



**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

Établissement public du ministère de l'Environnement



Bilan d'activité 2016-2018 de la coordination de la recherche et des études inter-estuaires

Rapport final

Valérie FOUSSARD

Fr CNRS SCALE, Université de Rouen Normandie

Octobre 2018

- **AUTEURS**

Valérie FOUSSARD, Chargée de mission Coordination inter-estuaire
FR CNRS SCALE, Université de Rouen, valerie.foussard@univ-rouen.fr

- **CORRESPONDANTS**

AFB : Maia Akopian, chargée de mission Eaux Littorales, maia.akopian@afbiodiversite.fr

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France

citations locales : masse d'eau de transition de la façade Mer du Nord/Manche/Atlantique

Niveau de lecture : professionnels

RESUME

Le fonctionnement estuarien est difficile à appréhender du fait de la forte variabilité spatio-temporelle naturelle des conditions environnementales, rendant chaque estuaire quasiment unique. Les organismes présents sont généralement ubiquistes et sont par nature résistants à ces contraintes naturelles fortes mais aussi aux pressions anthropiques exercées sur ces écosystèmes (Estuarine quality paradox, Elliott et Quintino, 2007). Cette diversité et hétérogénéité des systèmes estuariens demandent des efforts de surveillance particulièrement importants et ne facilitent pas la transposition de méthodes d'évaluation ou de restauration d'un estuaire à un autre, sans une adaptation aux caractéristiques spécifiques de ces estuaires.

Depuis sa mise en place en 2012 à l'initiative de l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) et ses partenaires, la coordination inter-estuaires a permis de développer divers projets de recherche appliquée dans le but d'approfondir et/ou d'acquérir des connaissances sur ces milieux complexes et de progresser dans le développement de méthodes d'évaluation de la qualité des estuaires en réponse aux obligations réglementaires. Bien que la visibilité de la mission inter-estuaires doive encore être améliorée, le réseau de partenaires initié dans le projet BEEST puis étendu par le biais de la coordination a facilité les collaborations et les échanges entre chercheurs et/ou acteurs des estuaires tels que les agences de l'eau.

Malgré les avancées faites par le biais de la coordination inter-estuaires, il reste néanmoins de nombreux défis scientifiques à relever que ce soit pour les estuaires de Métropole ou ceux de Guyane, en particulier vis-à-vis des actions à mener pour améliorer ou restaurer le fonctionnement écologique des estuaires fortement impactés par des activités humaines.

- **MOTS CLES**

inter-estuaires, recherche appliquée, politique publique, qualité des milieux, fonctionnement écologique, restauration

Sommaire

I. Introduction	5
II. La coordination de la recherche et des études intert-estuaires	6
1.1. Missions de la coordination inter-estuaires	6
1.2. Comité de pilotage	6
1.3. Territoire d'action	7
III. Rappel des objectifs scientifiques initiaux et synthèse des travaux menés sur la période 2012-2018	8
IV. Récapitulatif des activités de la coordination menées sur la période 2016-2018	10
4.1. Evaluation de la qualité hydro-morpho-sédimentaires : application de l'indicateur hypso-métrique aux estuaires de la façade Manche/Atlantique (2018)	10
4.2. Biogéochimie des estuaires français : réflexion sur l'articulation de la recherche autour des enjeux environnementaux nationaux et européens identifiés par l'AFB (2018)	12
4.3. Suivi et appui aux projets menés en partenariat avec l'AFB	12
4.3.1. Définition d'un indicateur DCE basé sur l'oxygène dissous et préconisations pour une stratégie de surveillance optimale pour les grands estuaires (2014 - 2017/2018)	12
4.3.2. Appui au projet sur les invertébrés benthiques (2017)	13
4.3.3. Suivi et appui au projet COPINES (2016/2018)	14
4.3.4. Outils mobilisables pour la restauration écologique en milieu estuarien - BRGM, AFB, coordination inter-estuaires (2017/2018)	14
4.4. Actions de communication	15
4.4.1. Refonte du site internet de la coordination inter-estuaires	15
4.4.2. Réalisation d'une plaquette de présentation de la coordination inter-estuaires	16
4.4.3. Organisation du séminaire 2018 : état de l'art de la recherche, bilan des travaux soutenus par la coordination inter-estuaires et perspectives	16
4.5. Audit de la Coordination inter estuaires	17
V. Conclusion et perspectives	18
Bibliographie	19
Liste des figures	19
Liste des tableaux	19

Annexes

Annexe 1 : membres du comité de pilotage

Annexe 2 : synthèses de décisions des comités de pilotage 2016, 2017 et 2018

Annexe 3 : recensement des données topo-bathymétriques mobilisables

Annexe 4 : compte-rendu de l'atelier RESOMAR sur la biogéochimie des estuaires

Annexe 5 : recensement des données sur les invertébrés benthiques mobilisables

Annexe 6 : plaquette de la coordination inter-estuaires (octobre 2018)

Annexe 7 : poster présenté au XVème JNGCGC (la Rochelle, mai 2018)

Annexe 8 : résumé exécutif de l'audit de la coordination inter-estuaires (février 2018)

I. Introduction

Les estuaires sont des écosystèmes complexes possédant des caractéristiques écologiques très variables dans le temps et l'espace. Malgré des conditions environnementales contraignantes, ces milieux sont productifs et jouent un rôle essentiel dans le cycle de vie de nombreuses espèces. Nombre de ces milieux de « transition » entre les domaines fluviaux et marins subissent des pressions anthropiques susceptibles d'impacter à grande échelle, leur fonctionnement écologique.

Suite aux recommandations du projet Liteau BEEST relatif au bon état écologique des grands estuaires (2007-2010, Ministère de l'environnement), l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) soutient depuis 2012, la « coordination de la recherche et des études inter-estuaires » avec l'appui d'acteurs majeurs de la recherche et de la gestion estuarienne. Pour cela, un partenariat avec la Fédération de Recherche Sciences Appliquées à L'Environnement (FR CNRS SCALE, Université de Rouen Normandie) a été mis en place pour permettre l'animation de la coordination inter-estuaires de 2013 à 2018.

Ses principaux objectifs sont de (1) développer la connaissance scientifique sur les estuaires, (2) venir en appui à la mise en œuvre des politiques publiques *via* des projets de recherche appliquée et (3) faciliter les collaborations et les échanges entre scientifiques et partenaires impliqués sur les estuaires autour de problématiques liées à l'écologie et la gestion des milieux. Plus concrètement, les grands objectifs scientifiques donnés à la coordination inter-estuaires étaient les suivants :

- Développer des outils d'évaluation adaptés aux estuaires (notamment en réponse à la Directive Cadre sur l'Eau), optimiser les réseaux de surveillance et développer de nouvelles méthodes (nouveaux indicateurs, suivis par télédétection, suivis haute fréquence,...) ;
- Identifier et quantifier les relations pressions/impacts en lien avec ces méthodes d'évaluation ;
- Mutualiser et tirer des enseignements des retours d'expérience en restaurations écologiques dans les estuaires.

Au terme d'environ six ans d'activité, un bilan de la mission inter-estuaires a été réalisé afin de faire un point sur les avancées, les thématiques à approfondir mais aussi les sujets d'intérêt encore non abordés. Ce bilan a constitué la base du nouveau document de cadrage de la coordination dans lequel sont définies les priorités d'action de la mission à compter de 2019.

Le présent rapport fait état de l'ensemble des projets menés dans le cadre de la coordination inter-estuaires depuis sa création. En complément d'un premier bilan d'activité réalisé pour la période 2013/2016 (Foussard, 2016), un récapitulatif des activités de l'animation pour la période 2016/2018 est également inclus dans ce rapport.

II. La coordination de la recherche et des études inter-estuariers

1.1. Missions de la coordination inter-estuariers

La coordination inter-estuariers a pour principale mission le développement de la connaissance scientifique sur les milieux estuariens et contribuer à la mise en œuvre des politiques publiques. Des projets de recherche appliquée sont ainsi menés d'une part, pour mieux appréhender leur fonctionnement écologique et d'autre part, pour développer des outils de gestion (évaluation de la qualité, stratégie de surveillance de milieux, etc.) ou tirer des enseignements de retours d'expériences (par exemple en restauration écologique). Pour cela, la coordination inter-estuariers s'appuie sur un réseau de partenaires scientifiques, techniques, institutionnels et gestionnaires (Ministère en charge de l'environnement, Agences de l'eau, structures d'interface science/gestion, scientifiques...).

Pour atteindre ces objectifs, un partenariat entre l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) et la Fédération de Recherche « Sciences Appliquées à L'Environnement » (FR CNRS 3730 SCALE, Université de Rouen Normandie) a été mis en place depuis 2013. Ce partenariat comprend un poste soutenu financièrement par l'AFB pour l'animation de la coordination qui comprend plus précisément :

- L'animation du comité de pilotage dont la composition et les missions sont précisées ci-après ;
- L'appui au montage de projets en accompagnant les équipes scientifiques dans la rédaction du contenu des projets soumis à l'AFB, l'identification de partenaires potentiels ou si nécessaire, une contribution à l'animation de certains projets financés par l'AFB ;
- L'animation du réseau de partenaires pour informer, diffuser et valoriser les travaux menés sur les estuaires ;
- La communication autour des activités de la coordination : vulgarisation, transferts et valorisation des acquis via les pages internet dédiées à la coordination¹, autres actions de communication (plaquette, séminaire).

1.2. Comité de pilotage

Le comité de pilotage est composé de représentants de l'AFB, des 4 Agences de l'eau de la façade Manche/Atlantique, de scientifiques experts de différents domaines de recherche ainsi que des partenaires impliqués dans l'étude et la gestion des estuaires (liste des membres en annexe 1). Selon les thématiques abordées, des experts autres que ceux impliqués dans le comité de pilotage peuvent être associés pour apporter des compétences complémentaires sur des sujets très spécifiques.

Ce comité de pilotage se réunit annuellement pour :

- définir les orientations scientifiques prioritaires pour la compréhension du fonctionnement des estuaires ;
- suivre l'avancement des projets de recherche appliquée visant à fournir aux partenaires techniques, une palette d'outils adaptés à leurs besoins.

Les comités de pilotage pour la période 2016/2018 se sont déroulés le 23 janvier 2016, 27 février 2017 et le 14 février 2018 (synthèses des décisions en annexe 2).

¹ <http://www.onema.fr/comprendre-les-milieux-estuariens-pour-mieux-les-preserver>

Organismes associés au comité de pilotage :



FR CRNS 3730 SCALE - Université de Rouen Normandie



Agence Française pour la Biodiversité



Ministère en charge de l'environnement



Agence de l'eau Artois-Picardie



Agence de l'eau Seine-Normandie



Agence de l'eau Loire-Bretagne



Agence de l'eau Adour-Garonne



GIP Seine-Aval



GIP Loire Estuaire



SMIDDEST



IRSTEA



IFREMER



BRGM



UMR CNRS 6143 M2C - Universités de Rouen et Caen Normandie



UMR CNRS 5805 EPOC - équipes : METHYS, ECOBIOC, TGM, LPTC - Université de Bordeaux



UMR CNRS 7619 METIS, Université Pierre et Marie Curie, Paris



Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux



Biologie et écologie en Environnements Marin et Estuarien



Cellule de Suivi du Littoral Normand

1.3. Territoire d'action

Le territoire d'action de la coordination inter-estuariers regroupe une quarantaine d'estuaires de la façade Manche/Atlantique, répartis dans les bassins hydrographiques Artois-Picardie, Seine-Normandie, Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Ce périmètre d'action a été élargi en 2018 aux neuf estuaires de la Guyane (Figure 1).

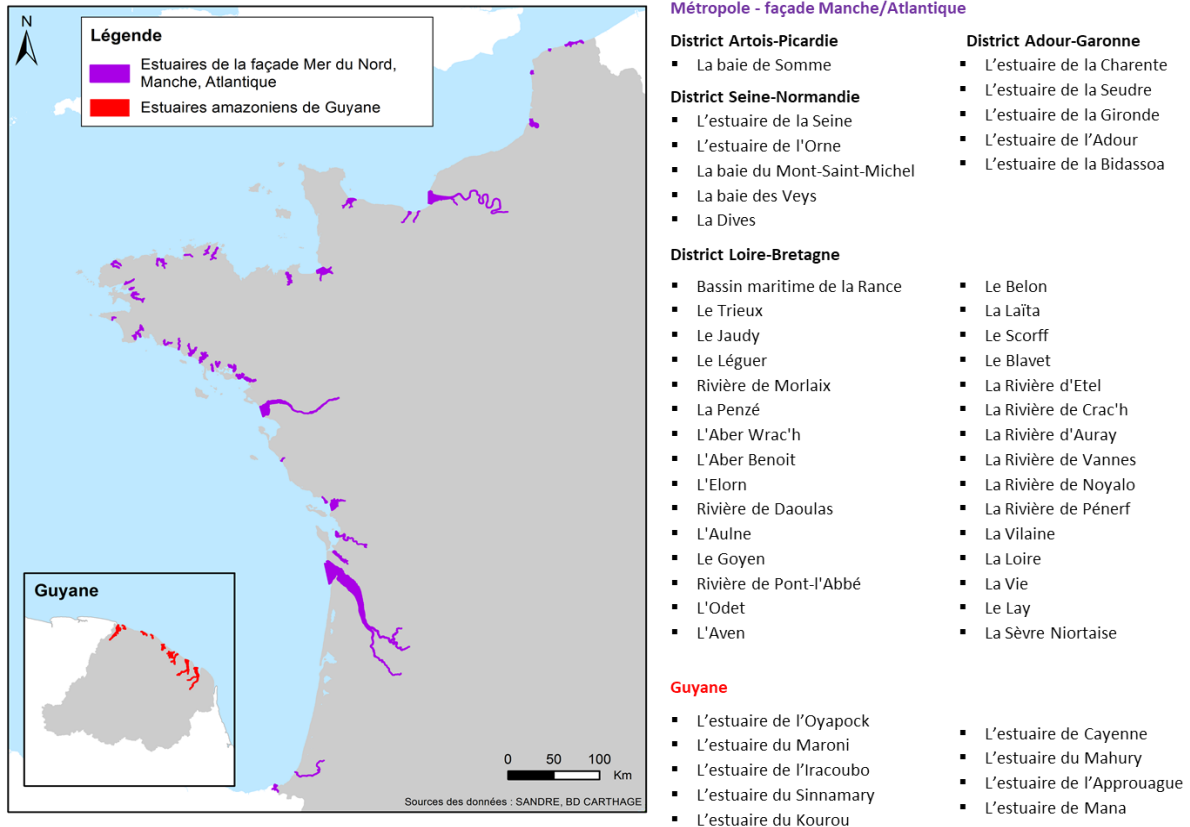


Figure 1 : estuaires de Métropole et de Guyane ciblés par la coordination inter-estuaire

III. Rappel des objectifs scientifiques initiaux et synthèse des travaux menés sur la période 2012-2018

La mise en place de la coordination répondait à un besoin de renforcer les moyens des Agences de l'eau de la façade Manche/Atlantique et de l'AFB afin de mieux comprendre le fonctionnement estuarien et aider à la mise œuvre des politiques publiques, en particulier la DCE (extrait du document de cadrage 2012). Les objectifs fixés étaient donc les suivants :

- développer des outils d'évaluation adaptés aux estuaires, optimiser les réseaux de surveillance et développer de nouvelles méthodes (nouveaux indicateurs, suivis par télédétection, suivis haute fréquence,...) ;
- identifier et quantifier les relations pressions/impacts en lien avec ces méthodes d'évaluation ;
- mutualiser et tirer des enseignements des retours d'expérience en restaurations écologiques dans les estuaires.

Le tableau 1 détaille ces grands objectifs et donne l'état d'avancement des projets ou réflexions menés pour y répondre. Certains projets ou études en régie ont donné lieu à la création de bases de données ou à la centralisation de métadonnées (Tableau 2). Les données et rapports associés sont accessibles sur demande ou en ligne sur le site de la coordination inter-estuaire.

Fin 2018, un nouveau document de cadrage de la coordination inter-estuaire a été rédigé par l'animatrice de la mission et l'AFB sur la base des avancées faites depuis 2012, des manques identifiés au terme des récents projets et des défis futurs à relever. Ce document en cours de validation, définit donc les orientations scientifiques et techniques de la mission inter-estuaire à compter de 2019.

Tableau 1 : objectifs fixés pour la période 2012/2018 et état d'avancement (les sous-dossiers en bleu sont associés au dossier « Compil_travaux_MIE_2012-2018 »)

			Avancement sur la période 2012-2018
I. Finaliser les travaux DCE en matière d'évaluation de l'état écologique et de surveillance des estuaires			
Développer/finaliser les indicateurs DCE-compatibles	indicateurs physico-chimiques	oxygène	Projet en cours - Indicateur oxygène
		turbidité	Cf réflexion GT HMS
	indicateurs hydromorphologiques (sur la base des travaux du GT HMS)		Projet en cours - Indicateurs HMS
	indicateurs biologiques (invertébrés benthiques et macro-algues)		Réalisés - Indicateurs biologiques
Développer de nouveaux indicateurs	microphytobenthos		Projet en cours - Indicateur Microphytobenthos
	foraminifères (étude de faisabilité)		Réalisée/à approfondir - Foraminifère
	indicateurs de fonctionnement écologique (étude de faisabilité)		Réalisée/à approfondir - indicateur de fonctionnement
Bio-indicateurs en secteur oligohalin	Evaluer le besoin et l'intérêt de développer des indicateurs spécifiques. Si besoin, évaluer la possibilité de transposition/adaptation des indicateurs utilisés en cours d'eau		Analyse des indicateurs eau douce fait selon le sujet
Réseau de contrôle de surveillance DCE	Faire des préconisations (paramètres, fréquences...) sur les suivis à mettre en place. Actions liées au développement des indicateurs de qualité / Bilan des réseaux existants		Action liée aux dével. des indicateurs ci-dessus - Bilan RCS : Surveillance RCS
Réseaux de contrôle des flux à la mer	Effectuer un bilan des suivis existants des flux de nutriments (au minimum azote et phosphore) à l'entrée des estuaires / Préconisations pour optimiser ces réseaux.		Réalisé - Flux nutriments
	Evaluer l'intérêt et la faisabilité (coût/efficacité) de développer des modélisations sur les petits estuaires qui ne peuvent être instrumentés.		Non réalisé (attentes des AE variables selon territoire, à repréciser) - Flux nutriments
Surveillance haute fréquence	Clarifier les besoins et les objectifs par estuaire. Si nécessaire, bilan de l'existant (matériels, méthodes, coûts, retours d'expériences).		Pas de besoin clairement identifié excepté pour l'oxygène (projet en cours)
II. Améliorer la connaissance du rôle du bouchon vaseux dans le fonctionnement écologique des estuaires et les flux à la mer			
Sur un ou quelques estuaires, susciter/développer des programmes d'étude et de recherche sur le rôle du bouchon vaseux dans la transformation de la matière organique, la reminéralisation des nutriments, la toxicité de certains polluants (adsorption-désorption). Objectif à terme : mieux connaître les flux réels arrivant dans le milieu marin et ainsi affiner les relations entre pressions (flux) et impact (modèle eutrophisation marine pour le phytoplancton et les ulves).			Réalisation d'un atelier sur la biogéochimie pour faire émerger des collaborations Atelier Biogéochimie_2018
III. Mutualiser les retours d'expériences de restaurations en estuaires			
Contribuer à mutualiser les retours d'expériences de restaurations écologiques en estuaires pour en tirer des enseignements qu'ils soient écologiques, managériaux, scientifiques, sociaux ou économiques.			Réalisé (valorisation en cours) - Restauration_analyse-biblio_2016

Tableau 2 : bases de données ou synthèse des métadonnées accessibles sur les estuaires de Métropole produites lors de projets de recherche ou en régie par la coordination inter-estuaires

Thématiques	Contenus	Réalisation
Microphytobenthos	Espèces recensées dans les estuaires français (archives bibliographiques anciennes et récentes) (Base de données Access)	EA 2160 MMS - Université de Nantes (2016/2019)
Zones subtidales et intertidales	Etendue des zones subtidales et intertidales (schorre compris) sur les estuaires de la façade Manche/Atlantique (format SIG)	Coordination inter-estuaires (FR SCALE), Géo-Transfert (2014, MAJ 2018)
Pressions anthropiques	Données nationales pour quantifier les pressions exercées (flux de contaminant, occupation du sol...) (Base de données Access)	HOCER, IFREMER et AFB (2015, MAJ 2019)
Restauration écologique	Littérature scientifique internationale existante sur les retours d'expérience (compilation d'articles au format excel)	C. Capderrey - FR SCALE/Coord. inter-estuaires, GIP Seine-Aval et AFB (2015)
Invertébrés benthiques	Métadonnées : campagnes d'échantillonnage en estuaires, données accessibles et protocoles employés (format excel et fiches campagnes pour les grands estuaires)	V. Foussard - Coordination inter-estuaires, FR SCALE (2016)
Topo-bathymétrie	Métadonnées : topo-bathymétries (MNT, Lidar) accessibles sur les estuaires de la façade Manche/Atlantique (format excel)	V. Foussard - Coordination inter-estuaires, FR SCALE (2017), Géo-Transfert (2014)

IV. Récapitulatif des activités de la coordination menées sur la période 2016-2018

4.1. Evaluation de la qualité hydro-morpho-sédimentaires : application de l'indicateur hypsométrique aux estuaires de la façade Manche/Atlantique (2018)

En réponse à la Directive Cadre sur l'Eau, le Groupe de Travail Hydro-Morpho-Sédimentaire (GT HMS) a proposé et testés plusieurs indicateurs de qualité HMS dont l'indicateur hypsométrique (Le Hir, 2014 ; Sottolichio et al., 2015 ; Le Hir et Bouvier, 2016 ; Bouvier et al., 2016). Ce dernier permet d'évaluer la proportion et la continuité amont/aval des habitats intertidaux et subtidaux des estuaires.

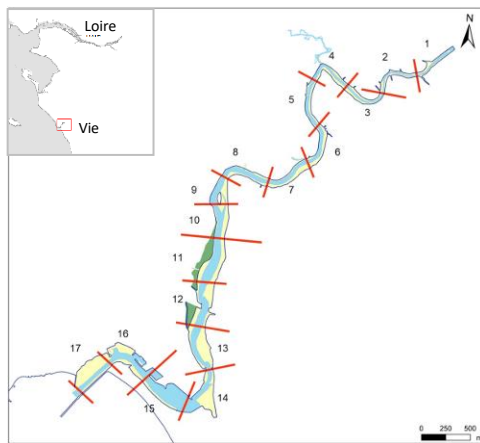
Les indicateurs proposés par le GT HMS nécessite pour nombre d'entre eux, l'utilisation de données topo-bathymétriques (MNT ou à minima, le long de profils en travers réguliers). Afin d'évaluer la disponibilité de ce type de données, un recensement sur l'ensemble des estuaires a été réalisé courant 2017. Ce bilan non exhaustif cible les données possédant une couverture spatiale la plus importante possible, une résolution suffisamment fine (particulièrement au niveau des zones intertidales) et des données en accès libre ou sur simple demande. L'existence de données topographiques LIDAR étant plus répandues que supposé, les recherches ont été orientées en priorité vers ce type de données (synthèse des métadonnées en annexe 3).

Par ailleurs, les travaux du GT HMS ont été poursuivis en 2018 dans le cadre d'un stage au sein du laboratoire M2C de l'Université de Rouen, encadré par la coordination inter-estuaires au cours duquel l'indicateur hypsométrique a été appliqué aux estuaires de la façade Manche/Atlantique (Kazmierczak et Foussard, 2018). Cette application à grande échelle a été réalisée à partir de données SIG sur les habitats estuariens, acquises précédemment par le GT HMS et le BRGM. Après une phase de sectorisation des estuaires, deux méthodes ont été testées : une approche par les surfaces d'habitats au niveau de tronçons homogènes et une approche par les largeurs d'habitats le long de transects caractéristiques. Dans un second temps, une analyse préliminaire de liens entre l'artificialisation des berges et la proportion d'habitats intertidaux à l'échelle des estuaires a été faite afin de mettre en avant d'éventuels relations pression-impact.

Au terme de ce travail, l'indicateur hypsométrique a pu être calculé sur l'ensemble des estuaires, à quelques exceptions près (données sur les habitats insuffisantes ou sectorisation non pertinente). Les résultats montrent que l'applicabilité de l'indicateur et la qualité des résultats sont très dépendantes de la méthode de sectorisation des estuaires. Celle choisie (découpage en tronçon homogène en taille puis sélection de transects caractéristiques de ces tronçons) ne s'avère pas pertinente sur tout type d'estuaire

en particulier ceux possédant une morphologie très hétérogène comme certains estuaires bretons ou la baie du Mont-Saint-Michel. Par ailleurs, la phase de validation de la sectorisation prévue initialement n'a pas pu être menée à son terme au cours de l'étude. A l'exception de ces cas particuliers, la méthode de calcul de l'indicateur hypsométrique par les largeurs d'habitats donne des résultats satisfaisants et comparables à ceux obtenus *via* les surfaces. Toutefois, l'utilisation de données surfaciques plus exhaustives est à privilégier pour effectuer un diagnostic plus poussé, faire le lien avec la biologie ou encore pour envisager une restauration de zones intertidales (Kazmierczak et Foussard, 2018).

A l'image des résultats obtenus sur les estuaires de la Vie (fortement artificialisée - Figure 2) et de l'Odet (contraint par sa géomorphologie naturelle - Figure 3), la présence de discontinuité des habitats intertidaux n'est pas systématiquement liée à des facteurs anthropiques (digues, épis, barrage...) et à l'inverse, des aménagements importants comme un fort endiguement des berges n'entraînent pas obligatoirement une forte réduction des habitats intertidaux (excepté les cas extrêmes de chenalisation couplée à des dragages, comme dans l'estuaire de la Seine).



Sources : SHOM/IGN (2009), GEO-Transfert (2015), Kazmierczak (2018)

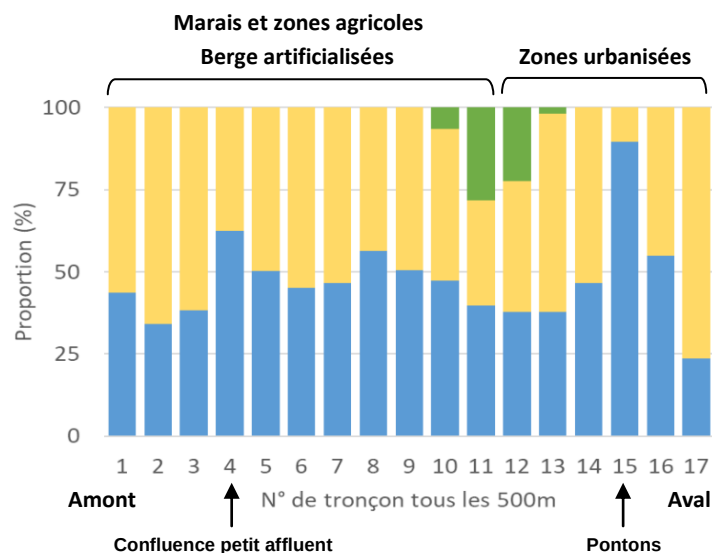


Figure 2 : sectorisation de l'estuaire de la Vie en tronçon (gauche) et résultats de l'indicateur hypsométrique (droite) (Kazmierczak, 2018)

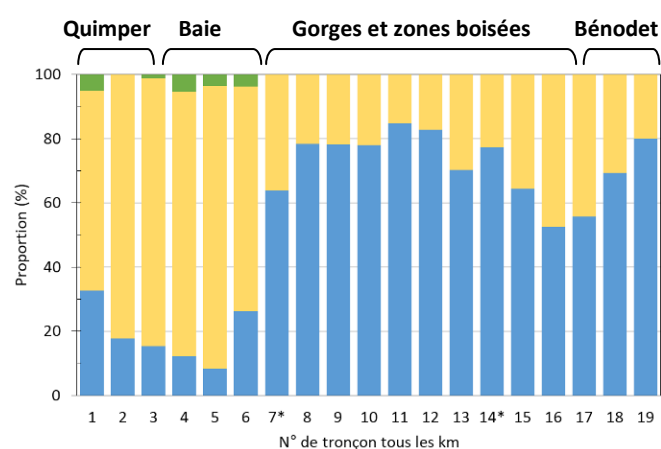
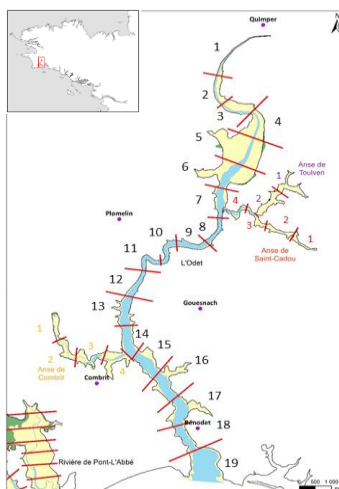


Figure 3 : sectorisation de l'estuaire de l'Odet en tronçon (gauche) et résultats de l'indicateur hypsométrique (droite) (Kazmierczak, 2018)

Ainsi, il est donc impératif pour interpréter les résultats de l'indicateur, de connaître l'ensemble des pressions physiques exercées (obstacles à l'écoulement, dragage, etc.) ainsi que les caractéristiques naturelles de ces écosystèmes.

Enfin, pour mettre en évidence des liens pression-impact ou encore faire le lien avec la biologie à l'image des travaux de Teichert et al. (2018) sur le rôle des zones intertidales sur les guildes fonctionnelles de poissons, des analyses plus fines à l'échelle locale, doivent être menées. Ce type d'analyse doit idéalement intégrer tous les « compartiments d'étude » (habitats, biologie, conditions physico-chimiques du milieu, etc.) et tenir compte des pressions anthropiques existantes. Cela nécessite de mobiliser une quantité importante de données et diverses compétences scientifiques. Il serait préférable dans un premier temps, d'identifier un ou deux estuaires pour lesquels des données sont disponibles et exploitables afin d'évaluer la faisabilité d'une telle étude interdisciplinaire et quantifier les moyens à mobiliser (compétences, acquisitions de données...).

L'ensemble des résultats de l'indicateur hypsométrique ainsi que les bases de données associées à ce travail sont accessibles sur demande.

4.2. Biogéochimie des estuaires français : réflexion sur l'articulation de la recherche autour des enjeux environnementaux nationaux et européens identifiés par l'AFB (2018)

Bien que les estuaires et les zones pro-deltaïques soient reconnus comme des « hot spots » de la biogéochimie des milieux aquatiques, les connaissances quant à leur fonctionnement restent encore très embryonnaires. Dans le cadre du Réseau des stations et observatoires marins (RESOMAR), un atelier scientifique a été organisé avec le soutien de la coordination inter-estuaires et l'AFB, les 20 et 21 juin 2018. Cet atelier a permis de :

- confronter les connaissances acquises sur le fonctionnement biogéochimique des grands estuaires de la Seine, la Loire et la Gironde ainsi que sur le delta du Rhône et les fleuves côtiers méditerranéens ;
- comparer les mécanismes en jeu (forçages, processus...) sur chaque système pour faire émerger des points de comparaison en termes de fonctionnement ;
- faire ressortir des éléments clés à approfondir par le biais de la recherche fondamentale ;
- réfléchir à l'articulation entre la recherche fondamentale et les enjeux environnementaux identifiés par l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) au niveau national et européen ;
- proposer des pistes pour structurer la recherche et « faciliter les connexions » entre recherche fondamentale et appliquée, pour à terme faire émerger des collaborations.

Une synthèse des réflexions menées au cours de cet atelier est disponible en annexe 4.

4.3. Suivi et appui aux projets menés en partenariat avec l'AFB

4.3.1. Définition d'un indicateur DCE basé sur l'oxygène dissous et préconisations pour une stratégie de surveillance optimale pour les grands estuaires (2014 - 2017/2018)

Au terme du projet mené en 2014, une note de synthèse a été rédigée en octobre 2016 par V. Foussard sur la base d'un rapport non diffusable afin de transférer les éléments exploitables au comité de pilotage et ainsi pouvoir statuer sur les suites à donner au projet.

Deux projets ont ensuite été lancés en 2017/2018 afin de poursuivre les réflexions :

- Caractérisation des zones hypoxiques des estuaires de la Loire et de la Gironde en vue de développer un indicateur DCE basé sur l'oxygène dissous, porté l'Irstea en collaboration avec le CNRS (UMR EPOC de l'Université de Bordeaux).

- Seuil de tolérance de la faune estuarienne à la concentration en oxygène dissous : apport à la définition de valeurs-seuils, porté par le laboratoire SEBIO de l'Université du Havre.

Ces projets arrivent à leur terme à la fin de l'année 2018.

4.3.2. Appui au projet sur les invertébrés benthiques (2017)

Afin de répondre aux exigences de la DCE, le projet « Sélection d'un indicateur invertébrés benthiques pour les estuaires et intercalibration », porté par l'UMR EPOC (Université de Bordeaux) en collaboration avec l'Irstea, a été mené sur la période 2017/2018.

Pour pouvoir tester les indicateurs préexistants, un recensement des données potentiellement exploitables pour ce type d'application a été réalisé par V. Foussard courant 2016 sous la forme d'une synthèse des métadonnées (lieux et protocole d'échantillonnage employé, droit d'accès aux données...) et de « fiches campagnes » plus détaillées pour les grands estuaires (Figure 4, annexe 5). Les conditions d'accès aux données, l'hétérogénéité des périodes de prélèvements ou des protocoles (par ex. des surfaces prélevées et de la maille utilisée pour le tamisage) ne permettent pas une utilisation pertinente de ces données dans une comparaison inter-estuaires à l'échelle nationale. Les données recensées « les plus facilement exploitables » sont celles acquises lors de la campagne 2008 sur onze estuaires financée par l'Onema et celles acquises dans le cadre des suivis DCE même s'ils sont souvent cantonnés dans la zone polyhaline, à l'embouchure des estuaires.

Un premier rapport relatif au choix de l'indicateur et aux tests de relation avec des pressions anthropiques a été finalisé en octobre 2018 (Fouet et al., 2018). Le second rapport spécifique à l'intercalibration européenne de cet indicateur avec ceux développés par les autres Etats membre sera prochainement transmis à l'AFB.

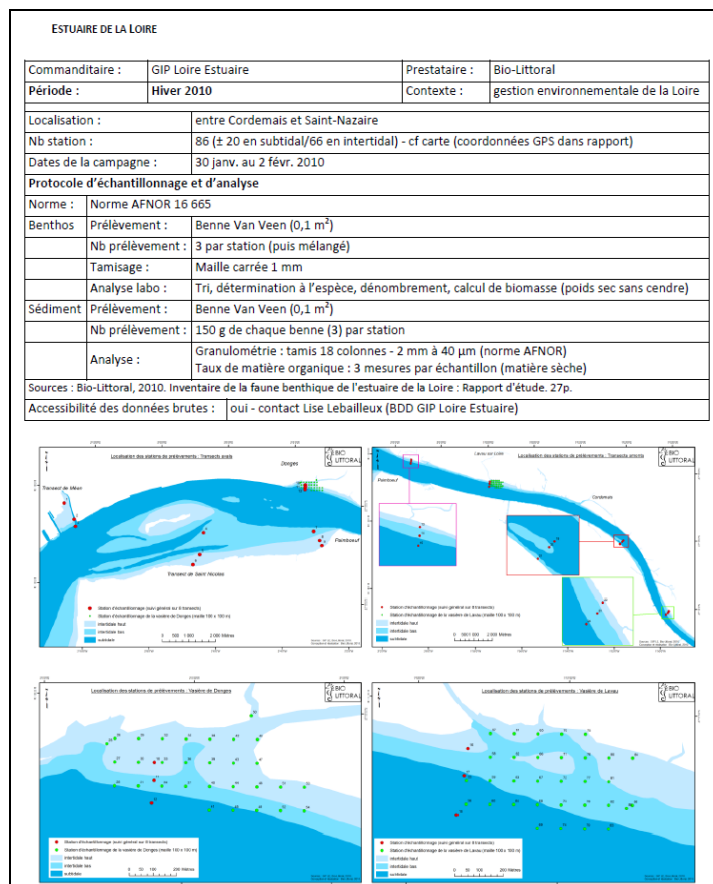


Figure 4 : exemple de fiche de métadonnées relative à une campagne d'échantillonnage du benthos

4.3.3. Suivi et appui au projet COPINES (2016/2018)

L'Irstea effectue une « Comparaisons d'indicateurs de biodiversité, d'état écologique et de fonctionnement trophique dans les écosystèmes estuariens » dans le cadre d'un partenariat 2016/2018 avec l'AFB. Au-delà de sa participation aux ateliers de discussions, la coordination inter-estuaire a été sollicitée pour aider à centraliser les données nécessaires pour réaliser ces comparaisons. Les demandes de l'Irstea ont concerné :

- L'accès aux données brutes de l'évaluation DCE de l'état biologique basée sur le phytoplancton réalisé par l'Ifremer ;
- Des informations sur les données de suivis du benthos potentiellement mobilisables sur les estuaires ;
- L'accès aux données acquises par GT HMS sur la répartition des zones intertidales afin de déterminer l'influence de la structure spatiale de ces habitats sur les assemblages de poissons dans les estuaires de la façade atlantique française (Teichert et al., 2018).

4.3.4. Outils mobilisables pour la restauration écologique en milieu estuarien - BRGM, AFB, coordination inter-estuaire (2017/2018)

L'analyse des retours d'expérience en restauration écologique débutée en avril 2015 a été décomposée en deux étapes :

- Etape 1 (2015/2016) : analyse bibliographique approfondie sur les retours d'expériences de restauration écologique en milieu estuarien à l'échelle internationale (Capderrey et al., 2016).
- Etape 2 (2017/2018) : analyse détaillées des outils mobilisables par les acteurs de la restauration afin de les aider à définir des objectifs de restauration pertinents et évaluer l'état des milieux avant et après restauration écologiques (Capderrey et al., 2018 - en cours de finalisation).

L'étape 2 arrivant à son terme, une phase essentielle de transfert vers l'opérationnel est cours avec l'appui de la coordination inter-estuaire et de l'AFB. Cela se traduit par une phase de validation dans un premier temps, du contenu scientifique d'un rapport par des experts des quatre « thèmes » mis en avant (biogéochimie, hydro-morpho-sédimentaire, cycle de vie des espèces et réseaux trophiques). Puis, ce rapport scientifique complet sera adapté et vulgarisé avec l'appui de la coordination inter-estuaire et de l'AFB afin d'aboutir à un « guide des outils de restauration » à destination des gestionnaires locaux (projet BRGM/AFB, 2019).

- Estuaires du Scorff et du Blavet
- Ria d'Étel
- Rivière Crac'h
- Golfe du Morbihan (Rivières d'Auray, de Vannes et de Noyal)
- Estuaire de la Vilaine
- Estuaire de la Loire
- Estuaire de la Vie
- Estuaire du Lay
- Estuaire de la Sèvre Niortaise
- Estuaire de la Charente
- Estuaire de la Seudre
- Estuaire de la Gironde
- Estuaire de l'Adour

4.4.2. Réalisation d'une plaquette de présentation de la coordination inter-estuaires

Une plaquette a été produite à l'occasion du séminaire inter-estuaires afin de communiquer sur les activités de la coordination inter-estuaires depuis sa création (annexe 6). Elle présente donc le contexte et les objectifs de la coordination, les projets menés, les bases de données produites et enfin, des perspectives de recherche à court terme.

Cette plaquette a été en partie construite sur la base d'un poster présentés au XVème Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil (JNGCGC 2018), du 29 au 31 mai 2018 à la Rochelle (annexe 7).



4.4.3. Organisation du séminaire 2018 : état de l'art de la recherche, bilan des travaux soutenus par la coordination inter-estuaires et perspectives

Un séminaire de restitution et de discussion a été organisé par la coordination inter-estuaires et l'AFB, les 8 et 9 octobre à Paris. Ces journées d'échanges ont été l'occasion de valoriser les travaux scientifiques menés dans le cadre de la coordination inter-estuaires mais aussi des travaux complémentaires issus d'autres programmes de recherche. Elles avaient également pour but de faire un retour d'expérience de la coordination inter-estuaires et d'identifier les enjeux futurs de la recherche appliquée en estuaires. Les participants à cet événement étaient aussi bien des scientifiques que des partenaires techniques impliqués dans la gestion et la préservation de ces écosystèmes aquatiques.



Ce séminaire était structuré en cinq sessions permettant de présenter les avancées de la recherche sur les thématiques suivantes :

- Session 1 : Qualité, continuité et accessibilité des habitats physiques dans les estuaires
- Session 2 : Fonctionnement biogéochimique des estuaires
- Session 3 : Biote des estuaires et apports de l'analyse des réseaux trophiques
- Session 4 : Contamination chimique, effets biologiques et transfert au sein du réseau trophique

- Session 5 : Restauration écologique et appui à la gestion

Puis, deux tables rondes ont permis d'échanger sur les sujets suivants :

- Table ronde 1 : Renforcer la résilience des estuaires face à des pressions : que faut-il préserver ? que faut-il éviter ?
- Table ronde 2 : Retours d'expérience de la coordination inter-estuaires et perspectives pour la mission nationale

Les supports de présentations faites au cours de ces deux journées seront très prochainement mis en ligne sur le site de l'AFB. Une synthèse des discussions sous forme d'une publication « Les Rencontres » de l'AFB est également en cours de réalisation.

Les échanges menés autour des perspectives de la recherche ont par ailleurs été intégrés au nouveau document de cadrage de la mission inter-estuaires dans lequel sont inscrites les priorités de recherche à compter de 2019.

4.5. Audit de la coordination inter estuaires

[Éléments extraits du résumé de l'audit réalisé par S. Allain et M. Marchand]

L'AFB a commandité un audit de la coordination inter-estuaires fin 2017 afin d'évaluer l'adéquation entre (i) l'organisation et les moyens consacrés à la mission et (ii) ses objectifs et les attentes des différents acteurs des estuaires de la façade Manche/Atlantique et du Ministère de la transition écologique et solidaire. Cet audit devait également permettre de bâtir une stratégie à moyen et long termes pour la coordination inter-estuaires et contribuer à l'écriture de la feuille de route de la Direction Recherche, Expertise et développement des Compétences (DREC) de l'AFB concernant ces milieux de transition. Les attendus du travail portaient plus précisément sur une analyse approfondie de :

- des avancées de la coordination et des manques identifiés, depuis 2012 compte-tenu des attentes des acteurs des estuaires mais aussi celles liées à la réglementation ;
- la pertinence et la suffisance de l'organisation actuelle concernant les moyens mis en place par rapport aux objectifs fixés ;
- la cohérence des objectifs initiaux (définis suite au projet Liteau BEEST - 2007/2010) versus les attentes opérationnelles et les exigences réglementaires qui peuvent évoluer au fil du temps (par ex. la mise en cohérence de la DCE et la DCSMM) ;
- des défis scientifiques en recherche appliquée sur les estuaires qui viendront nourrir la feuille de route de la DREC ;
- des formes de « gouvernance » et d'organisation possibles afin d'assurer une interface science-gestion pertinente et dynamique ;
- la communication mise en place pour la visibilité de la mission et la diffusion des travaux menés.

L'audit a été confié à S. Allain (spécialité : sociologie et sciences de gestion) et M. Marchand (spécialité : milieux marins - expertise scientifique). Cet audit s'est structuré notamment autour d'entretiens réalisés auprès de personnes impliquées dans la coordination ou travaillant sur les estuaires. Ces entretiens ont permis de faire un point sur les retours d'expérience et les attentes futures de ces partenaires scientifiques et/ou techniques.

L'audit a mis en avant les avancées en termes d'acquisition de connaissances et de développement de méthodes d'évaluation grâce à la coordination inter-estuaires. L'importance de mener des études en inter-estuaires a également été relevée afin de mieux appréhender le fonctionnement de ces écosystèmes. Au

travers du réseau de partenaires initié dans BEEST puis étendu dans le cadre de la coordination, les collaborations entre scientifiques et partenaires techniques ont pu être facilitée à l'échelle nationale. Parmi les recommandations faites suite à l'audit, figurent la nécessité d'améliorer la visibilité de la coordination inter-estuaire, étendre le réseau de partenaires aux gestionnaires locaux compte-tenu des thématiques prioritaires futures et déployer plus de moyens pour mener à bien l'ensemble des missions souhaités. Un résumé complet des conclusions de l'audit est fourni en annexe 8.

V. Conclusion et perspectives

Le fonctionnement estuarien est difficile à appréhender du fait de la forte variabilité spatio-temporelle naturelle des conditions environnementales, rendant chaque estuaire quasiment unique. Les organismes présents sont généralement ubiquistes et sont par nature résistants à ces contraintes naturelles fortes mais aussi aux impacts des pressions anthropiques exercées sur ces écosystèmes (Estuarine quality paradox, Elliott et Quintino, 2007). Cette diversité et hétérogénéité des systèmes estuariens demandent des efforts de surveillance particulièrement importants et ne facilitent pas la transposition de méthodes d'évaluation ou de restauration d'un estuaire à un autre, sans une adaptation aux caractéristiques spécifiques de ces estuaires.

Depuis sa mise en place, la coordination inter-estuaire a permis de développer divers projets de recherche appliquée dans le but d'approfondir et/ou d'acquérir des connaissances sur ces milieux complexes mais aussi de développer des méthodes d'évaluation de la qualité des estuaires en réponse aux obligations liées aux politiques publiques. La coordination inter-estuaire a également l'ambition de venir en appui aux gestionnaires locaux, à l'image des travaux d'analyse des retours d'expérience en restauration écologique menés depuis 2015.

Malgré les avancées faites par le biais de la coordination inter-estuaire, il reste néanmoins de nombreux défis à relever que ce soit sur les estuaires de Métropole ou ceux de Guyane notamment sur :

- l'évaluation des réponses biologiques face à des pressions anthropiques et changements globaux ;
- le développement d'outils pour évaluer la qualité des habitats et leur accessibilité par les organismes selon leur stade de développement ;
- l'analyse des réseaux trophiques pour mieux comprendre et anticiper l'influence des facteurs naturels et les impacts de pressions anthropiques à l'échelle de la chaîne trophique ;
- l'approfondissement des connaissances (et comparaisons inter-estuaire) sur le fonctionnement biogéochimique, hydro-morpho-sédimentaire et trophique des estuaires, pour aider à la mise en œuvre des politiques publiques

Par ailleurs, les thématiques abordées par la coordination inter-estuaire doivent être étendues, à des sujets encore peu explorés jusqu'à présent tels que les effets biologiques de contaminations chimiques sur les organismes et cela, à l'échelle du réseau trophique. Les besoins en termes d'études en sciences humaines et sociales sont également à déterminer.

Bibliographie

- Bouvier, C., Sottolichio, A., Hanquiez, V., Le Hir, P., Foussard V., 2016. Test des indicateurs hydro-morpho-sédimentaire pour l'application de la directive Cadre Eau dans les eaux de transition estuariennes. Rapport Université de Bordeaux/ONEMA, 65p.
- Capderrey et collaborations, 2018 [validation en cours]. Outils mobilisables pour la restauration écologique en milieu estuarien. Rapport provisoire BRGM/AFB, version octobre 2018.
- Capderrey C., Olivier J.M., Moussard S., Foussard V., Bacq N., 2016. Retours d'expériences de restauration écologique en milieu estuarien : analyse de la littérature scientifique publiée. Rapport final, Université de Rouen/Oema, 92p.
- Elliott M., Quintino V., 2007. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. Marine Pollution Bulletin 54: 640–645.
- Fouet M., Blanchet H., Leconte M., David V., Lepage M., 2018. Sélection d'un indicateur DCE « faune benthique invertébrée » adapté aux estuaires. Rapport final, Université de Bordeaux/AFB, 77p.
- Foussard V., 2016. Bilan d'activité 2013-2015 de la coordination de la recherche et des études inter-estuariennes. Rapport final FR SCALE/AFB, avril 2016, 45p.
- Foussard V., 2018. Bilan des données topo-bathymétriques disponibles sur les petits et moyens estuaires de la façade Mer du Nord/Manche/Atlantique. Document de synthèse, Université de Rouen/AFB, 24p.
- Kazmierczak L., Foussard V., 2018. Evaluation de la qualité hydro-morpho-sédimentaire des eaux de transition de Métropole : application de l'indicateur hypsométrique. Rapport final Université de Rouen/AFB, 88p.
- Le Hir P., 2014. Développement d'indicateurs hydro-morpho-sédimentaires pour l'application de la Directive Cadre Eau dans les eaux de transition estuariennes. Phase 1 : Eléments de proposition en vue d'une conceptualisation des indicateurs. Rapport Ifremer/ONEMA, 52p.
- Le Hir P., Bouvier C., 2016. Développement d'indicateurs hydro-morpho-sédimentaires pour l'application de la Directive Cadre Eau dans les eaux de transition estuariennes. Phase 2 : tests des indicateurs sur des configurations d'estuaires schématisées à l'aide d'une modélisation 3D. Rapport Ifremer/ONEMA, mars 2015 - mise à jour en février 2016, 83 p.
- Sottolichio, A., V. Foussard, S. Kervella, C. Curti, E. Maneux, J. Arriagada, V. Hanquiez, 2015. Développement d'indicateurs HydroMorphoSédimentaires pour les estuaires. Rapport Univ. Bordeaux/ONEMA, 60 p.
- Teichert N., Lobry J., Lepage M., 2018. Comparaisons d'indicateurs de biodiversité, d'état écologique et de fonctionnement trophique dans les écosystèmes estuariens. Partie I : Fonctionnement des écosystèmes estuariens : analyse des indicateurs de biodiversité des assemblages de poissons. Projet Irstea/AFB, 79p.

Liste des figures

Figure 1 : estuaires de Métropole et de Guyane ciblés par la coordination inter-estuariennes	8
Figure 2 : sectorisation de l'estuaire de la Vie en tronçon et résultats de l'indicateur hypsométrique	11
Figure 3 : sectorisation de l'estuaire de l'Odette en tronçon et résultats de l'indicateur hypsométrique	11
Figure 4 : exemple de fiche de métadonnées relative à une campagne d'échantillonnage du benthos.....	13

Liste des tableaux

Tableau 1 : objectifs fixés pour la période 2012/2018 et état d'avancement	9
Tableau 2 : bases de données ou synthèse des métadonnées accessibles sur les estuaires de Métropole produites lors de projets de recherche ou en régie par la coordination inter-estuariennes.....	10

Annexe 1 : liste des membres du comité de pilotage

Chargée de mission Coordination inter-estuaires

FOUSSARD Valérie	Université de Rouen	valerie.foussard@univ-rouen.fr
------------------	---------------------	--------------------------------

Membres gestionnaires, institutionnels, structures d'interface

AKOPIAN Maïa	AFB	maia.akopian@afbiodiversite.fr
DUPONT Philippe	AFB	philippe.dupont@afbiodiversite.fr
TERRIER Isabelle ou MORO Maylis	Ministère - DEB	isabelle.terrier@developpement-durable.gouv.fr maylis.moro@developpement-durable.gouv.fr
PRYGIEL Jean	Agence de l'eau Artois-Picardie	j.prygiel@eau-artois-picardie.fr
DE BORTOLI Julien	Agence de l'eau Seine-Normandie	debortoli.Julien@aesn.fr
FERA Philippe	Agence de l'eau Loire-Bretagne	philippe.fera@eau-loire-bretagne.fr
LAMOUREUX Mélina	Agence de l'eau Adour-Garonne	melina.lamoureux@eau-adour-garonne.fr
GONÇALVES Karine	GIP Seine-Aval	kgoncalves@seine-aval.fr
LEBAILLEUX Lise ou LE BOT Kristell	GIP Loire Estuaire	lise.lebailleur@loire-estuaire.org kristell.lebot@loire-estuaire.org
BERNARD Clément	SMIDDEST	c.bernard@smiddest.fr

Membres scientifiques

LEPAGE Mario	IRSTEA	mario.lepage@irstea.fr
ANDRAL Bruno	IFREMER	Bruno.Andral@ifremer.fr
LE HIR Pierre	IFREMER	Pierre.Le.Hir@ifremer.fr
BRIVOIS Olivier	BRGM	o.brivois@brgm.fr
LAFITE Robert	Université de Rouen	robert.lafite@univ-rouen.fr
BLANC Gérard	Université de Bordeaux	g.blanc@epoc.u-bordeaux.fr
BLANCHET Hugues	Université de Bordeaux	hugues.blanchet@u-bordeaux.fr
BUDZINSKI Hélène	Université de Bordeaux	helene.budzinski@u-bordeaux.fr
SOTTOLICHIO Aldo	Université de Bordeaux	aldo.sottolichio@u-bordeaux.fr
GARNIER Josette	Sorbonne Université	josette.garnier@upmc.fr
RUELLET Thierry	GEMEL Picardie	thierry.ruellet@gemel.org
BARILLE Anne-Laure	Bio-Littoral	al.barille@bio-littoral.fr
DUHAMEL Sylvain	CSLN	sylvain.duhamel@csln.fr

Avec le soutien financier de

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

www.agence-francaise-biodiversite.fr



<http://scale.univ-rouen.fr>