne intégration des différentes actions menées dans ces différents cadres, en particulier quand sont impliquées des actions de terrain, qui sont coûteuses, et des experts scientifiques, qui sont en nombre limité. Néanmoins il faut systématiquement s'interroger sur l'adéquation de la question posée et de la méthode mise en œuvre, étape trop souvent négligée.

Cet aspect restera un point sans cesse à améliorer.

Ainsi, dans cet esprit de cohérence et de mutualisation entre politiques publiques, le Conservatoire du Littoral, s'est engagé à échanger avec le GT sur le cahier des charges techniques d'un appel d'offre sur l'état de santé des mangroves de Martinique, de manière à ce que l'action entreprise permette d'alimenter la phase test de développement d'outils de bioindication DCE dans les mangroves, selon les modalités proposées par le GT.

A ce stade, si le GT a été officiellement réuni dans le cadre strict de la DCE, il est de fait un lieu privilégié d'échanges scientifiques et techniques, transverses aux différentes politiques publiques. Cela a été remarqué et apprécié par l'ensemble des membres du GT.

Seule instance d'expertise collégiale entre scientifiques et gestionnaires, ce GT pourrait avoir vocation dans l'avenir, en particulier dans le cadre de l'AFB, à s'ouvrir aux questions de recherche posées par d'autres politiques publiques. Et, tout au moins dans le cadre de la DCE, à aborder les questions scientifiques liées à l'ingénierie écologique pour la remédiation et la restauration des mangroves ; notamment à l'occasion du séminaire 2018.

Masses d'eaux et périmètre de réflexion du GT

Limites des masses d'eaux

La DCE vise l'atteinte du bon état écologique ou la non dégradation du bon état et du très bon état des masses d'eaux. L'évaluation de cet état écologique est basée sur la qualité de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

Les « masses d'eaux » sont des espaces géographiques au sein desquels les conditions hydrologiques, hydromorphologiques, physicochimiques, biologiques, présentent une certaine homogénéité. Elles ont été établies à dire d'expert au début de la mise en œuvre de la DCE. Ces masses d'eaux sont l'unité de gestion, d'évaluation et de rapportage de la DCE. Elles peuvent être modifiées si elles ne sont plus jugées pertinentes au regard de connaissances nouvelles.

Les limites des masses d'eaux DCE ne sont pas bien adaptées à la prise en compte des mangroves : les mangroves se situent précisément à l'interface entre des eaux douces et des eaux salées mais n'appartiennent pas forcément à une « masse d'eau de transition » (réservées aux estuaires et lagunes). De plus les limites amonts des mangroves peuvent se situées au-delà des limites des masses d'eaux côtières ou de transition définies pour la DCE pour des secteurs non affectés par les remontées salines voir même en amont des éventuels coins salés.

La définition des « masses d'eaux » relevant avant tout de contraintes administratives (gestion, rapportage), il n'est pas raisonnable de considérer leurs limites de manière stricte : les mangroves seront considérées pour l'évaluation dans leur intégrité écologique (pour l'évaluation de l'évolution des lisières et des superficies par exemple), et l'état de l'EQB mangroves sera pris en compte dans l'évaluation de la masse d'eau littorale ou de transition qui les contiennent entièrement, ou partiellement si cela est jugé pertinent.

Marais saumâtres

La question de la prise en compte des marais saumâtres (forêts marécageuses à *Pterocarpus* notamment) dans le cadre des travaux de ce GT a été soulevée. Cette question est d'autant plus importante que l'enjeu patrimonial et les enjeux propres à la DCE y sont importants. Ces marais se situent en amont de la mangrove, présentant un continuum hydrologique avec celle-ci, constituent la limite amont de cette zone humide située à l'interface terre-mer, et leur dynamique évolutive est

fortement liée à l'influence marine. Pour ces raisons, il a été jugé pertinent que les travaux du GT s'étendent dans l'avenir aux marais saumâtres.

La DCE préconise de s'appuyer sur des éléments de qualité biologique (EQB) et de développer des outils de bioindication basés sur les caractéristiques des biocénoses attachées à ces EQB. Les EQB choisis pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eaux des DOM sont par exemple le phytoplancton, la flore autre que le phytoplancton (macroalgues, angiospermes, microphytobenthos), les invertébrés benthiques (endofaune des fonds meubles, benthos récifal...), les poissons (uniquement en eaux de transition).

L'objet de ce GT est la proposition d'une stratégie de développement des outils de bioindication pour les EQB mangroves et marais saumâtres.

Le calendrier

L'objectif est de disposer des premiers outils de bioindication en mangrove pour la troisième phase de gestion DCE 2022-2027, permettant ainsi leur déploiement au sein du Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS). Le calendrier de développement proposé est le suivant :

Année 2015-2016 : Mise en place GT, choix des descripteurs pertinents, des protocoles, des types d'analyse

Année 2017-2021 : Phase test : collecte et analyse des données sur un nombre de sites restreints (sites impactés et sites de référence)

Année 2021 : Validation des protocoles et calage des seuils de bon état sur la base des éléments fournis par la phase test

Année 2021-2022 : déploiement progressif du RCS

Année 2023 : retour d'expérience, bilan, ajustements

Année 2027 : retour d'expérience, bilan, ajustements

Le « bon état écologique »

Au sens de la DCE, le « bon état écologique » est défini comme un état proche d'un état de référence peu ou pas perturbé par les activités anthropiques et permettant le maintien durable des activités humaines.

Nous nous trouvons systématiquement face à une difficulté lorsqu'il s'agit d'interpréter cette définition et de la traduire en termes opérationnels, notamment pour des raisons épistémologiques (la qualification de « bon » ne relevant pas de la science mais d'un choix sociétal et politique ; le cadre conceptuel DCE et les présupposés associés à la démarche sont questionnables, en terme d'efficacité ou de pertinence), épistémiques (les connaissances sont lacunaires : sur la variabilité naturelle, sur la

dynamique à long terme ...) et techniques (les états de référence n'existent pas forcément, ni même parfois la connaissance de ce que devrait être un état de référence ; les moyens financiers et les compétences disponibles doivent être pris en compte).

Face à la nécessité d'avancer dans la mise en œuvre de la DCE, mais conscient des limites et difficultés de la démarche évoquées précédemment, le GT s'est proposé d'adopter une démarche pragmatique consistant à avancer pas à pas, à proposer un premier cadrage conceptuel et méthodologique permettant de débiter une phase de tests, qui pourra être ajustée par la suite au regard des premiers résultats et de l'évolution des réflexions.

Ainsi, concernant le « bon état », le GT s'est proposé de formuler une première série de descripteurs du bon état de l'EQB mangroves traduisant le bon état écologique de la masse d'eau. Cette réflexion permet d'orienter le choix des paramètres pertinents qui permettront de construire les outils de bioindication associés à l'EQB mangroves.

Les descripteurs du bon état de l'EQB mangroves retenus sont :

- a. Dynamique non perturbée de la structure forestière.**
- b. Croissance non perturbée des palétuviers.**
- c. Bonne capacité régénérative de l'écosystème mangrove.**
- d. Stabilité de l'abondance et de la diversité des espèces.**

Les espèces ciblées sont les espèces trophiquement dépendantes d'un faciès de la mangrove et les espèces dont le trait de vie dépend d'un faciès de la mangrove. La dynamique naturelle des populations doit être prise en compte.

- e. Non perturbation des caractéristiques fonctionnelles du sédiment.**

Il s'agit en particulier des capacités de dégradation de la matière organique et de recyclage des éléments nutritifs in situ.

- f. Absence de signe d'eutrophisation.**

Tous ces descripteurs s'entendent par rapport à une situation historique connue, hors événement climatique exceptionnel et suivant le faciès (cortège spécifique ou stade évolutif) de la mangrove.

Au-delà des descripteurs de bon état témoignant de la situation présente, il paraît important de rajouter des critères de vulnérabilité à moyen terme :

- g. Vulnérabilité de la mangrove vis-à-vis de l'évolution du niveau de la mer.**

Il s'agit en particulier de la disponibilité de surfaces colonisables en amont.

- h. Vulnérabilité de la mangrove dans les scénarii d'urbanisation, occupation des sols.**

Jour 2

Les paramètres

Les outils de bioindication développés doivent permettre :

- de rendre compte de l'état du milieu et de l'impact des pressions ;
- d'évaluer chaque situation locale par rapport à un état de référence ;
- de rendre compte de l'efficacité des mesures de gestion qui devront être préconisées et mises en œuvre en cas de non atteinte ou de risque de non atteinte du bon état écologique ;

... tout en prenant en compte les contraintes fortes :

- possibilité de comparaison avec des états de références ;
- compatibilité avec une fréquence d'échantillonnage annuelle (ordre de grandeur) ;
- disponibilité des compétences ;
- coût raisonnable de la mise en œuvre au sein d'un réseau de surveillance.

Le premier séminaire avait abordé le choix des paramètres par l'entrée pressions : quelles sont les principales pressions auxquelles sont soumises les mangroves, quels sont les paramètres/variables biologiques les plus susceptibles de réagir à ces pressions (Voir le CR du 1^{er} séminaire pour la liste des pressions et leur priorisation par DOM).

Le deuxième séminaire a abordé la question dans l'autre sens : à quoi correspond le bon état de l'EQB mangrove.

La présence d'un plus grand nombre d'experts scientifiques au deuxième séminaire a permis d'enrichir le débat sur le choix des paramètres et des méthodes, de confirmer, modifier et de compléter le choix des paramètres effectués lors du premier séminaire.

De manière à prendre en compte la diversité des pressions et des impacts potentiels, les différentes temporalités des réactions biologiques à ces pressions, le GT a proposé un ensemble de paramètres reflétant à la fois l'état de la structure et du fonctionnement de l'écosystème mangrove, à différents niveaux de complexité biologique.

A l'issue de ces deux séminaires, nous aboutissons à la proposition d'un ensemble de paramètres « candidats » qui devrait nous permettre de développer des outils de bioindication DCE en mangrove. Ils sont classés ci-après en fonction du descripteur de bon état de l'EQB mangrove pour lequel ils ont été identifiés comme pertinent.

1. Dynamique non perturbée de la structure forestière

- Paramètres :
1. Superficie par faciès (ha), position géographique (x,y) des lisières et des faciès ;
 2. Taux d'ouverture du couvert végétal (=recouvrement de la strate/des strates arborée(s)).

3. Surface terrière (m²/ha) des diverses espèces constitutives des faciès, taux d'arbres morts total et par espèce (%) ;
4. Présence/absence d'autres végétaux (lianescents, epiphytes, fougères,...).

Méthodes :

1. Traitement d'images satellitaires multispectrales à très haute résolution spatiale (photo-interprétation, analyse de texture et analyse spectrale) ;
2. Traitement d'images satellitaires THR + photographies d'en dessous (verticale) de la canopée ;
3. Inventaire forestier : identifications des espèces et mesures au sein de placettes (3 placettes par sites, la superficie de chaque placette sera déterminée par la densité des faciès étudiés).

Mise en œuvre : Annuelle pendant la phase test

2. Croissance non perturbée des palétuviers.

Paramètres : Diamètre du tronc pour les individus > 1cm de diamètre et hauteurs (m) des arbres (cime et première branche) au sein des placettes.

Méthodes : Inventaire forestier au sein de placettes : Mesure des diamètres par mètre ruban et des hauteurs par laser-mètre. Etiquetage métallique des arbres au sein des placettes, identifications des espèces et mesures sur le terrain.

Mise en œuvre : Annuelle pendant la phase test

3. Bonne capacité régénérative de l'écosystème mangrove.

Paramètres :

1. Nombre de tiges et hauteur des individus de diamètre ≥1cm (valeur à définir), par espèce ;
2. Microbiologie : activité respiratoire globale et standardisée, activités enzymatiques potentielles et effectives, cinétique de colonisation par les biofilms ;

Méthodes :

1. Comptage et identification sur le terrain au sein des placettes ;
2. Sur échantillons composite de carottes sédimentaires : Oxytop, Biolog, biochimie (composition en pigments, acides gras, sucres et protéines) ; sur litterbag : biochimie et poids des feuilles ; sur plaquettes colonisées par biofilm : biochimie, biofilmcontrol, drop-collapse assay ;

Mise en œuvre : Annuelle pendant la phase test

4. Abondance et diversité non perturbées des espèces.

Paramètres :

1. Abondance et diversité des palétuviers (nb d'espèces/ha) ;
2. Abondance et diversité microbienne du sédiment ;
3. Abondance et diversité de la méiofaune ;
4. Abondance et diversité de la macrofaune benthique (hormis les crabes) ;
5. Diversité et abondance des crabes.

- Méthodes :
1. Inventaire forestier ; description des faciès de mangrove ;
 2. PCR quantitative et caractérisation de la diversité (barcoding 16S MiSeq Illumina) des bactéries et Archées au sein de 2 ou 3 horizons de carottes recueillies au sein des divers faciès de mangrove ;
 3. Identification et dénombrement de la méiofaune dans les carottes sédimentaires (grands groupes taxonomiques) ;
 4. Identification et dénombrement de la macrofaune dans les carottes sédimentaires (grands groupes taxonomiques) ;
 5. Densité et classes de taille de terriers de crabes et données naturalistes.

Mise en œuvre : Annuelle pendant la phase test

5. Non perturbation des caractéristiques fonctionnelles du sédiment.

- Paramètres :
1. Microbiologie : activité respiratoire globale et standardisée, activités enzymatiques potentielles et effectives, cinétique de colonisation par les biofilms ;
 2. Remaniement sédimentaire par la macrofaune et la méiofaune ; densité et classes de taille des terriers de crabes ;
 3. Abondances et diversités bactériennes et des archées ;
 4. Abondance et diversité de la méiofaune ;
 5. Abondance et diversité de la macrofaune benthique (hormis les crabes).

- Méthodes :
1. Sur des échantillons composites de diverses carottes sédimentaires recueillies par faciès : Oxytop, Biolog, biochimie (composition en pigments, acides gras, sucres et protéines) ; à partir de litterbag : suivi des évolutions pondérales et biochimique des feuilles en cours de minéralisation ; sur des plaquettes colonisées par le biofilm : biochimie, biofilmcontrol, drop-collapse assay ;
 2. Traceurs inertes (microsphères) ; comptage dans des quadrats ;
 3. PCR quantitative et caractérisation de la diversité (barcoding 16S MiSeq Illumina) des bactéries et archées au sein de 2 ou 3 horizons de carottes recueillies au sein des divers faciès de mangrove ;
 4. Identification et dénombrement de la méiofaune dans les carottes sédimentaires (grands groupes taxonomiques) ;
 5. Identification et dénombrement de la macrofaune dans les carottes sédimentaires (grands groupes taxonomiques).

Mise en œuvre : Annuelle pendant la phase test

6. Absence de signe d'eutrophisation.

Paramètres : Présence/absence de signes d'eutrophisation (bloom macroalgues, diatomées)

Méthodes : Observation naturaliste

Mise en œuvre : Annuelle pendant la phase test

7. Vulnérabilité de la mangrove vis-à-vis de l'évolution du niveau de la mer.

- Paramètres : Superficie (ha) potentiellement colonisable disponible en amont.
- Méthodes : Observations sur les images satellitaires, analyse de Modèles Numériques de Terrain, observations *in situ*.
- Mise en œuvre : Annuelle pendant la phase test

8. Vulnérabilité de la mangrove dans les scénarii d'urbanisation, occupation des sols.

- Paramètres : Prise en compte des mangroves dans les politiques d'aménagement du territoire
- Méthodes : Diagnostique des documents d'aménagement
- Mise en œuvre : A voir avec les services compétents

Description et justification des méthodes

Les paramètres proposés, tant structurels que fonctionnels, rendent compte de différents niveaux de complexité biologique et peuvent être classés en fonction du compartiment observé et de l'approche utilisée :

1. Le peuplement de palétuvier

Téledétection

La téledétection spatiale présente un potentiel important pour la surveillance à long terme du milieu naturel, et des mangroves en particulier. Dès le premier séminaire du GT mangrove, cette approche a été mise en avant comme étant susceptible de constituer un outil d'alerte, notamment en cas de changements détectés, déclenchant une action de terrain permettant de rechercher l'origine du changement.

L'approche proposée ici s'appuie sur des images satellitaires multispectrales à très haute résolution spatiale (type Pléiades, WorldView, GeoEye ...). L'analyse combinée de la texture (méthode FOTO, Proisy et al. 2006) et des couleurs (Viennois et al. 2016), permet d'identifier et de suivre les différents faciès de la mangrove, leur extension spatiale, leur évolution (analyse diachronique) et de développer différents indicateurs de leur état.

Une acquisition de données sur le terrain reste nécessaire (vérité terrain) pour permettre l'interprétation des images, en particulier et de manière plus intense pendant la phase de développement des outils de bioindication, de calage des méthodes et de réflexion sur les seuils du bon état.

Il est attendu de cette approche à la fois de permettre la construction d'indicateurs mais également de fournir des informations contextuelles permettant l'interprétation des observations et mesures réalisées au travers des autres approches proposées conjointement.

L'utilisation d'autres moyens de télédétection a été envisagée par le GT mais n'ont pas été retenus pour la phase de développement des outils de bioindication DCE.

L'utilisation d'image Landsat n'a pas été retenue : la résolution spatiale des images (30m) n'est pas suffisante pour permettre le développement d'indicateurs opérationnels à l'échelle de sites et de leur masse d'eau. L'utilisation des images SENTINEL reste à évaluer.

Pour permettre de positionner les stations en fonction des durées d'ennoiement, un MNT pourrait être utilisé mais l'utilisation de sondes enregistreuses de niveau d'eau de terrain (type HOBO) a été préférée parce que moins cher et qu'il s'agit d'une mesure directe. Des levées DGPS pourront être réalisées pour avoir l'altitude des quatre coins des placettes. Ainsi la proposition de réaliser des MNT à partir de LIDAR aéroportés (drône ou avion) n'a pas été retenue. Néanmoins, si des données LIDAR (par exemple litho3D) existent et sont accessibles sur un site, leur utilisation sera envisagée.

La méthode de photogrammétrie 3D pourrait être utilisée mais nécessiterait une phase de développement et l'acquisition des données est moins simple que pour l'imagerie satellitaire.

L'utilisation de « l'avion jaune » n'a pas été retenue parce qu'elle n'est pas compatible avec la mise en place d'une surveillance DCE (coût et fréquence d'acquisition sur 4 DOM). Il permettrait néanmoins de disposer de très bonnes images de l'état initial et son utilisation reste très intéressante en cas de problème identifié : il s'agit d'un bon outil de diagnostic ou d'état des lieux (après un cyclone ou une prolifération d'insectes phytophages comme *Helesia metabus* par exemple).

La cartographie IGN programmée tous les cinq ans pourrait être une bonne source d'information. Un travail d'analyse diachronique spécifique reste à développer. Ce travail est chronophage et pour cela n'a pas été considéré comme prioritaire. Une analyse des images d'archive fournirait néanmoins des informations sur le contexte des sites.

Inventaire forestier

Il s'agit de caractériser la structure du peuplement forestier ainsi que sa dynamique dans l'espace et le temps.

Les palétuviers constituent les espèces ingénieures structurantes de l'écosystème mangrove. Localement, la composition spécifique est à la fois caractéristique des conditions environnementales (hydrologie, pédologie, physico-chimique...) et le résultat d'une histoire (contexte biogéographique, aménagements, prélèvement de bois, phénomènes climatiques exceptionnels, aléas de la dynamique naturelle ...). Ainsi le peuplement de palétuviers intègre les modifications du milieu, qu'elles soient associées à des pressions anthropiques ou non, et certains des paramètres environnementaux pourraient être intégrés dans les outils de bioindication.

Cette information est également essentielle pour le positionnement et la caractérisation des stations, et l'interprétation des données : la durée et la fréquence des phases d'ennoiement (ou d'exondation) est le paramètre majeur de la structuration des faciès et de la productivité des mangroves, et donc de leurs communautés benthiques associés. Ainsi les différents résultats seront analysés par faciès et

l'évaluation du bon état ne pourra se faire qu'en comparaison à un état de référence correspondant à un même type de faciès.

De même la surface terrière et sa déclinaison pour les diverses espèces constitutives du peuplement est un paramètre important : il n'est possible de comparer que des placettes qui ont une même surface terrière, i.e. un stade de développement comparable et donc des apports de litière au sol du même ordre de grandeur. Ainsi l'âge de la mangrove est un critère important (peuplement pionnier, jeune, adulte, sénéscent, dépérissant...).

L'ensemble des paramètres proposés n'a pas vocation à être suivi sur le long terme. Il s'agit de permettre un état des lieux, de fournir des éléments de contexte permettant l'interprétation, et de caler certaines métriques (biomasse par exemple) et indices obtenus par le traitement des images satellitaires (vérité terrain).

Au-delà des paramètres identifiés, le travail de terrain sera également l'occasion de relever un ensemble d'informations complémentaires permettant la contextualisation des interprétations, de distinguer l'impact des pressions anthropiques relevant de la DCE de la variabilité naturelle et des conséquences du changement climatique, et d'établir le lien entre les évolutions constatées et les pressions. Ainsi seront notés :

- tous les critères naturalistes de changement d'état : signes de dépérissement, de mortalité massive, partielle ou sélective des palétuviers ; proliférations d'insectes, d'algues ... ; disparition de la macrofaune (crabes, gastéropodes ...)
- les signes d'événements climatiques catastrophiques (tempêtes tropicales, cyclones ...).

2. Le fonctionnement biologique du sédiment

La structuration et le fonctionnement de l'écosystème mangrove repose en grande partie sur l'activité et la dynamique des communautés benthiques. La productivité des palétuviers est notamment étroitement liée aux processus de rétention et de minéralisation de la matière organique qui dépendent directement de la bioturbation, de l'activité des communautés microbiennes et de l'hydrodynamique.

La bioturbation (sensu Kristensen et al., 2012) correspond aux déplacements de matériel particulaire (i.e. remaniement sédimentaire) et dissous (i.e. ventilation), dans et à la surface des sédiments, induits par les différentes activités des organismes benthiques (respiration, recherche de nourriture, construction et entretien de structures biogènes, excrétion, ...). Ces activités induisent la redistribution des particules sédimentaires et la modification des flux d'eau et de solutés associés, conditionnant ainsi les flux de matière organique et de sels nutritifs au niveau de l'interface eau-sédiment et dans la colonne sédimentaire (~0-2m). La bioturbation génère de l'hétérogénéité au sein de la matrice sédimentaire et régule d'une manière importante le fonctionnement biogéochimique des écosystèmes sédimentaires superficiels. Elle stimule généralement la minéralisation et le recyclage des sels nutritifs, et limite le stockage de la matière organique en profondeur dans la colonne sédimentaire. Elle joue également un rôle déterminant sur le devenir des contaminants.

Dans les écosystèmes aquatiques, les communautés microbiennes peuvent être vues comme des paysages écologiques singuliers et complexes. Leur singularité est souvent liée aux paramètres environnementaux qui structurent les assemblages de différentes espèces, leurs productions et donc les processus biochimiques. Cependant, de nombreux facteurs (topographie, broutage, ...) sont autant

de facteurs qui influencent l'hétérogénéité spatiale de ces paysages et façonnent ces assemblages à partir de processus initialement purement stochastiques.

Dans ces conditions, il est nécessaire de comprendre la structure, la diversité et le fonctionnement des assemblages microbiens pour pouvoir identifier leur potentiel de bioindication.

Ainsi, la prise en compte du système benthique dans l'évaluation de l'état fonctionnel de la mangrove apparaît donc primordiale. Il possède par ailleurs la propriété de réagir rapidement face aux perturbations et aux modifications de la qualité du milieu. La caractérisation de la structure des communautés benthiques, de leur activité, et des densités des organismes dans le sédiment est donc à même d'aider à établir un diagnostic de l'état fonctionnel de la mangrove et de son incidence en tant que facteur contributeur majeur à la définition du bon état écologique des masses d'eau littorale et estuarienne adjacentes.

Pour comprendre les liens entre les paramètres et identifier ceux étant les plus susceptibles d'être utilisés pour la construction d'outils de bioindication et donc retenus pour un déploiement à plus large échelle, plusieurs méthodes seront déployées. Ces méthodes sont complémentaires, n'ont pas toute vocation à être répétées à long terme. Certaines méthodes simples et peu coûteuses pourront ainsi être testées et validées en regard de descriptions plus fines du fonctionnement biologique du sédiment.

Elles s'appuient sur 4 actions couplées mais distinctes sur le terrain :

- liter-bag (a) ;
- plaques de colonisation (b) ;
- carottage (c, d, e, f, g, h) ;
- comptage sur placettes (i)

Empreintes chimiques

L'action proposée intègre les informations à la fois sur la diversité des micro-organismes qui constituent ces communautés mais également sur leur production des métabolites secondaires. Pour cela, il est proposé de définir des « empreintes chimiques » de ces communautés à partir de marqueurs uniques ou des combinaisons de marqueurs chimiques comparables aux « empreintes génétiques » couramment obtenues par TTGE, DGGE ou T-RFLP. Il sera également possible de coupler ces marqueurs afin d'obtenir des informations sur la taxonomie, la qualité trophique, le fonctionnement et la structure chimique des biofilms. Le but final de cette approche est d'utiliser ces informations dans un but de bioindication et, autant que possible de les relier à des estimateurs simple de la qualité des eaux. Cette même approche sera menée sur les trois actions de terrain :

- a. Liter-bag : une expérience *in situ* sera menée dans les zones choisies (i.e. impactées vs. non impactées) afin d'estimer le potentiel de dégradation des communautés microbiennes : différents marqueurs (pigments photosynthétiques, compositions en acides gras, compositions en sucres et protéines) seront mesurés afin de comprendre les processus de dégradation et leur influence sur la qualité de la matière organique dégradée. Ces mesures fines seront reliées à des estimateurs simples (poids des feuilles, ...)
- b. Des plaques de colonisation seront immergées dans les chenaux des sites choisis et les marqueurs précédents mesurés afin de suivre la dynamique de colonisation des plaques par les biofilms. Une attention particulière sera portée sur les métabolites secondaires produits par les micro-organismes qui sont très sensibles aux perturbations environnementales. Des marqueurs

(monosaccharides, acides aminés) seront mesurés afin de caractériser au mieux ces productions. Un ou des indicateurs simple seront également testés (biofilmcontrol, drop-collapse assay) ;

- c. Communautés microbiennes des sédiments : les marqueurs cités précédemment seront également recherchés sur les échantillons composites issus des carottes sédimentaires. Ces approches permettront de relier les « empreintes chimiques » des communautés microbiennes à des indicateurs plus fins de la diversité des communautés (par séquençage) et de leur activité (estimation de la richesse et de la diversité potentielles des activités enzymatiques en condition standard (Biolog)) ;

Génétique

En complément de la caractérisation des « empreintes chimiques et génétiques » et du potentiel fonctionnel des communautés microbiennes (tests enzymatiques), il est proposé, sur les carottes sédimentaires de

- d. caractériser la structure phylogénétique des communautés microbiennes (bactéries, archées, fungi) par une approche de barcoding 16S (MiSeq Illumina) ;
- e. quantifier par PCR quantitative en temps réel (Q-PCR) l'abondance sédimentaire de bactéries et d'archées.

La caractérisation des communautés microbiennes (diversité, abondance) sera réalisée dans trois horizons sédimentaires (0-2 cm), (2-4 cm) et fond de la carotte afin d'intégrer la variabilité liée aux gradients verticaux qui existent naturellement dans les sédiments (e.g. solutés, accepteurs d'électrons, pH, potentiel d'oxydo-réduction).

Activité catabolique et enzymatique du sédiment

Ces approches plus rapides et moins coûteuses seront déployées sur les mêmes échantillons composites issus des carottes sédimentaires. Il sera ainsi possible de tester ces méthodes développées par ailleurs pour la bioindication des sols pollués.

- f. L'activité catabolique / la respiration (méthode Oxytop) est un paramètre très intégrateur qui peut permettre de quantifier l'impact des pressions anthropiques (pollution, enrichissement en nutriments). Des différences de respiration dans des sols de même nature et présentant les mêmes caractéristiques qualitative et quantitative de leur matière organique peuvent être révélatrices de dysfonctionnement microbien même si les causes de ces perturbations ne sont pas connues ou visibles.
- g. Les activités enzymatiques sont considérées comme de bons indicateurs du fonctionnement biochimique des sols qu'ils soient naturels ou soumis à des apports et/ou des transformations anthropiques. Le système Biolog utilisant des microplaques avec 31 substrats carbonés plus ou moins complexes permet une estimation standardisée de la richesse fonctionnelle et, en considérant les intensités relatives des réponses, la diversité fonctionnelle

En complément d'une analyse qualitative de la structure populationnelle des communautés microbiennes impliquées dans la minéralisation de la MO et dans les étapes contribuant à la libération des éléments nutritifs immobilisés au sein de la nécro-masse, il semble utile d'estimer les réelles incidences fonctionnelles de ces modifications populationnelles sachant en effet qu'une part très importante des populations microbiennes peuvent survivre sur de longues périodes mais en état de

« starvation » et ainsi d'être donc détectable par approche biomoléculaire mais être fonctionnellement inopérante.

Au sein d'un même contexte hydro-géo-chimique de sols de mangrove colonisés par une formation arborée de même structure et à un stade de développement similaire et soumis à un même régime d'exondation/submersion, l'étude comparative des sols recueillis respectivement au sein d'un site manifestement soumis à des rejets polluants ou eutrophisants et au sein d'un site a priori non soumis à des apports anthropiques doit permettre de confirmer si les conclusions émises pour les sols sont aussi pertinentes pour la caractérisation de l'état écologique des mangroves et pour le suivi des actions de remédiation.

Remaniement sédimentaire

- h. Le remaniement sédimentaire sera évalué in situ à l'aide de traceurs inertes, de granulométrie similaire à celle du dépôt, fluorescents, déposés en surface et récupéré par carottage sédimentaire au bout d'un temps défini.
- i. Les communautés macrobenthiques (densité, structure) à l'origine de ce remaniement seront caractérisées. Cette caractérisation sera effectuée à partir de 3 carottes sédimentaires (environ 20 cm de profondeur et 10 cm de diamètre) prélevés dans chacun des 2 sites de référence.
- j. La densité de terriers de crabes et leurs classes de taille seront évaluées. Les crabes terricoles sont des espèces ingénieuses importantes de la mangrove, participant à l'oxygénation du sédiment. Le comptage des terriers a été préféré pour des raisons de faisabilité au comptage des crabes eux-mêmes.

Paramètres complémentaires

Le cas échéant des analyses chimiques ciblées (éléments-traces métalliques (ETM), HAP, PCB, pesticides - dont la chlordécone pour les Antilles - ...) seront réalisées en fonction des pressions identifiées de manière à caractériser l'environnement et l'intensité des pressions anthropiques. Les paramètres physico-chimiques seront mesurés in situ : potentiel redox, pH, salinité... Les sédiments prélevés dans les carottes seront caractérisés (nature des sédiments, granulométrie, caractérisation qualitative et quantitative de la matière organique, dosage des tanins totaux et hydrosolubles).

3. Contextualisation socio-historique

Ces différents points avaient fait l'objet d'une discussion lors du premier séminaire et ont été rappelés lors du deuxième sans développements supplémentaires.

« Shifting baselines » - références mobiles

La connaissance du contexte historique « récent » des mangroves est importante pour l'interprétation des résultats : date des derniers événements climatiques exceptionnels, modifications hydrauliques sur le bassin versant, pollutions rémanentes ...

Des connaissances historiques plus anciennes (données archéologiques, palynologiques, cartes anciennes) sont susceptibles de nous fournir des informations sur la présence des mangroves sur le

temps long. Ce type d'information permet d'enrichir la réflexion sur le choix des sites de référence et d'éviter le piège de considérer des références qui seraient très biaisées par nos lacunes de connaissances et le défaut de données anciennes.

Un travail de synthèse de ces informations historiques est proposé dans le cadre de la phase de développement des indicateurs.

Dimension sociologique

Le contexte sociologique, la connaissance des usages et représentations, est susceptible également de nous éclairer sur le devenir des mangroves et de fournir les clés de compréhension nécessaires à une gestion intégrée. Une étude est actuellement en cours en Martinique. Cette première étude pourra nous éclairer sur l'utilisation potentielle de cette approche dans le cadre DCE.

Connaissance des pressions

Un état des lieux des pressions est disponible pour chaque DOM, mais le niveau de détail est variable. Le GT pointe la nécessité de disposer d'un état des lieux à jour, avec un niveau de détail suffisant (type de pression, localisation) pour permettre de relier les impacts et les pressions et permettre, le cas échéant, la proposition de mesures de gestion.

4. Choix des sites de la phase de développement

Pour chaque DOM, il s'agit d'identifier et de choisir un nombre restreint de sites de référence et de sites avec des pressions anthropiques avérées, présentant des faciès de mangrove comparables. Deux sites de référence et deux sites soumis à pressions par DOM paraît être un objectif raisonnable pour la phase de développement.

Pour affiner cette réflexion sur les sites de référence et sur les sites soumis à pression, il sera important de consulter les rapports DCE existant (état des masses d'eau amont dans l'état des lieux DCE 2013), les données des campagnes prospectives de mesure de la pollution chimique (pesticides, HAP, PCB ...) de 2012 et la liste des usages et pressions potentielles du bassin versant.

Les scientifiques du GT ont rappelé l'importance de la connaissance de l'historique des sites car des perturbations naturelles (cyclones, transit et remaniement hydrosédimentaires etc...) peuvent masquer les pressions anthropiques car correspondant à des facteurs confondants.

Le choix des sites n'est pas arrêté mais des premières pistes ont été proposées :

Guyane

Sites de référence :

- Petit Cayenne, dans le grand méandre de la rivière de Cayenne face au marais de la réserve du Grand Matoury : très faibles influences des activités portuaires du port de pêche du Larivot hydrologiquement proche mais en quasi cessation d'activité et du Port de commerce de Degrad –des-Cannes trop éloigné, très belle mangrove mature, données disponibles à

mésoséquence sur la structure (dont avion jaune— Site de référence de maximum de développement forestier avec des Rhizophora de 75 cm de diamètre. Dynamique forestière par chablis, n'étant plus soumis à la dynamique hydrosédimentaire littorale, mais restant sous influences des marées ;

- Iracoubo : plus adapté comme référence pour les sites plus littoraux mais nécessitant une logistique plus importante ;
- Kourou ?

Crique Macouria : jugée trop sensible à la dynamique littorale ; Sinnamary : jugé trop modifié par le barrage de Petit Saut.

Sites soumis à pression :

- Rivière de Cayenne à proximité immédiate des rejets de la station de traitement des eaux usées et de l'évacuation d'une partie des eaux pluviales de la presqu'île de Cayenne ;
- Degrad-Des-Cannes ;
- Crique fouillée ?

Martinique

Après discussion on ne conserverait pour la phase test que 2 stations dans la baie de Fort de France, au nord de Ducos, entre aéroport et canal cocotte (château lézard, morne dorée) jusqu'à l'ancien estuaire

- Station de référence : Morne Doré
- Station soumise à pressions : se rapprocher de Fort de France sur la même entité de Mangrove ; zone industrielle de la Gambette (pollution par les HAP et multi-contamination issue de la lixiviation des aires de stockage des ordures ménagères de l'agglomération de Fort de France).

Pour les contaminations en ETM il faudra tenir compte des fonds géochimiques comme par exemple pour la Crique Monsieur riche en titane naturel,

Des informations sur les concentrations en Chlordécone et plus généralement des pesticides en zone littorale et dans les rivières de Martinique sont disponibles dans la littérature et devront être prises en compte pour la localisation précise des sites de références et des sites impactés.

- Côte Atlantique : ce sont des toutes petites mangroves. La moins impactée serait celle de l'anse de la Caravelle (espace protégée) mais possibles apports venant de la Baie du Robert.
- Les mangroves du sud de l'île sont très contraintes par les conditions climatiques et édaphiques. Elles sont ainsi naturellement stressées ce qui contribue à limiter les incidences fonctionnelles de possibles impacts anthropiques.

Guadeloupe

Sites de référence :

- Au sein du Parc National, Golconde entre canaux Perrin et Belle Plaine sur les sites suivis par Daniel Imbert, à priori préservé des polluants. Tous les types de mangroves présents sur ce site.
- Grande rivière à Goyave, mais potentiellement polluée, nombreuses pressions.
- Potentiel : Entre Morne Rouge et Sainte Rose, et Petit Cul-de-Sac Marin mais vérifier Chlordécone

Sites soumis à pression :

- Port Louis : vérifier l'arrivée des polluants par rapport à l'arrivée de la culture de melons utilisant plusieurs traitements de pesticides, blocage de la dynamique hydraulique par la piste côtière, pression de chasse difficile à évaluer.

Mayotte

Sites de référence :

- Baie de Bouéni – potentiel état de référence (même si difficile de trouver un vrai état de référence à Mayotte).

Sites soumis à pression :

- Malamani car site déjà très suivi (ECOLAB, Toulouse)
- Longoni ?
- Mamoudzou ?

Le PNM de Mayotte doit être consulté pour savoir s'il n'a pas déjà des stations de suivi.

St Martin

Aucune mangrove en bon état, aucun site de référence.

Organisation de la phase de développement des outils de bioindication

1. Implication des laboratoires de recherche

Parmi les paramètres proposés, certains sont « classiques » (superficie de la mangrove, surface terrière), d'autres sont plus novateurs (approche microbiologie / fonctionnelle) et nécessite une phase de développement plus importante. Pour limiter le coût de l'action, il a été décidé en fin de séminaire de se restreindre dans un premier temps à une action de terrain en 2017 sur un seul DOM, la Guyane, avant de l'étendre aux autres DOM sur un nombre plus restreint de paramètres à partir de 2018 ou 2019, choisis parmi ceux testés et en fonction des retours d'expérience et des échanges qui auront lieu au cours du prochain séminaire du GT.

Compte tenu de la dimension exploratoire de cette première phase, il est paru plus pertinent de s'appuyer sur les compétences des laboratoires de recherches et de chercheurs spécialistes des mangroves et des méthodes proposées, sans que cela ne présume de l'organisation finale de la mise en œuvre des outils de bioindication au sein d'un RCS.

Pour la phase de développement, il faut s'appuyer le plus possible sur l'expertise des chercheurs connaissant le terrain et les pressions anthropiques du DOM concerné. Une attention particulière a été portée à cela lors de la composition initiale du GT DCE mangroves. Ainsi, des spécialistes de chaque DOM sont présents dans le GT, appartenant aux différentes équipes et établissements de recherche travaillant sur les mangroves. Leur expertise est particulièrement précieuse pour le choix des sites tests, pour la mise en œuvre du travail de terrain, pour l'analyse et l'interprétation des résultats. Ils appartiennent aux laboratoires : UMR AMAP, BOREA, EcoFoG, EcoLab, IMBE, LEMAR et MIO, et USR LEEISA.

L'implication d'autres acteurs locaux sera recherchée, en particulier des ODE, DEAL, PN/PNM/RN, pour bénéficier de leur expérience et de leur soutien. L'ODE de Guyane a décidé de soutenir la première étape de la phase de développement des outils de bioindication qui sera menée en Guyane.

Le CdL est d'ores et déjà présent dans le GT, et, dans le cadre de son action d'acquisition de connaissance sur les mangroves de Martinique, s'est proposé de suivre le choix de paramètres du GT, permettant ainsi d'alimenter ce travail de développement d'indicateurs.

Le GT mangroves mis en place dans le cadre de la DCE a vocation à s'ouvrir à d'autres problématiques. La question de son animation et du portage administratif du projet de développement des indicateurs DCE et autres a été soulevée. La répartition des rôles entre le pôle relais zones humides Outre-Mer et le MNHN à qui est actuellement confiée l'animation scientifique, devra être clarifiée. Cela ne relève pas uniquement d'un choix technique ou administratif anodin mais revêt une dimension politique et éthique importante quant à ce que l'on attend de l'expertise, et à sa place dans l'information et la décision publique. Il est manifeste que les établissements publics et chaque personne qui les représente ont des avis divergents sur le sujet, sont inscrits dans des champs de représentations différents, et poursuivent des finalités différentes et parfois contradictoires.

La démarche d'expertise mise en place au sein du GT s'inspire résolument du cadre de l'expertise post-normale tentant de rendre explicite tous les enjeux implicites des différents acteurs, et s'engageant à

co-construire autant que possible le projet dans son ensemble dans un échange entre pairs, entre gestionnaires et scientifiques.

2. Budget

Les éléments sur les coûts fournis par les membres du GT ont permis d'établir le budget nécessaire pour lancer la phase test 2017-2018. Le budget annuel nécessaire devrait rester du même ordre de grandeur pour toute la phase de développement mais la répartition des coûts devrait évoluer : moins de paramètres mesurés mais sur plus de DOM

Le coût total de l'opération hors salaires s'élève à 140k€ par an.

Les ODE de Guyane, Martinique et Guadeloupe, et le SIEAM à Mayotte, seront sollicités pour les phases test se déroulant sur leurs territoires respectifs. L'ODE Guyanaise finance le tiers du fonctionnement de la phase test qui se déroule en Guyane à partir de 2017.

Le soutien financier de l'ONEMA représente les deux tiers du financement du fonctionnement du projet. Les laboratoires apportent en nature le même montant que l'ONEMA et l'ODE sous la forme de salaires des participants et moyens analytiques.

Les premiers travaux vont être réalisés par les chercheurs et les étudiants qu'ils encadreront. Mais il a été identifié par le GT qu'il serait pertinent de financer à partir de 2018 des projets de thèses ou des contrats post-doctoraux, et qu'il devrait être possible de trouver des synergies avec d'autres programmes de recherche pour participer à leur financement (ANR, régions, écoles doctorales, bourses CNES ...).

Conclusions

Ce deuxième séminaire du GT DCE mangrove a permis de poursuivre les réflexions engagées lors du premier séminaire et d'aboutir à la proposition concrète d'un projet de développement des outils de bioindication en mangrove pour la DCE.

Une première liste de descripteurs du bon état de l'EQB mangroves traduisant le bon état écologique de la masse d'eau a été dressée. Ces descripteurs nous ont permis d'identifier une série de paramètres susceptibles de réagir aux différentes pressions anthropiques identifiées lors du premier séminaire ainsi que d'autres permettant de les contextualiser et ainsi d'interpréter les résultats des analyses.

Ces paramètres correspondent à différents niveaux de complexité biologique qui intègrent les fluctuations naturelles et les pressions anthropiques à différentes échelle d'espaces et de temps. Les composantes aussi bien structurelles que fonctionnelles de la mangrove sont prises en compte.

Des méthodes ont été proposées pour chacun de ces paramètres ainsi qu'une organisation de la phase de développement basée sur une implication forte des laboratoires de recherche justifiée par la dimension exploratoire de cette phase. Les sites tests, potentiels sites de références et sites présentant des pressions identifiées, ont été proposés pour chaque DOM.

La première action de terrain est prévue en Guyane à l'automne 2017. Dans cette première étape, un grand nombre de paramètres sera mesuré, de manière à tester certaines stratégies et méthodologies. Tous ces paramètres n'ont pas vocation à être conservés à terme pour le déplacement de la phase de développement aux autres DOM. Le prochain séminaire du GT DCE mangroves prévu en 2018 permettra de faire le bilan de cette première action et d'orienter les actions sur les autres DOM.

L'objectif de cette phase de développement est de disposer d'outils de bioindication sur les mangroves pour le prochain cycle de gestion de la DCE débutant en 2022.

Le GT DCE mangroves, réuni initialement autour de la seule question de la mise en œuvre de la DCE, constitue un lieu privilégié d'échanges entre scientifiques et gestionnaires sur les mangroves. Les participants se sont prononcés favorablement à l'ouverture des réflexions à d'autres champs de l'action publique sur les mangroves concernant la gestion, la conservation, ou la protection, si le besoin était exprimé.

Bibliographie

[Compte rendu du séminaire du groupe de travail « mangroves ». Paris, MNHN, 28-30 septembre 2015. Convention ONEMA/MNHN 2015. 12 pages.](#)

L. Basilico, G. Dirberg et O. Monnier, 2016. Mangroves : quels indicateurs pour la directive cadre sur l'eau ? Les rencontres de l'Onema n° 38

Kristensen, E., Penha-Lopes, G., Delefosse, M., Valdemarsen, T., Quintana, C., Banta, G., 2012. What is bioturbation? The need for a precise definition for fauna in aquatic sciences. *Marine Ecology Progress Series* 446, 285–302. doi:10.3354/meps09506

Viennois, G., Proisy, C., Feret, J.-B., Prosperi, J., Sidik, F., Suhardjono, Rahmania, R., Longepe, N., Germain, O., Gaspar, P., 2016. Multitemporal Analysis of High-Spatial-Resolution Optical Satellite Imagery for Mangrove Species Mapping in Bali, Indonesia. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 9, 3680–3686. doi:10.1109/JSTARS.2016.2553170

Proisy, C., Couteron, P., Fromard, F., 2007. Predicting and mapping mangrove biomass from canopy grain analysis using Fourier-based textural ordination of IKONOS images. *Remote Sensing of Environment* 109, 379–392. doi:10.1016/j.rse.2007.01.009