

GIP Seine-Aval



Programme de recherche SA5 2013-2017



Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

Mars 2015

GIP Seine-Aval
115 boulevard de l'Europe
76100 Rouen

tel : 02 35 08 37 64
fax : 02 35 98 03 93
<http://www.seine-aval.fr>

Préambule

La phase 5 du programme de recherche Seine-Aval a été initiée en 2013 et est prévue (sauf quelques projets) de se clôturer en 2017.

Quatre axes de recherche structurent cette phase :

- **Axe 1 : Fonctionnement hydro-morpho-sédimentaire de l'estuaire**
- **Axe 2 : Caractérisation et rôle des habitats**
- **Axe 3 : Anthropisation, contaminations – Où en est le milieu ?**
- **axe 4 : Aide à la gestion (usages, compensation écologique et restauration), aucune proposition n'a été retenue.**

Les modalités de sélection des projets sont diverses :

L'appel à projet SA5

Lancé en 2013, l'appel à projets a permis la sélection de **11 projets**, mobilisant une trentaine d'équipes scientifiques pour un montant de financement du GIP Seine-Aval de 1 520 k€.

Les projets complémentaires à Seine-Aval 5

Le GIP Seine-Aval, avec l'appui de son comité scientifique, a hiérarchisé les questionnements restés orphelins suite à l'appel à projets. Le groupement a décidé de lancer une procédure complémentaire sur certains questionnements jugés prioritaires, afin de ne pas attendre le prochain appel à projets, permettant grâce à l'animation de groupes de travail mobilisant partenaires techniques et équipes scientifiques compétentes dans les domaines ciblés, de préciser ces questionnements sous forme d'un cahier des charges. Un appel à propositions ciblé vers les participants aux groupes de travail a ensuite permis la sélection de **6 nouveaux projets**, mobilisant une quinzaine d'équipes, pour un montant de financement du GIP Seine-Aval de 734 k€.

Les partenariats de recherche

Deux projets de recherche ont été lancés par l'animation d'un partenariat. Dans le cadre de ces projets, l'équipe du groupement est fortement impliquée dans la réalisation des travaux.

Une collaboration avec AgroParisTech et le bureau d'étude ASCA a été engagée en 2013 et s'est concrétisée par le projet PERCEES financé par la Fondation de France. Le GIP apporte un financement de 45 k€.

Dans le cadre de l'animation du réseau de mesure SYNAPSES, le groupement a mis en place un partenariat avec l'université de Rouen-Laboratoire M2C et l'IFREMER, permettant le lancement du projet SUSPENSE. La contribution financière du GIP Seine-Aval à ce projet s'élève à 75 k€.

Ainsi, **19 projets** sont en cours et sont listés dans le tableau suivant.

Les couleurs correspondent aux 4 axes structurants SA5. Certains projets s'inscrivent dans différents volets, mais pour plus de facilité de lecture, ils ont été classés dans un axe unique

Acronyme (année de démarrage)	Titre	Coordonnateur	Résumé
ECHANGES 2014	Interaction entre les différentes masses d'eau estuariennes et bilan hydrique de l'estuaire	J.P. Dupont UMR M2C Université de Rouen	p. 6
AffluSeine 2013	Flux sédimentaires des affluents intra-estuariens de la Seine : Quantification et relation avec les caractéristiques physiographiques des bassins versants	Benoit Laignel UMR M2C Université de Rouen	p. 7
SUSpEnSE 2014	StUdy Sediment fluxEs in the Seine-Estuary	Robert Lafite UMR M2C Université de Rouen	p. 8
HYMOSED 2013	Modélisation du fonctionnement HYdro-MORpho-SEDimentaire de l'estuaire de la Seine	Florent Grasso IFREMER – DYNECO/PHYSED	p. 9
BARBÈS 2013	Associations biologiques en relation avec le transport sédimentaire : développement d'un modèle de bioturbation par les ingénieurs d'écosystèmes en estuaire de Seine	Francis Orvain FRE BioMEA Université de Caen	p. 10
H2O 2013	Habitats Hétérométriques Originaux	Sandric Lesourd UMR M2C Université de Caen	p. 12
PROUESSE 2013	PROdUction primaire dans l'ESTuaire de SEine	Pascal Claquin FRE BioMEA Université de Caen	p. 13
ZOOGLOBAL 2013	Etude du ZOOplancton et de ses habitats estuariens dans un contexte de changement GLOBAL : synthèse des acquis Seine-Aval et initiation d'une nouvelle approche intégrée	Sami Souissi UMR LOG Université Lille 1	p. 15
MODHANOUR 2014	MODÉlisation des HABitats de NOUrriceries en estuaire de Seine	Anik Brind'Amour IFREMER	p. 16
ANTROPOSEINE 2013	ANalyse de la structure TROPrique et cONtribution des habitats de l'estuaire de la SEINE	Nathalie Niquil FRE BioMEA Université de Caen	p. 17
ANACONDHA 2015	Analyse spatiale de la connectivité des d'habitats fonctionnels pour les poissons à l'échelle de l'estuaire	Céline Le Pichon Irstea	p. 19
CRAPPSE 2013	Contamination et RéActivité de Pesticides et de Pharmaceutiques dans l'estuaire de SEine : bilan des contaminations, dégradation et impact toxique	Patrick Mazellier UMR EPOC Université de Bordeaux 1	p. 21
MOSAIC 2013	Dynamique de la Matière Organique dans le bouchon vaSeux de l'estuAire de Seine en lien avec les nutrIments et les Contaminants organiques	Arnaud Huguet UMR BioEMCo Université Pierre et Marie Curie	p. 22
DYNAPAT 2013	Impact de la dynamique particulière sur le devenir des bactéries pathogènes dans la zone du bouchon vaseux de l'estuaire de Seine	Fabienne Petit UMR M2C Université de Rouen	p. 24
RESET 2013	Rôle de l'estuaire de Seine dans l'écologie territoriale de la Normandie : cycles des nutriments et systèmes hydro-agro-alimentaires.	Josette Garnier UMR Sisyphe Université Pierre et Marie Curie	p. 25
ECOTONES 2014	Effets de la CONtamination sur les OrgaNismes de l'Estuaire de la Seine	Benoît Xuereb UMR-I-02 SEBIO Université du Havre	p. 27
PERCEES 2013	Prospective Environnementale pour la Restauration de la Cohérence Ecologique de l'Estuaire de la Seine	Audrey COREAU Centre A. Koyré et AgroParisTech	p. 28
PUBLIC 2014	Quelle association du public pour aménager les milieux naturels de l'estuaire de la Seine ?	Sophie Allain Consultante	p. 30
ANPHYECO-SEINE 2014	Analyse du fonctionnement hydrologique, morphologique, sédimentaire et écologique [en vue d'une recherche de pistes de restauration globale] de l'estuaire de la Seine	Stefan Van Damme ECOBE Antwerp University	p. 38

ECHANGES

Interaction entre les différentes masses d'eau estuariennes et bilan hydrique de l'estuaire

Coordination : Jean-Paul Dupont

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen – Jean-Paul Dupont
- Direction régionale Haute-Normandie du BRGM – Didier Pennequin
- ARMINES-Centre de Géosciences – Nicolas Flipo

Résumé du projet :

Actuellement, nous ne disposons que d'évaluations grossières et globales en terme de bilan des apports souterrains à la Seine aval qui ont été établies à partir des gradients moyens d'écoulement de l'aquifère de la craie. En l'état actuel, les modèles hydrologiques existants ne sont pas susceptibles de simuler correctement la complexité du fonctionnement hydrologique des échanges nappe-rivière dans le secteur de la Seine aval. Le besoin d'une véritable quantification des apports souterrains à la Seine est pourtant évident pour conforter les modélisations hydrosédimentaire et biogéochimique dans le système Seine aval mais la problématique reste complexe et ne peut s'inscrire que dans une indispensable construction des savoirs qui requiert une meilleure connaissance des processus hydrologiques fondée sur l'acquisition de données complémentaires. L'objectif principal de cette proposition est néanmoins de fournir les premières estimations quantitatives des apports souterrains sur le linéaire de la basse vallée de la Seine en mobilisant l'ensemble des compétences pour mieux appréhender les spécificités du contexte géomorphologique et hydrologique à partir des données disponibles et en utilisant les modèles existants pour répondre au questionnement dans les meilleurs délais.

Les principaux enjeux ou verrous scientifiques à lever pour mieux renseigner le modèle distribué Modcou sont liés aux spécificités du caractère karstique de l'aquifère de la craie (principal réservoir que l'on a tendance à globaliser mais qui est caractérisé par une forte anisotropie) et à son interface avec le remplissage alluvial de la Seine aval et l'influence des aménagements. Les travaux réalisés prendront en compte l'approche physique des processus hydrologique (fondée en particulier sur les connaissances acquises sur des sites ateliers avec une discussion sur leurs diversités spatiales) et leur prise en compte dans les modèles globaux et distribués mobilisés.

Conformément aux inondations catastrophiques de la basse vallée de la Somme au printemps 2001, les modalités de la recharge de l'aquifère de la craie constitue le premier verrou du projet et doit prendre en compte le fonctionnement d'aquifère karstique sous couverture incluant le stockage transitoire dans les formations superficielles des plateaux et le rôle des dolines ou bétoires dans la prévalence de l'infiltration concentrée. Cette démarche, conforme à l'IDPR défini par le BRGM, suppose la prise en compte des pluies efficaces par le modèle Gardénia dont les résultats seront adaptés dans le modèle distribué. Cette diversité spatiale des fonctionnements hydrologiques (recharge et écoulement) sera discutée en fonction des différences observées entre les réponses hydrologiques aux mêmes forçages climatiques, en particulier, lors des événements extrêmes.

La structuration de l'organisation des écoulements par le drainage karstique qui se développe à l'approche du drain que constitue la basse vallée de la Seine conduit à une hétérogénéité spatiale des transferts qui, en l'absence de données suffisantes (excepté dans le cadre de site atelier mieux connu), sera difficile à reproduire sur l'ensemble de la basse vallée mais a vocation de pouvoir évoluer en fonction de données complémentaires et de l'évolution des connaissances en matière de modélisation des aquifères karstiques.

La problématique du système complexe d'interface entre l'aquifère de la craie et la Seine suppose d'intégrer les connaissances acquises sur le fonctionnement hydrologique du remplissage alluvial caractérisé par un système bicouche dont l'organisation et l'hydrologie sont plus ou moins bien renseignées selon les secteurs, et l'état de colmatage ou de creusement du chenal de navigation (lieu privilégié des échanges nappe-rivière). La qualité des résultats du modèle distribué pourront évoluer avec l'état des connaissances disponibles et les besoins de données encore à acquérir (en particulier, potentiel des données piézométriques de la craie, en vallée de Seine).

La modélisation distribuée MODCOU est prévue à un pas de temps journalier, ne pourra donc pas prendre en compte les fluctuations tidales et fournira en priorité l'évaluation des fluctuations saisonnières des flux moyens d'eaux souterraines à la Seine. La fiabilité des premiers résultats de ce modèle distribué dépend fortement de la qualité des données disponibles et a vocation d'évoluer en fonction de l'acquisition de données complémentaires et de l'évolution des connaissances. Elle sera donc discutée en fonction des résultats du modèle global EROS (Gardénia spatialisé par bassins versants tributaires) et connaissances acquises dans le fonctionnement de ce système hydrologique complexe pour mieux identifier les processus et paramètres à affiner pour simuler au mieux les fluctuations des échanges nappe-rivière dans la basse vallée de la Seine.

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Le bassin hydrogéologique de l'estuaire

AffluSeine

Flux sédimentaire des affluents intra-estuariens de la Seine : Quantification et relation avec les caractéristiques physiographiques des bassins versants

Coordination : Benoit Laignel

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen – Benoit Laignel
- Direction Risque et Prévention, BRGM Orléans – Oliver Cerdan

Résumé du projet :

Les exports de sédiments dans les rivières constituent l'essentiel des transferts de matières des surfaces continentales vers les océans. Ils représentent pour l'essentiel le résultat de processus variés d'érosion, transfert et dépôt au sein des bassins versants.

Dans le contexte du bassin versant de la Seine et plus généralement des plateaux lœssiques haut-normands, particulièrement sensibles à l'érosion, de nombreuses études ont mis en évidence la dynamique érosive des versants, les transferts d'eau entre la surface et le karst, et des premiers bilans d'export de certaines rivières à la Seine et à la côte haut-normande ont été réalisés.

Cependant, les calculs de flux sédimentaires à la Seine et à la côte haut-normande, reposant sur des régressions simples le plus souvent linéaires, ont abouti à une approximation, sans pouvoir évaluer les incertitudes sur les chiffres proposés. De plus, aucun travail n'a été entrepris pour essayer de comprendre le rôle de l'ensemble des bassins versants intra-estuariens et de leurs caractéristiques physiographiques sur les flux hydro-sédimentaires.

Le travail proposé dans le cadre de ce projet vise donc à :

- Quantifier de manière la plus précise possible les flux sédimentaires de l'ensemble des affluents intra-estuariens à la Seine, en combinant données acquises à basse fréquence (banque de données) et celles acquises à haute fréquence (par le laboratoire M2C), en utilisant différentes méthodes de calculs des flux développées ces dernières années dans la bibliographie et jamais appliquées à notre contexte pour la plupart d'entre elles (tests de 9 algorithmes et proposition de la méthode la plus adaptée à notre contexte : calibration/validation d'un modèle de calcul de flux),
- Mieux comprendre le rôle des bassins versants et de leurs caractéristiques physiographiques sur les flux hydro-sédimentaires, à partir d'un croisement statistique de l'ensemble des données (Analyse en Composantes Principales : ACP, Classification Ascendante Hiérarchique : CAH...).

Le travail proposé reposera sur une collaboration entre le Laboratoire M2C de l'Université de Rouen et la Direction Risque et Prévention du BRGM d'Orléans. Le laboratoire M2C possède une solide expérience dans les domaines de la morphologie, de l'hydrologie et de la sédimentation en estuaire de Seine, ainsi que dans celui de la mesure à haute résolution des transferts hydro-sédimentaires dans les rivières de Haute-Normandie (Seine et affluents et rivières littorales). Ces compétences seront mises en relation avec le savoir-faire en modélisation de l'érosion et des transferts sédimentaires du BRGM.

Fin des travaux de recherche : Mars 2016

Zone(s) d'étude(s) : Tous les bassins affluents de l'estuaire de Seine et donc tout le bassin intra-estuarien de la Seine.

SUSpEnSE

StUdy Sediment fluxEs in the Seine Estuary

Coordination : Robert Lafite

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen – Robert Lafite
- Ifremer – Romaric Verney
- GIP Seine-Aval – Jean-Philippe Lemoine

Le projet SUSPENSE vise à améliorer notre connaissance de la dynamique des matières en suspension (MES) en estuaire de Seine. Issu du besoin du GIP Seine-Aval de connaître la représentativité des mesures de turbidité du réseau SYNAPSES et de les exploiter pour déterminer des flux sédimentaires, ce projet se base sur une thèse intitulée “ Flux sédimentaires en estuaire de Seine : quantification et variabilité multi-échelle sur la base de mesure de turbidité” et débutant en octobre 2014. Le contenu de ce projet se décompose en 3 axes principaux :

1. Le premier axe de recherche du projet consistera à évaluer quantitativement la variabilité temporelle (de la marée à l'année) et spatiale (en différents points clés de l'estuaire en lien avec les stations du réseau SYNAPSES) des MES. Cette connaissance permettra alors de mieux établir le lien entre variabilité des MES et quantification de la concentration en MES par les capteurs à rétrodiffusion optique, via une optimisation de la méthodologie de calibration.
2. Le second objectif du projet consiste à quantifier les flux sédimentaires de la marée aux échelles pluriannuelles, sur la base du réseau SYNAPSES. Le calcul des flux nécessite de connaître, en chaque point mouillé de la section ciblée, le courant et la concentration en MES. Ainsi, l'objectif est de proposer une méthodologie de calcul du flux de MES à partir de la mesure ponctuelle du réseau SYNAPSES et d'une estimation des courants/du débit à travers la section ciblée.
3. Sur la base des deux axes précédents, les flux sédimentaires et leurs incertitudes auront été calculés. Ainsi ce troisième axe du projet aura pour objectif d'analyser la variabilité des flux sédimentaires, de l'échelle tidale (instantanés ou résiduels) à l'échelle pluriannuelle. Ces flux seront interprétés dans un contexte global, en les comparant aux flux entrants et sortants (lien avec le projet SA5 AFFLUSEINE). Ils pourront avec le concours du GIP-Seine-Aval être confrontés aux flux simulés par modélisation hydrosédimentaire (lien avec projet SA5 HYMOSED). Ils contribueront finalement à réactualiser le bilan sédimentaire en estuaire de Seine.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2017

Zone(s) d'étude(s) : Lit mineur du fleuve entre Rouen et la Balise A

HYMOSED

Modélisation du fonctionnement HYdro-MORpho-SEDimentaire de l'estuaire de la Seine

Coordination : Florent Grasso

Equipe(s) impliquée(s) :

- IFREMER, DYNECO/PHYSED – Florent Grasso
- UMR 6538, Domaines Océaniques, LDO – Christophe Delacourt
- GEO-Transfert – Virginie Lafon
- UMR 7093, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, LOV – David Doxaran
- UMR 6143, M2C – Julien Deloffre

Résumé du projet :

Le projet HYMOSED sur la modélisation du fonctionnement hydro-morpho-sédimentaire de l'estuaire de la Seine se place dans la continuité des travaux d'observation et de modélisation entrepris dans le cadre des programmes de recherche Seine-Aval précédents (1995-2011). Depuis le début de ces programmes, de nombreuses équipes se sont investies dans la mesure, l'analyse et la modélisation des processus hydro-sédimentaires de l'estuaire dans l'ambition de répondre aux questionnements scientifiques et sociétaux associés au fonctionnement physique, biologique, chimique et écologique de l'estuaire et de la baie de Seine.

Dans le cadre de ce projet de recherche, nous souhaitons apporter une meilleure compréhension du fonctionnement hydro-morpho-sédimentaire de l'estuaire de la Seine par une approche de modélisation numérique. Cela se traduit par une analyse fine de la dynamique du bouchon vaseux, la quantification des flux liquides et solides (sables/vase) en différentes sections représentatives des compartiments clés de l'estuaire et l'analyse de la modification de l'habitat sédimentaire à l'embouchure de l'échelle événementielle à annuelle. Afin de répondre de manière opérationnelle à ces questions, un travail préalable de validation du modèle par les nombreux jeux de données récemment acquis sur l'estuaire de la Seine sera réalisé. Nous compléterons ces jeux de données par deux nouvelles actions spécifiques : 1) le suivi topographique haute fréquence des bancs découvrants par méthodes terrestres et aériennes (LDO, M2C, DYNECO/PHYSED) ; et 2) l'amélioration des méthodes d'estimation de la turbidité de l'eau par imagerie satellite (GEO-Transfert, LOV). Nous envisageons également d'interagir avec les équipes des autres projets soumis à Seine-Aval 5 (SA5) pour valider et exploiter le modèle (ex. projets BARBÈS et AFFLUSEINE).

Une fois la validation réalisée, en termes d'hydrodynamique (vagues), de turbidité et de morphodynamique, le modèle sera exploité afin d'étudier la dynamique hydro-morpho-sédimentaire de l'estuaire aux échelles de temps événementielles (ex. tempêtes, crues), saisonnières (ex. été/hiver) et annuelles (ex. années sèches/humides, calmes/tempétueuses). Pour ces différents scénarios, nous analyserons : 1) la dynamique du bouchon vaseux ; 2) les flux et bilans sédimentaires (sables/vase) ; et 3) la morphodynamique et l'évolution du substrat sédimentaire dans l'estuaire. Notre domaine d'étude comprend l'ensemble de l'estuaire de la Seine, de Poses en amont jusqu'à la baie de Seine en aval. L'étendue de ce domaine permet au modèle numérique de prendre en compte les différents forçages hydrologiques et hydrodynamiques contrôlant le système estuarien. Cependant, hormis le travail sur les flux amont/aval, notre zone d'étude principale se focalisera sur l'embouchure de l'estuaire où la dynamique hydro-sédimentaire est la plus forte (ex. bouchon vaseux, morphodynamique des bancs), avec un intérêt particulier sur les zones de stockage sédimentaire latérales, telles que la grande Vasière Nord ou la vasière sud entre Tancarville et la Risle. Une fois le modèle validé en termes de turbidité et de morphodynamique, une version opérationnelle du modèle hydro-morpho-sédimentaire MARS-3D curviligne sera transférée au GIPSA. Les résultats des simulations hydrosédimentaires seront également transmis au GIPSA afin qu'ils puissent être intégrés dans leur SIG « Habitat Fonctionnel ». Au sein du projet HYMOSED, nous nous efforcerons particulièrement à garantir l'échange scientifique entre les différentes équipes partenaires du projet, ainsi de favoriser les interactions avec les autres équipes du programme SA5 avec lesquelles nous souhaitons collaborer. Enfin, nous souhaitons mettre en place un comité de pilotage, impliquant les acteurs de ce projet ainsi que le GIPSA et les partenaires du comité technique intéressés, afin de suivre le déroulement général du projet, de discuter des orientations scientifiques et de définir le degré de validation optimal du modèle.

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Tout l'estuaire avec un focus sur le secteur en aval de Tancarville

BARBÈS

Associations biologiques en relation avec le transport sédimentaire : développement d'un modèle de bioturbation par les ingénieurs d'écosystèmes en estuaire de Seine

Coordination : Francis Orvain

Equipe(s) impliquée(s) :

- FRE 3484 BIOMEA, Université de Caen – Francis Orvain
- IFREMER, DYNECO/Physed – Pierre Le HIR
- UMR 6143, M2C – Robert Lafite
- Laboratoire MMS, Université de Nantes – Laurent Barille
- Cellule de Suivi du Littoral Normand – Chloé Dancie
- Maison de l'estuaire – Thomas Lecarpentier

Résumé du projet :

Le mouvement des sédiments fins à l'embouchure de l'estuaire de la Seine est très dynamique en réponse à des modifications de l'intensité des vecteurs physiques principaux tels que les courants de marée, la houle et les apports de matériaux provenant de la zone amont du fleuve en période de crue. La morphologie générale des zones intertidales et le transport sédimentaire en réponse aux variations des facteurs hydrodynamiques sont déjà en partie modélisés avec l'outil MARS-3D (Ifremer). Cependant, un effort particulier doit être réalisé pour prendre en considération l'impact de l'activité des communautés benthiques sur le transport sédimentaire. Les modifications de l'érodabilité des sédiments par les communautés benthiques naturelles ont déjà fait l'objet de quelques études expérimentales. La plupart de ces expériences ont été réalisées dans des estuaires et/ou des vasières intertidales qui ont révélé des influences contrastées par les producteurs primaires (microphytobenthos) et les producteurs secondaires (dépositivores macrobenthiques) sur le comportement des sédiments cohésifs. Les espèces bioturbatrices de la faune benthique (ingénieurs d'écosystèmes) peuvent remanier de manière très significative le sédiment en cours de consolidation et modifient ainsi l'érodabilité des sédiments superficiels. Au contraire, les biofilms de diatomées benthiques exercent également une action biostabilisatrice susceptibles de limiter l'érosion des vases fines et des sables fins. Cette action biostabilisatrice est directement régulée par la sécrétion de substances exopolymériques (« exopolymeric Substances » dits EPS) pendant leurs déplacements migratoires dans les sédiments riches en vase. La production d'EPS par les diatomées benthiques dépend de l'habitat sédimentaire (mélange sablo-vaseux). Des résultats récents montrent que cet impact n'est pas limité aux vasières mais aussi au mélange sablo-vaseux périphériques. Les effets de la faune sont plus complexes à intégrer car ils varient selon les espèces et leurs environnements sédimentaires. Il existe des différences significatives entre les effets exercés par la macrofaune benthique sur l'érosion des sédiments de nature cohésive et non cohésive. Une seule et même espèce peut même avoir une action déstabilisatrice sur les sédiments cohésifs alors qu'elle exerce une action stabilisatrice sur les sédiments non cohésifs (ex : l'amphipode *Corophium volutator*).

L'objectif général d'intégrer de nouvelles lois d'érosion supplémentaires pour modéliser l'impact des ingénieurs d'écosystèmes sur le transport sédimentaire nécessite de coupler des approches physiques et écologiques en laboratoire, sur le terrain et en modélisation. L'approche se découpe en 3 tâches dans la logique de la construction d'un nouveau modèle de transport sédimentaire spatialisé et de son application sous forme de scénarios.

En s'appuyant sur les données déjà existantes sur les communautés macrozoobenthiques des zones intertidales et subtidales, ce projet complétera les données manquantes concernant le microphytobenthos dans les zones intertidales par de nouvelles campagnes de terrain (tâche 1).

Les structures spatiales du microphytobenthos, de leurs EPS et de l'impact biostabilisateur seront mesurées à partir de prélèvements directs avec un couplage avec les outils de télédétection. En outre, de nouvelles recherches expérimentales (érodabilité, canal benthique pour la tâche 2) doivent être mises en œuvre pour évaluer les effets de la bioturbation sur une large variété de substrats meubles (mélanges sablo/vaseux) à la fois en laboratoire (calibration de lois d'érosion) *et in situ* le long de l'estuaire de la Seine (validation du modèle).

L'objectif majeur de ce projet est de proposer un modèle de l'influence respective des facteurs physiques et biologiques sur la remise en suspension des sédiments (tâche 3).

Ce projet s'appuiera sur l'étude des communautés benthiques des substrats meubles dans l'estuaire de la Seine où les peuplements benthiques sont diversifiés et répondent à une raréfaction des zones intertidales envasées dans la partie aval de l'embouchure. Nous utiliserons le modèle sous forme de simulation dans les conditions actuelles et en appliquant des scénarios d'évolution naturelle ou bien sous forçage anthropique des communautés benthiques.

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Estuaire en aval de Tancarville et en particulier les milieux intertidaux.

H2O

Habitats Hétérométriques Originaux

Coordination : Sandric Lesourd

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR 6143 M2C, Université de Caen – Sandric Lesourd
- CNAM INTECHMER, GEOCEANO, Cherbourg – Yann Mear

Résumé du projet :

La qualité hétérométrique d'un échantillon de sédiment est essentiellement définie par un spectre de répartition plurimodal, déterminant plusieurs populations de tailles distinctes. La couverture sédimentaire de l'estuaire de la Seine est soumise à de fortes variations de nature et de structure, à des pas de temps d'ordre variable de la saison au siècle. Les remaniements et évolutions de la couverture ont ainsi structuré de nombreux faciès ; les sédiments de l'estuaire de la Seine et des fonds proches de la partie orientale de la baie de Seine sont ainsi très largement hétérométriques. Les faciès sédimentaires sont quelquefois spécifiques et souvent originaux, tels les graviers envasés ou les sables à galets mous. Les faciès sédimentaires comportant, outre des sables ou des vases, des fractions très grossières, graviers, galets mous, ou débris coquilliers, sont des habitats originaux ; du point de vue de la sédimentologie, ils sont difficiles à caractériser précisément et leur implication dans la dynamique des sédiments est très mal connue. Du point de vue de la biologie, les modes de vie des populations benthiques sont mal connus à petite échelle d'observation. Si les interactions benthos / sédiment ont été étudiées sur des sédiments sableux ou sablo-vaseux, à l'échelle de la station, de l'embouchure ou du large de la baie de Seine dans des sédiments grossiers il n'existe pas d'études portant sur ces habitats spécifiques, à l'échelle d'un prélèvement de la taille d'une carotte. Ce projet s'inscrit dans l'axe 1, volet « Dynamique des habitats sédimentaires : variabilités spatiales et temporelles de la couverture sédimentaire et évolutions morphologiques de l'évènement à l'échelle pluriannuelle. Interactions avec le biota », mais également dans l'axe 2 « Caractérisation et rôle des habitats », de l'appel à projets.

Les questions scientifiques structurent le Projet H2O en deux tâches organisées vers l'étude de l'hétérogénéité sédimentaire. La première concerne les parties " internes " du sédiment ou à l'interface immédiate. La suivante cherche à qualifier l'hétérogénéité spatiale à l'échelle de l'estuaire et de la baie de Seine, pendant la période de 1985 à l'actuel. La tâche 1 portera essentiellement sur l'étude des habitats hétérogènes à l'échelle de carottes étudiées par imagerie et par prélèvement, complété d'un volet expérimental en laboratoire qui viendra compléter les données de terrain. Cette tâche est supportée par une thèse dont le financement est déjà acquis (École Doctorale SIMEM, UCBN, début de la thèse au 1^{er} octobre 2013). La tâche 2 vise à une analyse croisée des bases de données Colmatage sédiment/benthos afin de comprendre les interactions benthos / sédiments hétérométriques, à l'échelle de l'estuaire et de la partie orientale de la Baie de Seine, et selon une échelle de temps décennale (Post doc demandé). Le projet, pluridisciplinaire, inclut la sédimentologie, l'écologie des populations et des espèces benthiques. Il implique des laboratoires (GEOCEANO, M2C) qui ont déjà travaillé sur ces thèmes au sein du Programme Seine-Aval (Projets Colmatage notamment).

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Baie de Seine Orientale, milieux subtidaux

PROUESSE

PRODUCTION primaire dans l'ESTUAIRE de SEINE

Coordination : Pascal Claquin

Equipe(s) impliquée(s) :

- BioMEA FRE CNRS 3484, Université de Caen – Pascal Claquin
- IFREMER, LERN – Philippe Riou
- BOREA MNHN-UPMC-CNRS 7208-IRD 207 – Jean-Pascal Lopez

Résumé du projet :

Les apports anthropiques provenant de l'ensemble du bassin versant font de l'estuaire de Seine un système fortement eutrophisé où la richesse biologique est importante et qui génère une forte productivité. Cette productivité est généralement mal estimée. En effet, le compartiment phytoplanctonique notamment est souvent réduit à la teneur en chlorophylle du milieu. Or, l'estimation de la biomasse chlorophyllienne ne donne qu'une image figée du compartiment phytoplanctonique, les concentrations mesurées étant la résultante de la production nette phytoplanctonique, de la dilution par les courants, de la mortalité par broutage ou sénescence, de la photoacclimatation, ainsi que d'autres facteurs biotiques ou abiotiques. L'estimation de la production primaire doit permettre d'appréhender la dynamique de la production du système étudié en amont de la biomasse chlorophyllienne, c'est-à-dire, calculer le flux d'énergie et de carbone vers les compartiments du réseau trophique supérieur. Dans les estuaires, la production secondaire est soutenue par l'apport de matière organique qui peut avoir une origine allochtone ou autochtone. L'origine et le devenir de la matière dans les estuaires répondent à des processus extrêmement complexes et variés. Parmi ces sources, les producteurs primaires jouent un rôle qui est mal évalué dans l'estuaire de Seine. Les producteurs primaires représentent une source de carbone et d'azote de matière organique de qualité pour les réseaux trophiques. De plus, ce compartiment influence également d'autres processus dans l'estuaire comme les mécanismes d'agrégation ou de biostabilisation des sédiments via les processus d'excrétion du carbone par les algues.

Les producteurs primaires influencent également l'oxygénation et la concentration en éléments nutritifs. Dans les estuaires trois facteurs abiotiques clés vont largement contrôler la dynamique et le niveau de la production primaire, il s'agit de la turbidité, des variations de salinité et du temps de résidence des masses d'eau.

L'objectif de ce projet est de se focaliser sur le compartiment des producteurs primaires en évaluant la dynamique spatiotemporelle de la production primaire et de la biodiversité à l'échelle de l'estuaire en considérant le phytoplancton, le microphytobenthos et le macrophytobenthos.

Lors de ce projet la production primaire sera mesurée in situ aux différentes saisons en couplant différentes approches méthodologies. La diversité micro et macroalgale sera également évaluée ainsi que le compartiment picoplanctonique rarement étudié en zone estuarienne. La productivité par classe de taille pourra être ainsi prise en compte ce qui est rarement réalisée. Nous évaluerons également la part de la production primaire microphytobenthique qui est exportée vers la colonne d'eau et donc vers le compartiment pélagique ainsi que les excréments de carbone sous forme de TEP et d'EPS.

L'un de nos objectifs est notamment de pouvoir accéder à des mesures de production primaire à une haute résolution spatiale. Afin de mieux appréhender les données obtenues in situ, une étude sera menée en laboratoire sur l'effet de la salinité sur la capacité de production des algues. Associées aux mesures de production primaire des mesures de diversité et de classe de taille (phytoplancton) seront réalisées par des méthodes traditionnelles, par cytométrie en flux et par biologie moléculaire. Nous proposons en particulier de répondre de façon innovante au besoin d'évaluation de la diversité, via la bioindication par les communautés de diatomées. Pour cela nous proposons de développer plus avant les capacités d'une technologie de séquençage nouvelle génération, la technologie Ion Torrent PGM, pour établir à haut-débit et de façon fiable des inventaires taxonomiques des communautés naturelles de diatomées au sein d'échantillons environnementaux. Les inventaires ainsi obtenus

seront comparés aux inventaires morphologiques, et mis en lien avec les données de pression des sites afin de mettre en évidence des assemblages taxonomiques caractéristiques de différents échantillons.

Ces travaux permettront d'alimenter les modèles de réseaux trophique et écosystémique en intégrant la dynamique spatiale et temporelle de la production primaire, ils permettront également de caractériser des indicateurs de la modification des masses d'eau (e.g. pollution, eutrophisation) ou à grande échelle (e.g. changements climatiques). Les méthodes de mesures de productivité primaire que nous mettons en oeuvre permettent d'avoir accès à des processus à haute fréquence ce qui permet de caractériser le fonctionnement de compartiments de l'écosystème à haute résolution

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Estuaire en aval de Vieux-Port

ZOOGLOBAL

Etude du ZOOplancton et de ses habitats estuariens dans un contexte de changement GLOBAL : synthèse des acquis Seine-Aval et initiation d'une nouvelle approche intégrée.

Coordination : Sami Souissi

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR CNRS-ULille1-ULCO 8187 LOG, Université Lille 1 – Sami Souissi
- UMR CNRS-UPS-INPT 5245 ECOLAB , Université de Toulouse 3 – Michèle Tackx

Résumé du projet :

Le projet ZOOGLOBAL propose une démarche scientifique complémentaire combinant un grand effort de synthèse s'appuyant essentiellement sur la valorisation des acquis du programme Seine-Aval ainsi que l'initiation d'une nouvelle démarche interdisciplinaire d'étude du zooplancton et par certains aspects novateurs. Il propose un consortium multidisciplinaire composé par 2 équipes complémentaires spécialisées dans la diversité, l'écologie et le rôle fonctionnel du zooplancton estuarien. Le projet cible la dynamique du zooplancton dans la zone de gradient de salinité. Il s'appuie sur une approche intégrée combinant l'observation in situ, l'expérimentation en laboratoire et la modélisation.

Le projet ZOOGLOBAL se propose d'apporter des éléments de réponses aux questions scientifiques et opérationnelles fondamentales suivantes :

Comment le zooplancton (élément central du réseau trophique estuarien) pourrait répondre à différents scénarios d'évolution des habitats estuariens sous la double contrainte du changement climatique mais également l'impact anthropique (pressions diverses et projets de restauration) ?

Quelle est la capacité adaptative de certains copépodes estuariens vis-à-vis des changements naturels et/ou anthropiques ? Et comment peut-on intégrer ces informations dans une approche de modélisation ?

Enfin, face à la complexité des habitats pélagiques estuariens, et particulièrement dans la zone de gradient de salinité, quelle est la meilleure stratégie interdisciplinaire et intégrée à développer lors des études du zooplancton dans l'estuaire de la Seine ?

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Estuaire en aval de La Bouille

MODHANOUR

MODélisation des HABitats de NOUrriceries en estuaire de Seine

Coordination : Anik Brind'Amour

Equipe(s) impliquée(s) :

- Ifremer – Anik Brind'Amour
- MNHN / CRESCO – Eric Feunteun
- CSLN – Sylvain Duhamel

Résumé du projet :

Depuis les 30 dernières années, l'estuaire de la Seine a subi de profondes modifications morphologiques dont les conséquences ont été caractérisées : réduction de l'espace disponible, réduction des surfaces intertidales, réduction du volume de l'estuaire, migration du dépôt-centre de la sédimentation vers l'aval, et envasement significatif de l'estuaire aval. Or, cet estuaire assure une fonction de nourricerie, indispensable au développement des jeunes poissons marins qui rejoignent ensuite les populations du large et contribuent ainsi au recrutement, et donc au renouvellement des stocks de poissons adultes. Il joue aussi un rôle d'habitat de croissance pour certaines espèces comme l'anguille, le flet ou le mullet, de frayère pour l'éperlan et de transit migratoire pour des espèces amphihalines comme l'anguille, le saumon ou la truite de mer. Plusieurs projets financés par le GIP SA ont produit un ensemble important de données qui permettent actuellement d'étudier l'effet de ces modifications anthropiques sur la fonction de nourricerie de l'estuaire. Le présent projet propose donc d'analyser conjointement certaines de ces données antérieures afin d'identifier et de quantifier les facteurs explicatifs de l'évolution des densités de poissons utilisant le secteur en aval du pont de Tancarville comme nourricerie. La réalisation de cet objectif repose sur trois tâches scientifiques. En premier lieu une analyse exploratoire permettra d'identifier les échelles spatiales et temporelles ainsi que les paramètres à inclure dans les tâches suivantes. La deuxième tâche porte sur la modélisation des habitats. Une approche de type SDM sera adoptée et déclinée sur une série d'échelles temporelles (saisonnière, annuelle et multi-annuelle) afin de comprendre et comparer les évolutions de l'estuaire. Cette tâche sera effectuée à partir de deux jeux de données. Un premier comportant une série annuelle de densités de poissons entre 1995 et 2010 et un deuxième à partir de données mensuelles (mai à octobre) de densités de poissons échantillonnées entre 2000 et 2014. La deuxième tâche permettra d'établir des courbes de préférences environnementales pour les différentes espèces de poissons sélectionnées. Ces courbes pourront notamment servir comme base d'information dans le SIG Habitat du GIP. La troisième tâche vise à quantifier la contribution relative des différentes variables environnementales (trophiques et abiotiques) expliquant la distribution spatiale des poissons. Cette tâche sera réalisée à partir des données du projet Colmatage (2008-2010) dans lequel tous les compartiments (poissons, benthos, sédiments) ont été échantillonnés simultanément.

Fin des travaux de recherche : Juin 2016

Zone(s) d'étude(s) : Estuaire aval et baie de seine orientale

ANTROPOSEINE

ANalyse de la structure TROPhique et cONtribution des habitats de l'estuaire de la SEINE

Coordination : Nathalie Niquil

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR BOREA (FRE BIOMEA), Université de Caen – Nathalie Niquil, Karine Grangeré
- IRSTEA, Unité EPBX, Centre de Bordeaux – Jérémy Lobry
- UMR 6143 M2C, Université de Caen – Jean-Claude Dauvin

Résumé du projet :

Les méthodes de l'analyse numérique des réseaux trophiques permettent d'intégrer les savoirs accumulés sur les différentes populations qui composent les écosystèmes sous une forme synthétique. Notre objectif est d'appliquer ces méthodes à l'estuaire de la Seine afin de **promouvoir une approche intégrative, basée sur le fonctionnement des écosystèmes et visant à caractériser (1) la contribution des différents secteurs et habitats de l'estuaire de la Seine à la capacité trophique du milieu, (2) l'état de santé de l'écosystème et (3) son évolution.**

En ceci, ce projet s'intègre complètement dans l'axe 2 de l'appel à projet en se focalisant sur la caractérisation du rôle des habitats de l'estuaire sur les fonctions trophiques (nourricerie et alimentation) caractéristiques du milieu et plus largement sur le fonctionnement du réseau trophique.

Lors des 4 précédents appels d'offre, les projets financés par le Programme Seine Aval ont permis de décrire le fonctionnement écologique des différents secteurs du lit mineur de l'estuaire de la Seine et des différentes composantes de l'écosystème. La partie orientale de la Baie de Seine, elle-aussi, a vu s'accumuler de très nombreuses informations écologiques. **L'objectif principal du projet ANTROPOSEINE sera de faire une synthèse de l'ensemble de ces connaissances afin de décrire le fonctionnement du réseau trophique des différents secteurs qui composent l'ensemble de cette zone**, dans la continuité des travaux initiés en modélisation ECOPATH par Hervé Rybarczyk, Jean-Claude Dauvin et, plus récemment, Jérémy Lobry et en modélisation inverse par Jean-Claude Dauvin, Pierre Chardy et leurs collaborateurs. Nous proposons donc de constituer un groupe de travail, en modélisation des réseaux trophiques, basé sur la complémentarité des spécialités de 3 chercheurs fortement impliqués dans la recherche d'indicateurs de santé des écosystèmes basés sur les modèles de flux trophiques : Jean-Claude Dauvin (spécialiste des réseaux benthiques), Jérémy Lobry (spécialiste des réseaux pélagiques) et Nathalie Niquil (spécialiste des réseaux microbiens). L'idée est de mener un travail de synthèse qui se fera en étroite collaboration avec un deuxième cercle de spécialistes composé de l'ensemble des chercheurs ayant participé à l'élaboration des précédents projets. Le principal livrable sera basé sur une analyse des incertitudes et une analyse de sensibilité qui permettront de **prioriser les mesures *in situ* à effectuer à l'avenir dans l'objectif de définir le(s) prochain(s) appel(s) d'offre.**

Ces travaux contribueront notablement à une réflexion plus large sur les indicateurs de santé des écosystèmes qui ont beaucoup évolué entre l'application de la DCE et celle de la DCSMM. En particulier, cette dernière met l'accent sur le descripteur « Réseau Trophique » mais **de nombreuses questions scientifiques demeurent sur ce qu'est, au sens de la DCSMM, un « Bon Etat Ecologique » du descripteur « Réseau Trophique »**. Par sa position géographique à l'interface de la zone d'application de la DCE et de la DCSMM et par son exceptionnel jeu de donnée, l'estuaire de la Seine constitue un site idéal pour approfondir cette question. L'objectif du présent projet est d'aller plus loin que les précédentes synthèses effectuées en modélisation statique, en associant les outils numériques complémentaires que sont ECOPATH, l'Analyse Inverse Linéaire en Monte Carlo Markov Chain (LIM-MCMC) et les indices de l'Analyse des Réseaux Ecologiques (ENA). L'analyse inverse permettra de mieux cerner les incertitudes qui demeurent dans la description du fonctionnement du réseau trophique de l'estuaire dans ses différents compartiments spatiaux et de développer une analyse de sensibilité afin de **définir des recommandations pour le prochain appel d'offre**. Elle permettra aussi de décrire la sensibilité de chaque compartiment spatial à la connectivité i.e. aux **échanges avec les compartiments adjacents et entre benthos et pelagos**, en lien avec les projets de l'axe 1 du présent appel à projets. L'application conjointe de l'analyse inverse et des indices ENA tels que la diversité des flux ou l'efficacité de transfert entre échelons trophiques donne une base statistique à la

comparaison de situations contrastées qui permettra d'avancer sur la question de la définition d'indicateurs de santé des écosystèmes

Le travail sur les indicateurs de santé s'accompagnera d'une réflexion sur l'impact du changement global en comparant des situations hydrologiques contrastées (années sèches ou humides). Si la difficulté de déconvoluer les effets climatiques et liés aux aménagements est attendue, nos travaux permettront d'avancer dans la **réflexion sur les effets combinés des changements climatiques et des aménagements (via leur action sur l'habitat et la dynamique hydrosédimentaire) sur le fonctionnement trophique de l'estuaire de la Seine.**

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Estuaire en aval de Tancarville et baie de Seine orientale.

ANACONDHA

Analyse spatiale de la connectivité des d'habitats fonctionnels pour les poissons à l'échelle de l'estuaire

Coordination : Céline Le Pichon

Equipe(s) impliquée(s) :

- Laboratoire Hydro-écologie fluviale, IRSTEA-Antony – Céline Le Pichon
- Laboratoire Fonctionnement des Ecosystèmes Estuariens, IRSTEA-Bordeaux – Jérémy Lobry

Résumé du projet :

L'estuaire de la Seine assure des fonctions de nourricerie, de transit et de croissance pour de nombreux groupes d'espèces inféodées à l'estuaire (ex. poissons, oiseaux). Or les pressions anthropiques subies depuis les débuts de la navigation et de l'industrialisation ont profondément altéré les habitats ainsi que les flux longitudinaux et latéraux de matière et d'organismes.

Dans ce contexte, il s'avère important de définir les potentialités d'amélioration du fonctionnement écologique de l'estuaire de la Seine par l'analyse des possibilités de préservation et de réhabilitation des habitats fonctionnels nécessaires aux espèces utilisant l'estuaire pour tout ou partie de leur cycle de vie.

La réhabilitation des habitats et leur accessibilité constitue un des objectifs principaux des programmes de restauration écologique. Le Grenelle de l'environnement de 2007 a renforcé les objectifs de diminution de la fragmentation et de l'isolement des habitats aquatiques et de restauration de la biodiversité pour les cours d'eau, existants dans les précédentes lois sur l'eau.

Des mesures efficaces de réhabilitation des habitats fonctionnels devraient considérer l'arrangement spatial des différents habitats complémentaires nécessaires au cycle de vie et la localisation des populations sources.

Un thème clé de l'écologie du paysage est la prise en compte de l'arrangement spatial des habitats comme facteur agissant sur leur qualité. La fragmentation change cet arrangement et altère la connectivité (Wiens, 1997). Cette dépendance contextuelle fait que l'écologie du paysage nécessite d'être spatialement explicite (Antrop, 2000). La connectivité possède une composante structurelle qui dépend de la forme, de la taille et de la position relative des habitats dans le paysage ; et une composante fonctionnelle qui décrit la réponse des individus à la connectivité fonctionnelle en termes de mouvements (migration et dispersion), de coûts et de risques de mortalité (Baudry et Merriam, 1988). Prédire la connectivité d'un paysage est crucial lorsque l'on connaît l'importance de ce paramètre dans la persistance des populations (Fahrig et Merriam, 1994). Dans les écosystèmes terrestres, la connectivité entre habitats complémentaires a été identifiée comme principal facteur agissant sur l'utilisation des habitats, les mouvements et les densités de plusieurs groupes taxonomiques (amphibiens ; herbivores ; papillons). Bien que des travaux en milieu aquatique existent sur ce thème, l'étude de la connectivité en écologie des poissons fluviaux reste un défi (Fullerton, 2010). En effet, elle nécessite des approches directes (taux de migration, biotélémétrie, marquage/recapture) ou indirectes (génétique du paysage, modélisation de la perméabilité des milieux, modélisation individus centrés) qui requièrent des données de mouvements, souvent difficiles à évaluer. Cependant, en utilisant des outils et méthodes d'écologie du paysage, l'importance de la connectivité structurelle entre taches d'habitat d'alimentation (supplémentation de ressources) a été mise en évidence chez le barbeau fluviatile et le hotu sur la Seine amont (Le Pichon, 2015).

Dans le projet proposé, il s'agit de tester, sur le groupe des poissons, une approche de modélisation géomatique de la connectivité fonctionnelle et d'évaluer sa capacité à fournir une analyse cartographique des potentialités de préservation et de réhabilitation des habitats estuariens. Cette approche a été mise en œuvre pour étudier les habitats des jeunes stades du grand brochet (*Esox lucius*) un lac fluvial du fleuve Saint-Laurent au Québec. Elle a fourni des résultats prometteurs concernant l'identification des frayères et des nourriceries connectées (Foubert, 2014).

Le projet repose sur les hypothèses suivantes :

- que l'amélioration du fonctionnement biologique de l'estuaire repose en partie sur l'optimisation de la disponibilité et de l'accessibilité des habitats fonctionnels complémentaires de plusieurs espèces estuariennes représentatives de différentes stratégies écologiques.

- Que l'on peut réunir, pour un certains nombre d'espèces, des connaissances suffisantes pour analyser les facteurs permettant (i) la potentielle réalisation d'une fonction biologique (variables de caractérisation des habitats) et (ii) l'établissement de liens avec d'autres fonctions biologiques complémentaires (variables de connectivité entre habitats).
- Que les données géomatiques disponibles permettent de réaliser des cartes de la disponibilité spatio-temporelle et de l'accessibilité des habitats d'une espèce sans acquérir de données de terrain supplémentaires.

La méthodologie envisagée consiste à utiliser des outils et des méthodes d'analyse spatiale qui ont précédemment été développés et testés sur divers milieux aquatiques (fleuve, estuaires, petits cours d'eau). Elle estime la connectivité structurelle (distance hydrographique entre habitat) et fonctionnelle (distance hydrographique + perméabilité du milieu) via une modélisation géomatique pour diverses espèces selon leurs capacités de déplacements.

Les connectivités structurelles et fonctionnelles sont modélisées à l'aide du logiciel Anaqualand 2.0, développé par l'IRSTEA et L'INRA (Le Pichon et al, 2007) qui permet notamment de mesurer la probabilité pour une espèce d'atteindre un habitat en fonction de la distance hydrologique, des capacités de dispersion/migration de l'espèce et de la résistance du milieu (facilite ou restreint le mouvement).

Les objectifs du projet scientifique sont :

- de tester, sur un groupe de poissons, une approche de modélisation géomatique de la connectivité fonctionnelle visant à cartographier des habitats potentiellement accessibles et utilisables en l'état actuel et à réaliser une évaluation de leur complémentarité via l'estimation des connectivités.
- d'évaluer sa capacité à fournir une analyse cartographique des potentialités de préservation et de réhabilitation des habitats estuariens.

Fin des travaux de recherche : juin 2017

Zone(s) d'étude(s) : Estuaire de Poses à la baie de Seine Orientale

CRAPPSE

Contamination et RéActivité de Pesticides et de Pharmaceutiques dans l'estuaire de SEine : bilan des contaminations, dégradation et impact toxique

Coordination : Patrick Mazelier

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR CNRS 5805 EPOC, LPTC, Université de Bordeaux 1 – Patrick Mazelier
- IRSTEA, LE, centre de Bordeaux – Jeanne Garric
- Société TOXEM – Jérôme Couteau

Résumé du projet :

Le projet CRAPPSE propose une approche pluridisciplinaire de l'étude de la contamination de la Seine et de son estuaire par les contaminants organiques polaires. En effet, si les dernières campagnes menées dans le cadre du projet Medseine (SA4) étaient focalisées sur les résidus de médicaments, il convient d'élargir le spectre et de s'intéresser à d'autres contaminants de polarité moyenne à élevée et en incluant des composés soit classés comme émergents, soit utilisés comme pesticides ou biocides. En effet, ces composés relativement polaires présentent le même type de comportement, avec une association faible aux sédiments.

Dans une première phase, un bilan des apports en composés émergents + pesticides sera réalisé à partir de deux sites : le barrage de Poses et le rejet de la station d'épuration de Rouen, la plus importante sur le secteur. Des échantillons seront collectés, analysés et ainsi caractérisés en terme de contenu en contaminants (résidus de médicaments, biocides, pesticides, filtres UV, désinfectants,...) via des techniques d'analyse ultra-traces et en terme d'effets toxiques potentiels via des biotests.

Dans une seconde phase, la réactivité de ces contaminants sera étudiée. Deux types d'expériences de dégradation seront mises en oeuvre : dégradation en présence d'échantillons de bouchon vaseux et photodégradation. Les expériences seront menées dans différentes conditions expérimentales représentant les conditions rencontrées dans le fleuve et l'estuaire et pourront être couplées. Les concentrations en contaminants seront mesurées à différents temps et parallèlement, des biotests seront appliqués pour suivre l'évolution du potentiel toxique des échantillons. La matière organique sera également caractérisée au cours des expériences.

En fonction des résultats des biotests, en cas d'augmentation du potentiel toxique, une approche visant à l'identification des produits de dégradation responsables de cette évolution sera développée. Cette approche mettra en oeuvre des techniques de fractionnement chromatographique couplée à de la spectrométrie de masse haute résolution (temps de vol, disponible à EPOC – LPTC). En fonction des résultats des biotests, en cas d'augmentation des effets toxiques (pratiquement assuré), les expériences d'exposition à des organismes cibles seront mises en oeuvre. Parallèlement, l'identification de produits de dégradation, primordiale, permettra dans un dernier temps de rechercher ces produits dans le milieu naturel.

Dans cette troisième phase, des échantillons seront prélevés sur différents sites de l'estuaire. Un prélèvement ponctuel ne permettant pas prendre en compte la variabilité temporelle, une exposition d'échantillonneurs passifs de type POCIS sera également effectuée sur une durée de 3 semaines à 1 mois. Cela permettra l'obtention d'échantillons concentrés in-situ afin de pallier d'éventuels problèmes de détection.

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Plusieurs sites suivis entre Poses et Honfleur.

MOSAIC

Dynamique de la matière organique dans le bouchon vaseux de l'estuaire de Seine en lien avec les nutriments et les contaminants organiques

Coordination : Arnaud Huguet

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR 7618 BioEMCo, Université Pierre et Marie Curie – Arnaud Huguet
- UMR CNRS 5805 EPOC, LPTC, Université de Bordeaux 1 – Edith Parlanti
- UMR Sisyphe, Université Pierre et Marie Curie – Annet Laverman
- UMR 7154 IPGP, LGE, Université Paris 7 – Eric Viollier

Résumé du projet :

Le bassin de la Seine contient l'une des plus grandes mégapoles d'Europe et représente l'une des zones agricoles les plus productives dans le monde. Cette zone, fortement urbanisée et industrialisée, se caractérise par une forte pression anthropique. L'estuaire de Seine est ainsi soumis depuis plusieurs décennies à des apports importants en micropolluants organiques et métalliques. Néanmoins, les mesures des concentrations en contaminants ne suffisent pas à prédire l'impact de ces derniers sur les organismes aquatiques. Il est essentiel d'étudier les interactions entre la matière organique (MO) et les contaminants afin de mieux comprendre le comportement de ces derniers en milieu aquatique.

L'estuaire de Seine reçoit, en plus des contaminants, des quantités importantes de nutriments. La Seine est ainsi le fleuve le plus chargé en azote du monde et est également caractérisé par de fortes concentrations en phosphore. Les dynamiques de l'azote et du phosphore ont des implications importantes sur l'état écologique de l'écosystème estuarien et peuvent conduire à l'eutrophisation de la zone côtière. La qualité et la quantité des MO sont des paramètres clefs influençant les processus biogéochimiques en milieu estuarien.

Elucider la dynamique de la MO en lien avec celle des nutriments (N, S, Fe...) et des contaminants demeure cependant complexe, de par la nature hétérogène de la MO. L'état dynamique de la MO rend de plus difficile son étude. D'un compartiment aquatique à l'autre et en fonction des conditions environnementales, les caractéristiques de la MO peuvent varier et être profondément modifiées, entraînant des variations dans les processus d'interactions avec les contaminants et les nutriments. Ceci est le cas dans les estuaires, comme celui de la Seine, où les paramètres environnementaux varient fortement sous l'effet des marées et en fonction des saisons, et tout particulièrement dans le bouchon vaseux (BV). Le BV joue un rôle essentiel dans la régulation des 3 flux de nutriments, de contaminants et de MO apportés par l'amont. Dans cette zone de l'estuaire, la forte teneur en MO particulaire peut influencer les échanges entre les phases particulaires et dissoutes et donc la stabilité et la biodisponibilité des contaminants. Les mécanismes impliqués dans le transport et la transformation des nutriments et des contaminants dans l'estuaire de Seine vont fortement dépendre de la taille, la structure et la biodisponibilité de la MO. Il apparaît donc indispensable d'étudier plus précisément la nature et les propriétés de la MO particulaire et dissoute/colloïdale afin de mieux comprendre son rôle sur la dynamique des contaminants et des nutriments en milieu estuarien.

Le projet MOSAIC se propose de déterminer les caractéristiques globales et structurales de la MO dans les compartiments dissous/colloïdal, particulaire et sédimentaire du BV ainsi qu'en amont et en aval de ce dernier. Nous étudierons en parallèle la nature des interactions entre deux classes majeures de contaminants organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) et substances pharmaceutiques) et la MO et évaluerons l'influence des modifications qualitatives et quantitatives de la MO sur la dynamique des nutriments dans l'estuaire de Seine. Les résultats obtenus au cours de ce projet devraient permettre de répondre aux questions suivantes :

- (1) quelle est la dynamique de la MO (dissoute/colloïdale, particulaire et sédimentaire) dans le BV de l'estuaire de Seine ?
- (2) Comment est-elle liée à celle des contaminants organiques et des nutriments ?
- (3) quel est l'impact des variations saisonnières et des conditions environnementales dans le BV sur les caractéristiques de la MO, sur les interactions MO-contaminants dans les phases particulaires et dissoutes et sur la dynamique des nutriments ?

Ce projet propose une approche originale qui permettra d'évaluer précisément à la fois la dynamique de la MO dans l'estuaire de Seine et son rôle sur la dynamique des contaminants organiques et des nutriments via une

caractérisation à la fois globale et structurale de la MO. Le projet MOSAIC permettra ainsi d'évaluer la capacité et les processus d'autoépuration de l'estuaire et du bouchon vaseux en particulier. Ce projet a enfin pour objectif in fine de pouvoir fournir aux modèles de dynamique biogéochimique de l'estuaire de Seine :

- (1) une nouvelle évaluation des paramètres cinétiques de minéralisation de la MO associés aux cycles biogéochimiques de l'oxygène, du carbone, de l'azote, du soufre notamment
- (2) des paramètres qualitatifs et quantitatifs caractérisant la MO
- (3) des indicateurs de la variabilité chimique et de la dynamique de la MO
- (4) des données relatives aux interactions entre la MO naturelle et les contaminants organiques.

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Principalement à Tancarville pour le suivi de la masse d'eau de maximum de turbidité.

DYNAPAT

Impact de la dynamique particulière sur le devenir des bactéries pathogènes dans la zone du bouchon vaseux de l'estuaire de Seine

Coordination : Fabienne Petit

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR 6143 M2C, Université de Rouen – Fabienne Petit
- UMR CNRS 5254, Université de Pau et des Pays de l'ADOUR – Robert Duran
- UMR INSERM S-1092, Université de Limoges – Marie-Cécile Ploy
- UMR CNRS 7070 M2N, Université Pierre et Marie Curie – Christophe Petit

Résumé du projet :

L'objectif du projet Dynapat est de (i) caractériser la structure des composants particuliers et microbiens (dont les bactéries pathogènes) des floccs présents dans la zone de l'embouchure d'un estuaire macrotidal fortement anthropisé (ii) étudier l'impact du forçage hydrodynamique permanent, cycle de suspension-floculation-defloculation sur les communautés microbiennes et les populations de bactéries pathogènes (diversité et la viabilité) issues de l'érosion des sédiments de surface, (iii) évaluer le temps de survie (cultivabilité et viabilité) et l'occurrence des intégrons de résistances des bactéries pathogènes dans les sédiments de vasières. Cette étude s'intéressera à trois types de bactéries, les bactéries du genre *Vibrio* sp, autochtones aux milieux estuariens et dont l'espèce *V. vulnificus* pathogène pour l'homme est isolée dans les moules, *Aeromonas* qui est isolée dans les eaux mais aussi en milieu hospitalier, et les bactéries d'origine fécale *Enterococcus* et *E. coli* afin d'intégrer les résultats obtenus dans les modèles sur la dynamique de la contamination fécale dans la zone du bouchon vaseux, développés à Ifremer.

Ce projet s'appuie sur des campagnes in situ dont les expérimentations d'érodimétrie et des expérimentations en laboratoire, notamment les expérimentations en réacteur FLOC-SIM, conçu pour le projet FLUMES (programme SA4). Ce réacteur permettra d'améliorer les connaissances sur le rôle des bactéries dans les processus de floculation, notamment de déterminer si la dynamique particulière a un effet sélectif sur les communautés microbiennes particulièrement les bactéries pathogènes, ou si les bactéries sont des acteurs passifs du processus de floculation, sur la base de leur propriétés cohésives.

Une recherche du rôle des floccs bactériens sur la cohésion des sédiments de surface sera menée par des expérimentations en érodimétrie. En parallèle, nous quantifierons les apports dans la colonne d'eau, de bactéries pathogènes viables et le flux de gènes correspondants, générés par l'érosion des vasières (observation in situ et expérimentation en laboratoire). Ce projet nous permettra d'évaluer la vulnérabilité et la résilience des sédiments exposés à une multi-contamination chimique et microbiologique chronique, en recherchant si il y a maintien des intégrons de multirésistances aux antibiotiques d'intérêt médical, ou de multirésistances contaminants chimiques (HAP, métaux traces- antibiotiques) au sein des sédiments. Les résultats permettront d'évaluer le danger environnemental associé aux rejets continus en bactéries fécales antibiorésistantes et en antibiotiques dans cet environnement.

Cette étude multi échelle (floc - bactérie- nanoparticule) s'appuie sur une démarche inter-disciplinaire qui réunit des hydro-sédimentologues (UMR 6143 M2C), pour la caractérisation fine de la composition des floccs en fonction de leur vitesse de chute, l'étude des processus de floculation in situ et en microcosme, et la dynamique sédimentaire de la zone de l'embouchure de Seine ; des écologistes microbiens (UMR M2C, UMR 5254 IPREM) et des microbiologistes hospitaliers (INSERM, 1092) pour l'étude des bactéries pathogènes autochtone (*Vibrio* sp), bactéries d'origine fécale (*E. coli*) et la recherche des support génétiques impliqués dans la multirésistances aux antibiotiques et aux contaminants chimiques (métaux et HAP). Ce projet bénéficiera de la collaboration avec le projet BARBES (porteur F Orvain, Bioméa) pour le volet érodimétrie.

Les données obtenues pourront alimenter le modèle OD développé à IFREMER par R Verney dans la continuité du projet Flumes et les modèles de fonctionnement hydrologique et sédimentologique de cette zone de l'estuaire. Dans le cadre de la qualité des sédiments de dragage les résultats sur le devenir des bactéries pathogènes, y compris la présence des intégrons de résistances qui ont un rôle majeur dans l'émergence des souches pathogènes antibiorésistantes, pourront être appropriés par le Grand Port Maritime de Rouen.

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Estuaire en aval de Vieux-Port

RESET

Rôle de l'estuaire de Seine dans l'écologie territoriale de la Normandie : cycles des nutriments et systèmes hydro-agro-alimentaires.

Coordination : Josette Garnier

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR 7619 Sisyphe, Université Pierre et Marie Curie – J. Garnier
- IFREMER, LERN – Philippe Riou
- Géocités, Université Paris Sorbonne – Sabine Barles

Résumé du projet :

L'estuaire de la Seine joue un rôle central dans le métabolisme du territoire Normand et ses échanges avec les autres territoires avec lesquels il est en relation, et tout particulièrement l'Ile-de-France et l'agglomération parisienne. L'estuaire est en effet à la fois un axe majeur de transport de marchandises importées et exportées, un habitat et une ressource pour la flore et la faune et une voie d'évacuation des déchets du métabolisme territorial de tout le bassin de la Seine, qui impacte lourdement le fonctionnement de l'écosystème marin côtier.

Le projet RESET, qui adopte résolument une approche d'Ecologie Territoriale, vise à tout d'abord à décrire l'évolution sur une cinquantaine d'années des relations entre le développement urbain, industriel et agricole des territoires impliqués et celle du fonctionnement biogéochimique des systèmes hydrologiques (fluvial, estuarien et marin côtier) en termes de bilan des éléments biogènes. Notre objectif est de retracer les trajectoires socio-écologiques des territoires pour relier l'évolution de l'écosystème Estuaire aux choix économiques et techniques qui ont été faits en matière de développement de la Normandie, plus particulièrement en ce qui concerne les fonctions liées au système hydro-agro-alimentaire (agriculture, élevage, industrie agroalimentaire, gestion des eaux usées, qualité des eaux souterraines et de surface).

Ce projet Reset est complémentaire du projet Fondation de France (porté par le Centre Alexandre Koyré en lien avec le GIP-Seine Aval), destiné à comprendre les enjeux et les moyens de la restauration globale de l'estuaire, avec un objectif de compréhension du rôle des connaissances dans la constitution de stratégies de restauration écologique en interaction avec les jeux stratégiques des acteurs du territoire. Cette complémentarité devra au moins reposer sur la dynamique d'élaboration des scénarios.

Le projet Reset a la volonté d'établir et d'analyser divers scénarios possibles de l'évolution future de ces trajectoires et du fonctionnement du territoire Normand et de ses écosystèmes, dans un gradient d'hypothèses allant de la poursuite de la spécialisation et de l'ouverture des territoires jusqu'à des scénarios alternatifs plus « autocentrés » pour la Normandie et pour le bassin de la Seine dans son ensemble.

Le projet regroupe 3 équipes (UMR Sisyphe (UPMC, Paris), LERN (Ifremer, Port en Bessin) et GéoCités (Paris Sorbonne) qui développent depuis plusieurs années une approche originale radicalement interdisciplinaire d'analyse du fonctionnement biogéochimique, économique et social des territoires régionaux. C'est cette approche qui sera mise en oeuvre dans le projet.

Elle impliquera le recrutement sur 16 mois d'un post-doc#1 qui prendra plus particulièrement en charge les travaux de modélisation biogéochimique de l'estuaire et de la zone côtière, et l'engagement d'un autre post-doc#2 (16 mois) portant plus particulièrement sur les aspects liés aux trajectoires socio-écologiques du territoire normand. Les deux personnes recrutées sur le projet et les personnels permanents des 3 équipes impliquées travailleront en étroite coordination sur l'ensemble des tâches.

On retracera l'évolution quantitative et spatiale au cours du dernier demi-siècle, de la démographie, de la production agricole et industrielle du territoire Normand.

Le volume des échanges de denrées agricoles et alimentaires transitant par les Ports Normands, et leur évolution au cours des dernières décennies, seront évalués.

A partir de l'analyse des statistiques de transport (base SITRAM) et de leur croisement avec les statistiques de production agricole, on établira à l'échelle départementale, les bilans d'approvisionnement des principales denrées agricoles et alimentaires (engrais, aliments pour bétail, céréales, produits animaux, fruits et légumes). Les modes d'approvisionnement alimentaire des deux grandes villes normandes de l'axe estuarien (Rouen, Le Havre) seront comparés. Il sera ainsi possible de dresser un bilan spatialisé des flux de nutriments impliqués dans le système

hydro-agro-alimentaire du territoire normand et des territoires adjacents. Le rôle de la demande alimentaire de l'agglomération parisienne sur la structuration du système Normand sera particulièrement étudié.

On retracera avec précision le fonctionnement biogéochimique de l'estuaire de la Seine depuis le début des années 1980, grâce aux données expérimentales disponibles au GIP-SA notamment, et on modélisera sur cette longue période les transferts et transformations des nutriments (C, N, P, Si) dans l'estuaire à l'aide de la chaîne Riverstrahler/ECO-MARS3D mise en place et validée dans le cadre du projet NEREIS (GIP-Seine Aval, 2010-2011). L'objectif est de décrire la trajectoire du fonctionnement et de la qualité de l'eau de l'estuaire en fonction des changements globaux des 30 dernières années, tant dans le bassin estuarien que le bassin amont.

Sur la base de l'analyse des divers écrits prospectifs récents relatifs au bassin de la Seine, au Grand Paris, à l'ensemble Portuaire HAROPA (Le Havre, Rouen, Paris, formant un Hub maritime majeur en Europe), à la dynamique du projet Fondation de France, et plus généralement au développement régional Normand, nous formaliserons au moins deux scénarios contrastés de ce que pourrait être le devenir du territoire normand et de l'estuaire de la Seine à un horizon temporel de l'ordre de 30-50 ans. Ces scénarios seront co-construits avec le GIP-Seine Aval et son comité scientifique et technique.

Ces scénarios seront ensuite traduits en termes de contraintes environnementales de façon à pouvoir être utilisés par les modèles Riverstrahler/ECO-MARS3D pour simuler le fonctionnement correspondant de l'estuaire de Seine, sous une gamme de situations hydrologiques représentatives.

L'objectif ultime de ce travail de synthèse et de prospective est d'éclairer les choix de politique publique en matière d'aménagement et de développement territorial

Fin des travaux de recherche : Mars 2017

Zone(s) d'étude(s) : Haute et basse Normandie en particulier. La modélisation est développée sur l'ensemble du bassin de la Seine, l'estuaire et la proche Baie de Seine.

ECOTONES

Effets de la COntamination sur les OrgAnismes de l'Estuaire de la Seine

Coordination : Benoit Xuereb

Equipe(s) impliquée(s) :

- UMR-I-02 SEBIO, Université du Havre – Benoit Xuereb
- UMR LIENSs – Paco Bustamante
- MMS EA 2160, Université Catholique de L'ouest – Catherine Mouneyrac
- MMS EA 2160, Université de Nantes – Laurence Poirier
- UMR 8187 LOG, Université de Lille 1 – Sami Souissi
- Société TOXEM
- UMR 5805 EPOC, Université de Bordeaux – Héléne Budzinski

Résumé du projet :

Le projet ECOTONES se propose d'initier un suivi des effets de la contamination sur l'état de santé de la faune de l'estuaire de la Seine. Résolument tourné vers la mesure d'effets biologiques, ECOTONES repose sur la mesure d'une batterie d'indicateurs sur un échantillon d'espèces représentatives de la diversité taxonomique et trophique de l'estuaire et de ces différents habitats, en vue de considérer les liens trophiques et de couvrir les différentes voies d'exposition aux contaminants. Ainsi, les effets de la contamination seront examinés à différents niveaux d'organisation biologique chez différents organismes, incluant les annélides, les mollusques, les crustacés, les poissons et les oiseaux. Les indicateurs présentant une forte pertinence écologique (i.e. génotoxicité, reprotoxicité, immunotoxicité et pathologies, comportement, traits d'histoire de vie) feront l'objet d'une attention particulière. Le consortium focalisera une partie significative de ses efforts sur la bancarisation et l'interprétation des résultats générés dans le cadre de ce suivi. Cette phase nécessitera la mobilisation de données acquises par ailleurs notamment en ce qui concerne la prise en compte : (i) de « valeurs de références » et (ii) de l'imprégnation chimique des organismes. Seule l'avifaune fera l'objet d'une étude de l'imprégnation chimique de sorte à palier au manque données relatives à la zone de l'estuaire de la Seine. En plus d'établir un diagnostic de l'état de santé du biote, ECOTONES permettra d'accroître l'expertise propre au déploiement d'une stratégie de bio-évaluation sur l'estuaire. Il visera entre autre à préciser les conditions d'applications des outils (couple indicateurs/espèces), ainsi qu'à améliorer leur pertinence écologique en favorisant notamment les approches de modélisation chez certains modèles. Le projet aura une durée totale de 48 mois, avec un calendrier de prélèvement planifié sur les trois premières années.

Fin des travaux de recherche : Septembre 2018

Zone(s) d'étude(s) : Secteur de l'estuaire soumis à la salinité

PERCEES

Prospective Environnementale pour la Restauration de la Cohérence Ecologique de l'Estuaire de la Seine *Projet de recherche financé par la Fondation de France*

Coordination : Audrey COREAU

Equipe(s) impliquée(s) :

- Centre A. Koyré et AgroParisTech– Audrey COREAU
- ASca – Jean-Baptiste NARCY
- GIP Seine-Aval – Stéphanie MOUSSARD

Contexte

L'estuaire de la Seine, lieu d'interface entre les milieux aquatiques, marins et terrestres, concentre à la fois une grande richesse écologique et une diversité d'usages. Délimité à l'amont par le barrage de Poses, à l'aval par la partie orientale de la baie de

Seine et latéralement par la zone de crête des terrasses alluviales et des coteaux, l'estuaire est un espace fortement anthropisé.

Depuis une quarantaine d'années, des projets de préservation et de restauration écologique se sont progressivement mis en place, sous l'impulsion de la réglementation, des associations environnementales et de certaines collectivités et. Malgré cela, et malgré l'existence d'un Conseil de l'estuaire, il n'existe pas de dynamique collective permettant d'assurer la cohérence des actions de restauration à l'échelle de l'estuaire. Le GIP Seine Aval s'est saisie de la question, dans le cadre de ses appels à projets de recherche, de son activité de synthèse des connaissances disponibles et de son expertise auprès des membres et partenaire.

Objectifs et définition

L'objectif de ce projet de recherche-action est de contribuer à la mise en discussion des enjeux et moyens possibles de la restauration environnementale globale de l'estuaire de la Seine, en articulant les connaissances scientifiques sur le fonctionnement écologique de l'estuaire et une compréhension fine des enjeux stratégiques des acteurs du territoire. Il s'agit donc d'éclairer le débat pour donner les moyens aux acteurs de se l'approprier dans l'attente de l'émergence d'une gouvernance légitime pour l'instruire.

Sur le plan de la recherche, notre objectif est d'une part de renforcer notre compréhension du rôle des connaissances dans la constitution de stratégies de restauration écologique, qu'elles soient partagées ou non, et d'autre part d'analyser l'intérêt des méthodes de prospective pour opérer cette articulation entre expertise scientifique et projet de territoire.

La restauration n'est pas uniquement une question de cadre de vie, d'application de réglementations ou de compensation des impacts des activités humaines, c'est aussi une question de société : de quelle nature voulons nous ? Tous les choix ne sont cependant pas possibles : en effet, la restauration s'appuie sur les dynamiques écologiques futures possibles du fonctionnement de l'estuaire que l'homme ne maîtrise que très partiellement. Elle dépend donc à la fois des souhaits, des attentes et des choix faits par les acteurs et les usagers de l'estuaire et des potentialités écologiques de celui-ci.

Eléments de méthode

PERCEES est construit autour de deux démarches de prospective articulées entre elles :

1. la construction de visions archétypales du fonctionnement écologique d'un estuaire restauré d'ici à 50 ans. A partir d'entretiens ouverts et d'ateliers de travail, un groupe d'une douzaine d'experts du fonctionnement écologique de l'estuaire proposera plusieurs visions plausibles de ce que pourrait être le fonctionnement

d'un estuaire restauré, compte tenu d'attentes sociales envisageables à long terme vis-à-vis de ce milieu (certaines visions écologiques pouvant alors privilégier certaines attentes plutôt que d'autres). Les caractéristiques de l'estuaire qui pourraient faire l'objet de restaurations pourront ainsi être articulées avec les projets des acteurs du territoire et avec les souhaits des usagers.

2. l'élaboration de scénarios contrastés de la restauration de l'estuaire d'ici à 15 ans. Une série d'ateliers associant les acteurs du territoire, y compris les scientifiques, permettra d'imaginer des scénarios de restauration à moyen terme, en s'appuyant sur les visions construites au préalable. Ces scénarios exploreront les cheminements possibles vers la restauration de l'estuaire.

Par ailleurs, un état des lieux et un diagnostic du fonctionnement écologique actuel de l'estuaire, accompagnés d'une analyse rétrospective, permettent de replacer ces démarches prospectives dans leur contexte.

Le fait de placer la construction de « visions écologiques », avec des experts, en amont du débat prospectif avec les acteurs pourrait être considéré comme relevant d'une conception technocratique voire scientiste des rapports entre science et décision. Ce choix séquentiel est au contraire là pour sortir de l'impasse décisionnelle dans laquelle semble plongé l'estuaire, en permettant à la communauté scientifique de stimuler le débat, sans le fermer, grâce à une analyse de la cohérence écologique de différentes options de restauration. De plus, trop de travaux partent de l'idée que, sous prétexte que les dynamiques naturelles et socio-économiques sont intimement liées, l'essentiel des déterminants d'évolution des socio-écosystèmes serait anthropiques.

L'approche choisie ici permet de partir des dynamiques écologiques elles-mêmes afin de montrer qu'elles peuvent influencer, voire conditionner, la plausibilité de certaines orientations socio-économiques présentes et à venir. C'est pourquoi l'horizon temporel de 50 ans est pertinent, car cela permet de voir se déployer les dynamiques écologiques sur le temps long. Dans un second temps, l'horizon temporel de 15 ans place les acteurs à l'échelle de l'action.

Résultats attendus pour l'estuaire

- Un ensemble de visions archétypales du fonctionnement écologique d'un estuaire restauré d'ici à 50 ans
- Un jeu de scénarios contrastés pour la restauration de l'estuaire d'ici à 15 ans (images + cheminements) et la mise en débat de ces scénarios.
- **Un apprentissage collectif à l'échelle du territoire de l'estuaire à l'interface entre connaissances du fonctionnement écologique d'une part et actions de préservation et de restauration d'autre part.**

Fin des travaux de recherche : Mai 2016

Zone(s) d'étude(s) : L'ensemble du territoire de l'estuaire de la Seine

PUBLIC

Quelle association du public pour aménager les milieux naturels de l'estuaire de la Seine ?

Coordination : Sophie Allain

Equipe(s) impliquée(s) :

- Consultante, Sophie Allain
- CETAPS E.A. 3832 – Université de Rouen – Olivier Sirost

Résumé du projet :

La proposition vise à répondre à la question formulée par le GIP Seine Aval (mieux comprendre pourquoi, comment et jusqu'où l'association des publics concernés peut aider à concevoir et mettre en œuvre des projets d'aménagement des milieux naturels à différentes échelles, depuis des sites locaux jusqu'à l'estuaire dans son ensemble) en s'appuyant sur un cadre de compréhension global, qui amène à étudier la question de la participation du public dans les processus décisionnels d'aménagement des milieux naturels en relation et en continuité avec le développement d'intérêts communs à agir entre les porteurs de projet et le public, ainsi qu'avec une recherche de meilleure intégration des populations dans leur milieu de vie. Un tel cadre d'analyse conduit à penser et à élaborer des méthodes d'investigation qui permettent de décrypter les situations d'étude sous un angle interactionniste et dynamique, dans l'optique de saisir dans leur complexité et en continuité l'ensemble des questions et phénomènes sociaux en jeu et de faire le lien avec l'action.

La proposition s'organise plus précisément autour de trois étapes de travail :

* Etape1 (Tâche 1) - Caractérisation des modalités d'association du public dans les situations d'aménagement des milieux naturels de l'estuaire de la Seine : compte tenu de la diversité des modalités d'association du public identifiée dans le premier travail de repérage réalisé et de rapports au public très différents selon les porteurs de projet, il s'agit tout d'abord d'accéder à une caractérisation d'ensemble qui permette à la fois de mieux saisir concrètement comment le public est associé dans les situations d'aménagement des milieux naturels de l'estuaire de la Seine, et de mieux comprendre les politiques et attentes des porteurs de projet en matière d'association du public ;

* Etape 2 – Cette étape s'organise autour de deux tâches

- Tâche 2 : Analyse approfondie d'expériences d'association du public dans des situations d'aménagement des milieux naturels : sur la base de l'analyse précédente, quatre à six cas seront retenus pour faire l'objet d'une analyse plus approfondie. Il pourra s'agir d'expériences d'association du public déjà réalisées dont on souhaite tirer des enseignements, ou bien de situations où un projet est à concevoir (ou bien à faire évoluer) et où le porteur de projet souhaite impliquer le public. L'objectif de cette analyse approfondie sera d'appréhender chacune de ces expériences du point de vue des différentes catégories d'acteurs concernés et de saisir la problématique de l'association du public dans toutes ses dimensions, en appréhendant la continuité entre relations ordinaires aux milieux naturels, développement d'un concernement, participation à un processus décisionnel et émergence d'un intérêt commun à agir ;

- Tâche 3 : Analyse des "passeurs" de nature : il est possible d'identifier dans l'espace estuarien plusieurs figures emblématiques, représentatives de groupes sociaux acteurs (gestionnaires, éducateurs, préleveurs... de nature). Ils peuvent constituer des interfaces utiles à des minorités agissantes (chasseurs, pêcheurs, cueilleurs, naturalistes) composées de professionnels et de passionnés, se situant aux seuils des espaces naturels sensibles et des pratiques anthropiques. L'objectif sera ici de mieux comprendre les rôles joués par ces passeurs et leur impact auprès des populations et d'examiner le rôle qu'ils pourraient jouer dans les projets de restauration. Il s'agira de recueillir le témoignage de ces acteurs particuliers, en les considérant comme des relais, voire des points d'ancrage, indispensables, dans l'éducation à l'environnement, la compréhension des actions d'aménagements par les populations et l'explicitation des demandes sociales et culturelles inhérentes au « désir de nature » contemporain.

* Etape 3 (Tâche 4) – Analyse des conditions d'émergence et de mobilisation d'un public concerné par l'aménagement des milieux naturels à l'échelle de l'estuaire : sur la base des analyses précédentes, il s'agira alors de comprendre ce que peut signifier une association du public en matière d'aménagement des milieux naturels à l'échelle de l'estuaire et d'analyser s'il est possible de faire émerger et de mobiliser un public dans ce domaine et à cette échelle, et selon quelles modalités.

Fin des travaux de recherche : Janvier 2016

Zone(s) d'étude(s) : Estuaire de Poses à l'embouchure

ANPHYECO-SEINE

Analyse du fonctionnement hydrologique, morphologique, sédimentaire et écologique [en vue d'une recherche de pistes de restauration globale] de l'estuaire de la Seine

Coordination : Stefan Van Damme

Equipe(s) impliquée(s) :

- Ecosystem Management Research Group (ECOBE), Antwerp University (UAntwerpen), Stefan Van Damme
- IFREMER, DYNECO/PHYSED – Pierre Le Hir
- Flanders Hydraulics - Wouter Vandenbruwaene
- Institute of Estuarine and Coastal Studies (IECS), The University of Hull – Mike Elliot

Résumé du projet :

Le caractère dynamique des estuaires ne facilite pas leur gestion écologique, surtout lorsque l'on considère leurs usages multiples. La gestion d'un estuaire nécessite une vision à l'échelle globale, avec des objectifs écologiques compréhensibles, acceptables et applicables pour tous les acteurs. Les scientifiques s'accordent pour reconnaître qu'il existe une lacune dans les connaissances portant sur le fonctionnement hydro-morpho-sédimentaire (HMS) en relation avec le fonctionnement écologique d'un estuaire. C'est d'ailleurs un facteur de blocage empêchant d'envisager la restauration écologique estuarienne à l'échelle globale. Afin de palier à cette carence, une comparaison inter-estuarienne, incluant une étude diachronique, est un instrument prometteur. Le projet ANPHYECO-Seine s'appuie sur les résultats acquis par le projet Interreg TIDE (2010-2013). Dans ce projet, quatre estuaires Européennes ont été comparés pour rechercher des liens entre le fonctionnement écologique et la gestion. Mais ANPHYECO-Seine ira plus loin : L'analyse par modélisation 3D du fonctionnement HMS ajoutera un élément clé à la connaissance de l'estuaire, notamment la quantification de l'évolution de la concentration des matières en suspension (MES). Cette information augmentera la performance de la comparaison inter-estuarienne existante d'une part, mais aussi, le lien entre la MES et la disponibilité de lumière comme facteur limitant de production primaire (PP). Étudiée en Seine, celle-ci sera notamment comparée à la situation régnant dans l'Escaut (Belgique) et, ainsi, pourra être extrapolée pour poser des hypothèses sur l'évolution de l'influence de ce facteur limitant en lien avec la production primaire. La comparaison des caractéristiques de MES entre les deux estuaires sera étendue aux résultats d'une comparaison inter-estuarienne plus large. De tels méthodes ont été développées dans l'Escaut, mais ils manquent le lien MES/PP. La connaissance de ce lien est importante car elle permettra d'améliorer les méthodes de calcul des critères écologiques qui fournissent des services et concernent les gestionnaires en premier lieu. Les méthodes seront appliquées en Seine, et en faisant ceci sans et avec le lien MES/PP, un élément nouveau et crucial sera ajouté à la comparaison Escaut-Seine. Finalement, la comparaison inter-estuarienne sera aussi appliquée aux tendances HMS, PC, écologiques, en regard des usages et informations sur des mesures de restauration envisagées. Cette intégration permettra de prioriser des objectifs pour la gestion et la restauration et de lister des leviers de modifications du fonctionnement possibles. Une dernière étape permettra de préparer une phase ultérieure de travail, non prévue dans ANPHYECO, dont l'objectif est l'analyse de la faisabilité et de la pertinence des leviers listés au regard des objectifs de restauration identifiés.

Fin des travaux de recherche : Juin 2017

Zone(s) d'étude(s) : Estuaire de Poses à la baie de Seine Orientale

Crédits photos : GIP Seine-Aval
Contact : Nicolas Bacq, coordinateur scientifique et technique : nbacq@seine-aval.fr

Le GIP Seine-Aval ne saurait être tenu responsable d'évènements pouvant résulter de l'utilisation et de l'interprétation des informations mises à disposition.

Le GIP Seine-Aval est financé par :

